



Promoviranje zeleno-infrastrukturnih mjera (VEPAR)

GRUPA 2

Studija „Smjernice za tehničko projektiranje i procjenu socioekonomske izvedivosti mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“ s obukom stručnjaka i dionika i informiranjem javnosti

# **SMJERNICE ZA TEHNIČKO PROJEKTIRANJE I PROCJENU SOCIOEKONOMSKE IZVEDIVOSTI MJERA ZELENE INFRASTRUKTURE**



**Europska unija**

**Projekt je sufinancirala Europska unija iz Kohezijskog fonda**



**Zajedno do fondova EU**

**Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Hrvatskih voda**

Za više informacija:

Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 2020, 10 000 Zagreb, Hrvatska

telefon: +385 1 6307 333

internetska stranica [www.voda.hr](http://www.voda.hr)

Za više informacija o EU fondovima:

[www.strukturnifondovi.hr](http://www.strukturnifondovi.hr)

### **Odricanje od odgovornosti**

Sadržaj dokumenta je mišljenje autora i nije nužno istovjetno mišljenju Hrvatskih voda ili bilo koje druge spomenute organizacije. Posljedično, svi navodi ovog dokumenta trebaju se provjeriti prije provedbe bilo koje od preporučenih aktivnosti.

UGOVOR O USLUGAMA Promoviranje zeleno-infrastrukturnih mjera (VEPAR) GRUPA 2 – Studija „Smjernice za tehničko projektiranje i procjenu socioekonomske izvedivosti mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“ s obukom stručnjaka i dionika i informiranjem javnosti, KLASA: 325-04/20-08/198, URBROJ: 374-1-2-20-18, Evid. broj ugovora: 10-045/20, Pozicija plana: B.07.13.14.

- Naručitelj:** Hrvatske vode
- Projekt:** Promoviranje zeleno-infrastrukturnih mjera (VEPAR) - GRUPA 2:  
Smjernice za tehničko projektiranje i procjenu socioekonomske izvedivosti mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava s obukom stručnjaka i dionika i informiranjem javnosti
- Naslov:** Smjernice za tehničko projektiranje i procjenu socioekonomske izvedivosti mjera zelene infrastrukture
- Radni nalog/dokument:** RN/2021/002
- Izrađivač:** VITA PROJEKT d.o.o. Zagreb
- Stručni tim:** Domagoj Vranješ, mag.ing.prosp.arch., univ.spec.oecoing.  
Goran Lončar, mag.oecol., mag.geogr.  
Tanja Težak, mag.ing.aedif.  
dr.sc. Neven Tandarić, mag.geogr.  
Ivana Tomašević, mag.ing.prosp.arch.  
Mihaela Meštrović, mag.ing.prosp.arch.  
Lucija Radman, mag.oec.  
Lucija Josipa Hercezi, mag.soc.  
Romanna Sofia Vučković, mag.ing.geol.  
Dora Čukelj, mag.oecol.  
Filip Šegović, mag.ing.geol.  
Berislav Rupčić, dipl.ing.građ.  
Vlatka Blakšić, mag.diz.
- Datum izrade:** Prosinac, 2022.



Direktor  
**Domagoj Vranješ**  
mag.ing.prosp.arch., univ.spec.oecoing.





## SADRŽAJ

1. Knjiga 1 – Uvod
2. Knjiga 2 – Mjere povećanja kapaciteta okoliša za prihvat vode
3. Knjiga 3 – Mjere za upravljanje intenzitetom fluvijalne erozije i neželjenim taloženjem nanosa
4. Knjiga 4 – Mjere uređenja bujičnih slivova
5. Knjiga 5 – Prateće mjere



# **SMJERNICE ZA TEHNIČKO PROJEKTIRANJE I PROCJENU SOCIOEKONOMSKE IZVEDIVOSTI MJERA ZELENE INFRASTRUKTURE**

## **KNJIGA 1 - UVOD**

## SADRŽAJ

<b>1 Osnovne informacije o dokumentu i projektu .....</b>	<b>7</b>
1.1 Projekt VEPAR: Promoviranje zelenoinfrastrukturnih mjera.....	7
1.2 Svrha smjernica.....	8
1.3 Pojmovnik .....	9
1.4 Popis mjera zelene infrastrukture i pratećih mjera obrađenih u Smjernicama.....	13
1.5 Sažetak .....	14
1.6 Summary.....	15
<b>2 Pristup i metodologija .....</b>	<b>17</b>
2.1 Poplave.....	17
2.1.1 Opasnost i rizik od poplava .....	17
2.1.2 Procjena rizika od poplava .....	19
2.2 Zelena infrastruktura .....	19
2.2.1 Zelena infrastruktura u funkciji obrane od poplava.....	20
2.2.2 Zelena infrastruktura u funkciji prilagodbe klimatskim promjenama .....	20
2.2.3 Poteškoće u uspoređivanju zelene i sive infrastrukture .....	21
2.2.4 Renaturalizacija i revitalizacija vodnih tijela.....	21
2.2.5 Koncept „prostor za rijeku“ .....	22
2.2.6 Prirodne mjere za zadržavanje voda.....	23
2.3 Metodologija za izradu i korištenje Smjernica .....	23
2.3.1 Uvod .....	23
2.3.2 Okvirni pristup uspostavi mjera .....	24
2.3.3 Sagledavanje i usporedba mogućih rješenja .....	27
2.3.4 Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera.....	34
2.3.5 Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera .....	38
2.3.6 Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera.....	48
2.3.7 Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda .....	56
2.4 Literatura i izvori podataka.....	60

## 1 Osnovne informacije o dokumentu i projektu

### 1.1 Projekt VEPAR: Promoviranje zelenoinfrastrukturnih mjera

Projekt unaprjeđenja negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava u Republici Hrvatskoj, vodno ekološko praćenje, analize i rješenja – iz čega slijedi akronim VEPAR, projekt je Hrvatskih voda usmjeren na unaprjeđenje u praćenju, analizama i iznalaženju optimalnih rješenja za integralno i održivo upravljanje vodama, vodnim okolišem i rizicima od poplava u Republici Hrvatskoj. Projekt se provodi od 1.8.2014. do 31.8.2023. godine, a provode ga Hrvatske vode i Državni hidrometeorološki zavod.

Ukupna vrijednost projekta je 250.100.545,00 kuna od čega 212.585.463,25 kuna čine bespovratna sredstva Europske unije, a 37.515.081,75 kuna sredstva korisnika (sve vrijednosti uključuju PDV). Projekt je sufinanciran EU sredstvima Europskog fonda za regionalni razvoj kroz Operativni program *Konkurentnost i kohezija 2014.–2020.*, a u okviru Prioritetne osi 5 *Klimatske promjene i upravljanje rizicima*, Investicijskog prioriteta 5b *Promicanje ulaganja koja se odnose na posebne rizike, osiguranje otpornosti na katastrofe i razvoj sustava za upravljanje katastrofama*, te Specifičnog cilja 5b1 *Jačanje sustava upravljanja katastrofama*.

Projekt VEPAR predstavlja „kratkoročnu“ komponentu Programa upravljanja rizicima od poplava u RH do 2023. godine, čiji je koncept zasnovan na Strategiji upravljanja vodama i Planu upravljanja rizicima od poplava. Provedbom negrađevinskih mjera kroz projekt VEPAR očekuje se postizanje smanjenog rizika od poplava u RH za 7 % u odnosu na postojeće stanje.

Osim projektnih partnera, Hrvatskih voda i Državnog hidrometeorološkog zavoda, dionici projekta su još i Ministarstvo regionalnog razvoja i fondova Europske unije, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike – Uprava vodnog gospodarstva i zaštite mora, Ministarstvo unutarnjih poslova – Ravnateljstvo civilne zaštite, Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, druga nadležna tijela državne uprave, jedinica lokalne i područne, odnosno regionalne samouprave i pravnih osoba u sustavu zaštite i spašavanja te pravne i fizičke osobe. Krajnji korisnik Projekta je stanovništvo ugroženo poplavama na području Republike Hrvatske.

Projekt VEPAR čini devet potprojekata usmjerenih na prikupljanje i analizu podataka o poplavama, unaprjeđenje sustava praćenja i obrane od poplava te opreme za obranu od poplava. Ove Smjernice izrađene su u okviru potprojekta B *Unaprjeđenje studijskih i modelskih osnova za upravljanje rizicima od poplava* čiji je cilj planiranje građevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava kroz provedbu tehno-ekonomskih analiza, promoviranje te primjenu mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava.

Tim se potprojektom stvaraju stručne smjernice koje trebaju omogućiti definiranje:

- dijela programa mjera Plana upravljanja vodnim područjima u području smanjenja rizika od poplava;
- dijela programa mjera Plana upravljanja vodnim područjima u području poboljšanja i očuvanja hidromorfološkog i posljedično ekološkog stanja voda;
- projekata za Višegodišnji program gradnje regulacijskih građevina i građevina za melioracijsku odvodnju u području smanjenja rizika od poplava i poboljšanja hidromorfološkog stanja voda;



- provođenje ostalih aktivnosti Naručitelja vezanih za sustave obrane od poplava, određivanje granica vodnog dobra, studije izvodljivosti građevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava i slično.

## 1.2 Svrha smjernica

Jedan od očekivanih rezultata potprojekta B je studija "Smjernice za tehničko projektiranje i procjenu socioekonomske izvedivosti mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava" s obukom stručnjaka. Izradom studije mogućnosti primjene zelenoinfrastrukturnih mjera s naglaskom na smanjenje rizika od poplava i smjernica za njihovo projektiranje i analize tehničke i ekonomske učinkovitosti, osigurat će se stručne podloge za promociju primjene zelenoinfrastrukturnih mjera i ostvarivanja koristi od provedbe ovih mjera u smislu smanjenja rizika od poplava, ali i drugih koristi vezanih za upravljanje vodama i vodnim okolišem.

Svakako treba imati u vidu da, zbog izuzetno kompleksnog provedbenog okvira te velikog broja različitih dionika i nadležnih institucija kao i ograničenih resursa projekta, nije moguće obuhvatiti sve aspekte i mjere zelene infrastrukture. Radi toga težište je stavljeno na mjere koje su u nadležnosti Naručitelja kako bi se postigla što veća primjenjivost rezultata Projekta. Ostale mjere zelene infrastrukture koje nisu obuhvaćene ovim projektom svakako treba obraditi u drugim projektima uz učešće ostalih dionika.

Ova studija komplementarna je s drugim očekivanim rezultatom potprojekta B, odnosno studijom „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava" kojim se definira dio tehničkih podloga potrebnih za planiranje i projektiranje mjera zelene infrastrukture.

### 1.3 Pojmovnik

U tablici u nastavku je dan pojmovnik osnovnih pojmova korištenih u ovim Smjernicama (Tablica 1). Pojmovi su prikazani abecednim redoslijedom.

**Tablica 1. Pojmovnik**

pojam	definicija
abrazija	razarajuće djelovanje morskih i jezerskih valova na obalama
akumulacija	građevina koja služi za sakupljanje i zadržavanje vode u akumulacijskom prostoru pomoću brane zbog zadovoljenja vodno-gospodarskih potreba
akumulacijska konturna građevina	građevina koja se uz akumulaciju može izvesti zbog tehničkih zahtjeva, primjerice nasip, kanal, sekundarna mreža odvodnje, linijske regulacijske građevine za ojačanje obala
bara	prirodno ili umjetno udubljenje nepravilnog oblika ispunjeno vodom relativno male površine i dubine, s dnom do kojeg dopire svjetlost sunca, pogodno za razvoj biljnog i životinjskog svijeta ovisnog o vodi
brana i evakuacijske građevine	stalna ili privremena građevina koja pregrađuje vodotok sa svrhom akumuliranja, usporavanja ili privremenog zadržavanja/reteniranja vode, a u svom sastavu ima nasutu ili armirano-betonsku građevinu i evakuacijske građevine: preljev, temeljni ispušt (kao hidrotehnički tunel), brzotok, slapište, odvodne kanale, koje služe za kontrolirano ispuštanje vode iz akumulacijskog prostora i za ispuštanje vode iz retencijskog prostora na način koji neće ugroziti stabilnost brane
bujična pregrada	poprečna građevina visine 2 i više metara čija je zadaća smanjenje brzine toka vode u bujicama čime se zaustavlja i deponira bujični nanos te konsolidira poprečni profil bujičnog korita uzdužno i poprečno
bujična rampa	građevina pomoću koje se spajaju dvije vodne razine u svrhu zaštite korita od pojačanog erozijskog djelovanja tekuće vode, dok se tečenje odvija uz djelomičan gubitak kinetičke energije toka
bujični tok	povremeni ili stalni vodotok velikog pada s nestabilnim koritom i s intenzivnim pronosom i odlaganjem nanosa, u kojem se tečenje javlja neposredno i kratkotrajno nakon intenzivnih oborina
crpna stanica	u funkciji obrane od poplava i melioracijske odvodnje je građevina koja se najčešće izvodi na najnižem dijelu odvodnjene površine, odnosno na nizvodnom kraju odvodnog kanala, a namijenjena je održavanju prihvatljive razine vode u branjenom području podizanjem unutarnjih voda na višu razinu vode u prijemniku u vrijeme kada nije moguća gravitacijska odvodnja
erozija	u geomorfologiji, denudacijsko (destrukcijsko) mehaničko djelovanje tekuće vode, leda ili vjetrova
estavela	krški reljefni oblik sa značajkama i ponora i vrela, koje se izmjenjuju ovisno ispunjenosti krškog podzemlja vodom - kod visoke ispunjenosti estavele su vrela, a kod niske ponori
fašina	snop povezanog (najčešće vrbovog) pruča koji može biti konstruktivni ili nekonstruktivni element od prirodnog materijala pojedinih hidrotehničkih građevina (obaloutvrda, pero, paralelna građevina)
hidromorfološka mjera	mjera koja utječe na fizikalno-mehaničke karakteristike korita i obala vodotoka te promjenu sastava sedimenta; sve mjere zelene infrastrukture koje se analiziraju u predmetnim Smjernicama pripadaju ovoj kategoriji mjera

pojam	definicija
hidrotehnička stepenica	građevina koja se izvodi na mjestu denivelacije dna vodotoka u svrhu njegove zaštite od pojačanog erozijskog djelovanja tekuće vode
jaruga	reljefni oblik značajne dubine i pada, nastao uslijed erozije usijecanjem stalnih ili povremenih vodotoka, karakterističnog V poprečnog presjeka i strmih strana
jezero	vodno tijelo stajaće površinske vode na kopnu, stajaće ili slabo pokretne vodne mase sakupljene u depresiji
kanaliziranje vodotoka	složena kontinuirana linijska vodna građevina u funkciji povećanja protočnosti korita prirodnog vodotoka koja obuhvaća istovremeno promjenu poprečnog profila korita i inundacijskog područja, promjenu/izravnavanje trase korita i promjenu nivelete dna korita
konsolidacijski pojas	poprečna građevina bez slobodne (korisne) visine čiji se gornji rub izvodi u ravnini profila korita, a služi za stabilizaciju određene dionice bujičnog korita u uzdužnom i poprečnom smislu
meandar	oštar i dug zavoj korita vodotoka čija je duljina veća od duljine upisanog kružnog luka
mjera zaštite od poplava	mjera koja se provodi za sprječavanje/zaštitu od poplava, a uključuje elemente zelene i sive infrastrukture
močvara	vlažno područje povremeno prekriveno stajaćom ili slabo pokretnom vodom male dubine, karakteristično po velikoj biološkoj raznolikosti
morska livada	zajednica morskih cvjetnica
mrtvaja	vlažno stanište nastalo u bivšem koritu dolinske rijeke odvajanjem nekadašnjeg meandra od novog riječnog toka
neizravne/popratne/dodatne koristi	koristi koje se mogu postići mjerama obrane od poplava uz sam početni cilj obrane od poplava, primjerice poboljšanje bioraznolikosti i kvalitete vode, mogućnosti za rekreaciju i druge
nepovratni trošak	trošak koji je već nastao, stoga se ne može nadoknaditi; nepovratni troškovi isključeni su iz budućih poslovnih odluka jer će trošak biti isti bez obzira na ishod odluke
obalni odmak	zaštitna zonu neposredno uz obalnu crtu u kojoj su neke ili sve vrste gradnje zabranjene ili značajno ograničene
obaloutvrda	regulacijska i zaštitna građevina na obali riječnog korita kojom se obala štiti od erozije, umiruje vodni tok uz obalu i postiže geometrijski pravilan oblik obale
obrambeni nasip	nasuta građevina od pogodnog zemljanog materijala koja štiti neko poljoprivredno ili urbano područje od poplava, a pruža se uzduž vodotoka
obrambeni zid	armirano-betonska građevina koja štiti neko urbano ili poljoprivredno područje od poplava, a pruža se uzduž vodotoka
opasnost	moguća pojava fizičkog događaja uzrokovanog prirodnim ili ljudskim djelovanjem koji može uzrokovati gubitak života, ozljedu ili druge utjecaje na zdravlje, kao i štetu i gubitak imovine, infrastrukture, sredstava za život, pružanja usluga i okolišnih resursa
opasnost od poplave	vjerojatnost potencijalno štetnog događaja poplavlivanja u određenom razdoblju
paralelna građevina	glavna regulacijska građevina u koritu rijeke koja se izvodi paralelno s tokom na mjestu gdje se želi utvrditi nova obala, a s postojećom obalom se povezuje traverzama
ponorska zona	krški reljefni oblik sastavljen od otvora i pukotina kroz koji površinske vode poniru i nastavljaju teći ispod površine kroz porozne i lako topive vapnenačke stijene

pojam	definicija
poplava	pojava privremenog porasta vodostaja površinskih ili podzemnih voda pri kojem razina vode doseže i premašuje uobičajene razine u koritima ili depresijama te se prelijevanjem se na zemljišta koja obično nisu prekrivena vodom
poplavno područje	poplavna ravnica duž vodotoka koja povremeno poplavljuje ili je u prošlosti (prije ljudskih intervencija) poplavljivala
prag	poprečna regulacijska građevina pomoću koje se u pojedinim poprečnim profilima vodotoka stabilizira ili utvrđuje dno korita na projektiranoj koti
pregrada	poprečna regulacijska građevina koja se gradi uglavnom između postojećih riječnih otoka i obale radi smanjivanja ili potpunog ukidanja protočnosti riječnih rukavaca, ili u slučaju presijecanja riječnih meandara regulacijskim se pregradama pregrađuje postojeće glavno korito koje će nakon presijecanja meandra izgubiti svoju funkciju
preljev	pregrada preko koje se voda prelijeva, a izvodi se da bi se održavala određena dubina vode u uzvodnom dijelu kanala
prirodna mjera za zadržavanje vode (eng. Natural water retention measure, NWRM)	višenamjenska mjera kojoj je cilj zaštititi i upravljati vodnim resursima te odgovoriti na izazove povezane s vodom obnavljanjem ili održavanjem ekosustava, kao i prirodnih značajki i karakteristika vodnih tijela korištenjem prirodnih sredstava i procesa; glavni fokus mjere je poboljšati te očuvati sposobnost zadržavanja vode vodonosnika, tla i ekosustava s ciljem poboljšanja njihovog statusa
produbljenje korita rijeke	produbljenje korita vodotoka (jaružanje, bageriranje) je strojni iskop obale i nanosnog materijala iz korita vodotoka, a izvodi se u svrhu povećanja protočnosti korita i njegovog stabilnijeg oblikovanja
prokop	regulacijski zahvat presijecanja meandara kojim se skraćuje trasa riječnog toka i povećava uzdužni pad čime se povećava propusna moć riječnog korita u pogledu protoka vode, pronosa nanosa (i leda)
propust	građevina koja omogućuje odvijanje prometa preko vodotoka, odnosno kojom se voda propušta kroz cestovne nasipe ili druge zapreke, a da se pritom ne remeti protočnost i stabilnost korita vodotoka
ranjivost	karakteristike i okolnosti zajednice, sustava ili imovine koje ga čine podložnim štetnim učincima opasnosti; sklonost ili predispozicija da se podvrgne nepovoljnom utjecaju
regulacijsko pero	poprečna regulacijska građevina u koritu rijeke kojom se vodni tok odbija od napadnute obale i utvrđuje nova obalna linija
renaturalizacija	proces obnove vodnog tijela u prvobitno stanje što uključuje obnovu kakvoće vode, vodnog režima, fluvijalnih geomorfoloških procesa, geometrije korita, ekosustava i riparijskih zona korištenjem autohtonih biljnih i drugih materijala; zbog dugoročnih promjena u prostoru, renaturalizaciju često nije moguće u potpunosti provesti
rešetkasta regulacijska građevina	pomoćna konstrukcija u koritu vodotoka pomoću koje se vodni tok djelomično odbija (skreće) od svog osnovnog smjera, a djelomično se usporava onaj dio toka koji prolazi kroz tu konstrukciju
retencija	prirodna ili umjetna jednonamjenska vodna građevina namijenjena za kontrolu velikih voda na nizvodnom području, što se postiže privremenim zadržavanjem dijela velikih voda u retencijskom prostoru i ispuštanjem preko brane kroz evakuacijske organe koji kod retencija ne moraju biti opremljeni uređajima za regulaciju istjecanja, već se ona vrši veličinom protočnog profila i dubinom vode u retencijskom prostoru
retencijska konturna građevina	građevina koja se uz retenciju može izvesti zbog tehničkih zahtjeva, primjerice nasip, kanal, sekundarna mreža odvodnje, linijske regulacijske građevine za ojačanje obala



pojam	definicija
retencijski bazen	konkavna građevina koja služe za privremenu pohranu oborinske vode i smanjenje intenziteta površinskog otjecanja, a tijekom razdoblja bez oborina je suha
revitalizacija	proces obnove važnijih aspekata vodnog tijela upotrebom tehničkih i bioloških mjera radi postizanja hidromorfološkog i ekološkog stanja što sličnijeg prvobitnom stanju; iako revitalizirano vodno tijelo nije istovjetno prvobitnom, ipak predstavlja značajno unaprjeđenje degradiranog stanja
riblja staza	vodna građevina najčešće u obliku kanala s povoljnim hidrauličkim karakteristikama koja omogućava uzvodno kretanje ribljih vrsta i drugih vodenih organizama te im pomaže u uspješnom savladavanju prepreka poput brana, pragova i drugih pregradnih hidrotehničkih građevina u koritu vodotoka
riparijska zona	tranzicijski prostor koji se nalazi na obalama i u koritu vodnih tijela uz koja je prisutna riparijska vegetacija (trave, grmlje i/ili drveće), s elementima vodenih i kopnenih staništa gdje su tlo i vegetacija pod stalnim utjecajem stajaće ili tekuće vode; vegetacija koja čini riparijsku zonu ima značajan utjecaj na hidrološko, morfološko te ekološko stanje vodenog ekosustava budući da, ovisno o vrsti, površini i gustoći, osigurava funkcije zasjenjivanja, donosa lišća i granja, filtracije i dr.
rizik	prisutnost specifične prirodne opasnosti pogoršane nedostatkom usluga ekosustava za ublažavanje opasnosti te potražnja za takvom uslugom uzrokovana prisutnošću izloženih elemenata
rizik od poplave	kombinacija je izloženosti područja u smislu vjerojatnosti pojave poplavnih događaja i ukupne vrijednosti mogućih štetnih učinaka poplavnih događaja na ljude, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarstvo
rješenje temeljeno na prirodi (eng. Nature-based solution, NBS)	rješenje koje je osmišljeno za suočavanje s određenim problemom donošenjem više prirode, prirodnih značajki i procesa u gradove, krajolike i morske pejzaže
rukavac	sekundarni kanal vodotoka koji nastaje kad vodotok probije novo korito
sedimentacijski bazen	umjetno vodno tijelo izgrađeno za hvatanje sedimenta koji se pronosi vodotokom
sedimentacijske brane/taložnice	vodne građevine koje imaju ulogu zaustavljanja i deponiranja bujičnog nanosa i viška nanosa koji vodotok nosi tijekom velikih voda, radi sprječavanja nizvodnih šteta
siva infrastruktura	antropogeno izgrađena infrastruktura pri čemu je atribut <i>siva</i> odabran jer asocira na osnovni materijal takve gradnje – beton; u kontekstu obrane od poplava, siva infrastruktura obuhvaća brane, nasipe, kanale, lukobrane, betonske obloge i druge
slapište	sastavni dio svakog preljeva i služi za smanjivanje energije toka vode koja se prelijeva, a radi zaštite nizvodnog korita od erozije
sprud	akumulacijski fluvijalni oblik nastao nakupljanjem materijala u koritu rijeke uslijed smanjivanja njezine transportne snage
taloženje nanosa	nakupljanje erodiranog materijala u geomorfološkom smislu
traverza	poprečna građevina u konkavi riječne krivine kojom se povezuje postojeća obala s paralelnim građevinama
troškovna učinkovitost	maksimiziranje učinaka po jedinici troška ulaganja; mjerenje ukupne vrijednosti uzimajući u obzir i pomoćne učinke po jedinici ulaganja
usluge ekosustava	uvjeti i procesi kroz koje prirodni ekosustavi, kao cjelovite životne zajednice (biocenoze) i staništa (biotopi), omogućuju, podržavaju i ispunjavaju ljudski život



pojam	definicija
ustava	građevina kojom se voda kontrolirano propušta vodotokom zbog održavanja željene razine vode uzvodno od ustave ili preusmjera u drugi vodotok, rukavac, retencijski prostor
vodno tijelo	sukladno dokumentima Okvirne direktive o vodama predstavlja jasno odvojenu/određenu karakterističnu cjelinu površinske vode
vododerina	brazda koja nastaje na privremenim bujičnim vodotocima, s relativno dubokim i strmim nezatravnjenim koritima, obično V poprečnog presjeka
vodotok	prirodno ili umjetno korito tekuće vode zajedno s obalama i vodama koje njime stalno ili povremeno teku; istoznačnica riječi je tekućica
Wolfov odboj	pomoćna regulacijska građevina pomoću koje se vodni tok djelomično odbija (skreće) od svog osnovnog smjera, a djelomično se usporava onaj dio toka koji prolazi kroz i preko Wolfovih odboja, čime se izaziva taloženje suspendiranog nanosa na dijelu korita koji je pomoću tih građevina odvojen od glavnog toka
zelena infrastruktura	strateški planirana mreža visokokvalitetnih prirodnih i doprirodnih područja koja je osmišljena i kojom se upravljanja na način da generira širok raspon usluga ekosustava i štiti bioraznolikost u urbanim i ruralnim sredinama
živi lukobran / valolom	umjetni greben koji umiruje morska gibanja u obalnom području, smanjujući visinu valova

## 1.4 Popis mjera zelene infrastrukture i pratećih mjera obrađenih u Smjernicama

U tablici u nastavku (Tablica 2) dan je popis mjera zelene infrastrukture i pratećih mjera koje su detaljno razrađene u Smjernicama u knjigama 2 do 5. Uz nazive na hrvatskom, dani su nazivi mjera na engleskom i njemačkom jeziku.

Tablica 2. Popis mjera zelene infrastrukture i pratećih mjera

hrvatski jezik	engleski jezik	njemački jezik
obnova meandara	re-meandering	Wiederherstellung mäandrierender Verlauf
obnova i reintegracija rukavaca i mrtvaja s vodotokom	reconnection of oxbow lakes and similar features	Wiederanbindung von Altarmen und ähnlichen Strukturen
obnova poplavnog područja	floodplain restoration	Wiederherstellung Überflutungsflächen
retencijski bazeni i bare	detention basins and ponds, infiltration basins	Retentionsbecken, Versickerungsbecken
ponorske zone	sinkhole zones	Zonen mit unterirdischem Karstabfluss
obnova jezera	lake restoration	Wiederherstellung von Seen
obnova močvara	wetland restoration	Wiederherstellung von Feuchtgebieten
šumski pokrivač u izvorišnim područjima	forest cover in headwaters	Wiederaufforstung im Einzugsgebiet

hrvatski jezik	engleski jezik	njemački jezik
obrana obalnih područja od poplava	protection of coastal zones from flooding	Hochwasserschutz in Küstenregionen
revitalizacija korita vodotoka	streambed/riverbed re-naturalisation	Revitalisierung im Flusslauf
revitalizacija obala vodotoka	riverbank re-naturalisation	Flussufer-Revitalisierung
riparijska vegetacija	buffer strips, forest riparian buffers	Uferbegleitvegetation, Auwaldpuffer
sedimentacijski bazen	sediment capture pond	Geschieberückhaltebecken, Geschiebefallen
šumski pokrivač u zoni prikupljanja	forest cover in upper torrent watersheds	Aufforstung im Einzugsgebiet
bujične pregrade	torrent barriers	Wildbachsperrren
drenažne fašine	drainage fascines	Drainage-Faschinen
stabilizacijsko-retencijske konturne strukture	contour structures	Erosionsstabilisierende Strukturen
pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem	vegetated reinforced soil slopes	Hangstabilisierung durch Bepflanzung
obaloutvrda	revetment, bank stabilization	Ufersicherung
regulacijska pera	groynes, deflectors	Buhnen
pragovi	weirs, wanes, thresholds, sills	Wehr, Sohlschwelle
paralelna (uzdužna) građevina i traverza	linear deflectors and cut-off sills	Leitwerk
hidrotehničke stepenice	drop structures	Überfallbauwerk
propust	culvert	Durchlass / Brücke
riblja staza	fish pass	Fischwanderhilfe
ustava	sluice, floodgate	Schleuse, Ausleitungsbauwerk

## 1.5 Sažetak

Ove Smjernice izrađene su u okviru Projekta unaprjeđenja negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava u Republici Hrvatskoj (VEPAR). Njihova je svrha prikazati mogućnosti primjene zelenoinfrastrukturnih mjera u sustavu obrane od poplava s naglaskom na smanjenje rizika od poplava i prilagodbu klimatskim promjenama. Naime, 20. stoljeće bilo je obilježeno nastojanjima da se vodotoci obuzdaju izgradnjom strukturnih građevina poput brana, nasipa, izravnavanja i kanaliziranja korita koristeći različite umjetne, prije svega betonske materijale. Negativne posljedice takvih zahvata na hidromorfologiju te vodene i s vodom povezane ekosustave postale su vidljive u narednim desetljećima. Zbog toga je u 21. stoljeću tendencija da se tradicionalni hidrotehnički pristupi zamijene zelenim rješenjima koja uz potrebnu zaštitu od poplava mogu istodobno pružiti i brojne druge ekološke, socijalne i ekonomske koristi.

Jasno je da zelena infrastruktura ne može pružiti potrebnu zaštitu u apsolutno svim situacijama te da je u nekim slučajevima potrebno kombinirati klasična i zelena rješenja

radi postizanja što efektivnijeg sustava obrane od poplava. Da bi se smatrale zelenom infrastrukturom, mjere predložene u ovim Smjernicama moraju imati povoljne utjecaje na bioraznolikost i generirati širok raspon usluga ekosustava, uz poseban naglasak na prilagodbu klimatskim promjenama. U izradi kataloga mjera okosnicu su činile tzv. prirodne mjere za zadržavanje voda (eng. Natural Water Retention Measures, NWRM) koje su osmišljene za potrebe Europske komisije, a usklađene su s konceptima zelene infrastrukture i usluga ekosustava. Radi osiguravanja što konkretnijih informacija o pojedinim mjerama te razmatranja specifičnosti hidroloških pojava u Republici Hrvatskoj konzultirane su i brojne druge publikacije, što je omogućilo stvaranje preciznijih smjernica za projektiranje mjera zelene infrastrukture i pratećih mjera u obrani od poplava.

Katalog se sastoji od 18 mjera zelene infrastrukture koje direktno doprinose smanjenju opasnosti od poplava te 8 pratećih mjera koje mogu uključivati zelena i siva rješenja te kombinaciju istih, a implementiraju se radi osiguravanja visoke funkcionalnosti mjera zelene infrastrukture u sustavu obrane od poplava. Mjere zelene infrastrukture čine:

- mjere povećanja kapaciteta okoliša za prihvata vode (obnova i reintegracija poplavnog područja s vodotokom, obnova meandara, obnova i reintegracija periodičnih rukavaca i mrtvaja, obnova jezera, obnova močvara, retencijski bazeni i bare, pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača u izvorišnim područjima, čišćenje i održavanje ponora i ponorskih zona);
- mjere za upravljanje intenzitetom fluvijalne erozije i neželjenim taloženjem nanosa (revitalizacija korita vodotoka, revitalizacija obala vodotoka, obnova i održavanje riparijske vegetacije, sedimentacijski bazen);
- mjere uređenja bujičnih slivova (pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača u zoni prikupljanja, bujične pregrade, drenažne fašine, stabilizacijsko-retencijske konturane strukture, pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem);
- druge mjere u obrani od poplava (obrana obalnih područja od poplava), te
- prateće mjere (obaloutvrda, regulacijska pera, prag, paralelna građevina i traverza, stepenica, propust, riblja staza, ustava).

Za svaku mjeru zelene infrastrukture u katalogu dan je tehnički opis koji uključuje informacije relevantne za projektiranje mjere, projektne parametre, podatke o primjenjivosti i ograničenjima, vrste radova i održavanje te povezane troškove kao i relevantne ekološke aspekte mjere, zatim pregled koristi od mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, upravljanja stanjem voda te ostalih usluga ekosustava i na kraju primjeri implementacije te mjere u hrvatskom i/ili svjetskom kontekstu.

## 1.6 Summary

These Guidelines are drafted as part of the VEPAR Project – Improvement of Non-Structural Measures of Flood Risk Management in the Republic of Croatia. They aim to display the possibilities of implementing green infrastructure measures in the flood defence system with an emphasis on reducing flood risk and climate change adaptation. Namely, the 20<sup>th</sup> century was characterised by attempts to tame the rivers by constructing structural buildings such as dams, and levees, straightening and canalising the riverbeds using artificial, primarily concrete materials. Negative consequences of such interventions on

hydromorphology and aquatic and water-related ecosystems became evident in the following decades. Hence in the 21<sup>st</sup> century, there is a tendency to replace traditional hydrotechnical approaches with green solutions which, besides protection from floods, can simultaneously provide numerous other ecological, social, and economic benefits.

It is clear that green infrastructure cannot provide the required protection in absolutely all situations and that, in some cases, it is necessary to combine traditional and green solutions for the sake of achieving as effective a flood protection system as possible. To be considered green infrastructure, the measures proposed in these Guidelines need to have favourable effects on biodiversity and generate a broad range of ecosystem services, with special emphasis on climate change adaptation. The backbone in drafting the measures catalogue was Natural Water Retention Measures (NWRM) designed for the European Commission, which is compliant with the green infrastructure and ecosystem services concepts. For the sake of ensuring as specific information about individual measures as possible and considering specificities of hydrologic phenomena in the Republic of Croatia, we consulted numerous other publications, which facilitated the creation of comprehensive guidelines for planning and designing green infrastructure and accompanying measures for flood protection.

The catalogue consists of 18 green infrastructure measures that directly contribute to reducing the flood risk and 8 accompanying measures, which can include green and grey solutions as well as a combination of both. The latter are implemented to ensure high functionality of the green infrastructure measures in the flood defence system. Green infrastructure measures entail:

- measures for increasing the environment's capacity for water retention (restoration and reconnection of floodplains with the watercourse, re-meandering, restoration and reconnection of seasonal streams and oxbow lakes, lake restoration, wetland restoration, retention basin/pond, (re)afforestation and forest cover maintenance in headwaters, sinkhole zone cleaning and maintaining);
- measures for mitigating the intensity of fluvial erosion and unwanted sediment deposition (stream/river bed re-naturalisation, riverbank re-naturalisation, riparian buffer restoration and maintenance, sediment capture basin)
- measures for regulating torrential watersheds ((re)afforestation and forest cover maintenance in upper torrent watersheds, torrent barriers, drainage fascines, stabilisation-retention contour structures, vegetated reinforced soil slopes);
- other measures for flood defence (protection of coastal zones from flooding);
- accompanying measures (bank stabilisation, groynes, weir, parallel structure and traverse, drop structure, culvert, fish passage, sluice).

For each green infrastructure measure in the catalogue we give technical description, including information relevant for measure planning and design, project parameters, data on applicability and limitations, types of works, maintenance, related costs, as well as relevant ecological aspects, then an overview of benefits from the measure from flood risk management, water condition and other ecosystem services viewpoints, and in the end we give examples of measure implementation in Croatian and/or global context.

## 2 Pristup i metodologija

### 2.1 Poplave

Poplave su prirodne pojave koje mogu uzrokovati gubitke ljudskih života, velike materijalne štete, devastiranje kulturnih dobara i ekološke štete. Poplava se definira kao privremena pokrivenost vodom zemljišta koje obično nije prekriveno vodom [1]. Fluvijalne poplave uzrokovane izlivanjem iz vodotoka i pluvijalne poplave uzrokovane velikom količinom oborina, hazardi su s najvećom pojavnošću i štetama u Europi i Hrvatskoj. Procjenjuje se da poplave potencijalno ugrožavaju oko 15 % državnoga kopnenog teritorija Republike Hrvatske od čega je veći dio danas zaštićen na različitim razinama sigurnosti [1].

Plan upravljanja vodnim područjima navodi da su u razdoblju 1935.–2016. godine Republiku Hrvatsku pogodile 262 poplave od čega je tri četvrtine locirano na vodnom području rijeke Dunav. Dok tamo dominiraju pluvijalne poplave (76%), u jadranskom vodnom području prevladavaju poplave mora (43%). Kronološki pregled učestalosti poplava pokazuje da se one pojavljuju sve češće, a prospekti klimatskih promjena ukazuju da će njihova učestalost i intenzitet u budućnosti vjerojatno porasti [2].

S obzirom na razmjere učinaka fluvijalnih poplava, zahvati usmjereni na njihovu kontrolu započeli su čim je to tehnološki razvoj omogućio. Građene su akumulacije i retencije na vodotocima te nasipi usporedno s obalama kako bi se zaštitila za ljude vrijedna područja, dok su istovremeno močvare isušivane i pretvarane u obradive i izgrađene površine, što je rezultiralo prekidom veze između vodotoka i njihovih poplavnih područja [3] zbog prenamjene zemljišta.

Iako se zahvati na vodotocima poduzimaju s ciljem unaprjeđenja njegovog vodnog režima i/ili postizanja neke druge koristi, s vremenom se pokazalo da većina takvih zahvata uz pozitivne ima i negativne efekte koji dugoročno nerijetko premašuju postignute koristi [4]. Dok su tzv. siva infrastrukturna rješenja<sup>1</sup> pružila zaštitu od poplava, u kontekstu ekosustava imala su često opsežne i trajne negativne učinke uključujući smanjenje kapaciteta terena za apsorpciju površinskih voda i degradaciju ili gubitak staništa za lokalne biocenoze. K tome je zaštita od poplava često imala lokalni učinak dok je opasnost od poplava samo premještena dalje nizvodno, gdje je ponekad i povećana uslijed većih, akumuliranih količina i veće brzine vode [3].

#### 2.1.1 Opasnost i rizik od poplava

Direktiva o poplavama razlikuje opasnost i rizik od poplava. Opasnost od poplava podrazumijeva vjerojatnost potencijalno štetnog događaja poplavlivanja u određenom razdoblju. Karte opasnosti od poplava izrađuju se za sljedeće scenarije:

- (a) poplave male vjerojatnosti ili scenariji ekstremnih događaja;
- (b) poplave srednje vjerojatnosti (vjerojatnost da će se ponoviti u razdoblju  $\geq 100$  godina);

---

<sup>1</sup> Siva infrastruktura odnosi se na antropogeno izgrađenu infrastrukturu, a naziv siva odabran je jer asocira na osnovni materijal takve gradnje – beton. U kontekstu obrane od poplava, siva infrastruktura obuhvaća brane, nasipe, kanale, lukobrane, betonske obloge i druge.

(c) poplave velike vjerojatnosti.

Pritom za svaki scenarij karte prikazuju opseg poplava, a prema potrebi i dubinu vode ili vodostaj te brzinu toka ili odgovarajući protok vode [5].

Rizik od poplava podrazumijeva kombinaciju vjerojatnosti poplave i moguće štetne učinke poplavnih događaja na ljude, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarstvo. Karte rizika od poplava prikazuju moguće štetne posljedice koje se povezuju s gore navedenim scenarijima, a izražene su kao [5]:

- (a) okvirni broj potencijalno ugroženih stanovnika;
- (b) vrsta gospodarske aktivnosti na potencijalno pogođenom području;
- (c) postrojenja navedena u Prilogu I. Direktivi Vijeća 96/61/EZ od 24. rujna 1996. o cjelovitom sprečavanju i kontroli onečišćenja (1) koja bi mogla prouzročiti iznenadno onečišćenje u slučaju poplava te potencijalno pogođena zaštićena područja utvrđena u Prilogu IV. stavku 1. točkama i., iii. i v. Direktive 2000/60/EZ;
- (d) ostale informacije koje država članica smatra korisnima, poput navođenja područja na kojima se mogu javiti poplave sa značajnim pronosom nanosa i naplavina te informacije o drugim značajnim izvorima onečišćenja.

Upravljanje rizicima od poplava je pristup koji se bazira na konceptu smanjenja/ograničavanja opasnosti od poplava s jedne strane i smanjenja ranjivosti odnosno osjetljivosti odnosno izloženosti poplavama s druge strane. Razvoj građevinske i negrađevinske infrastrukture za zaštitu od štetnog djelovanja voda je preventivna kategorija te ove Smjernice ulaze u okvir te kategorije [1].

Na temelju odredbi Zakona o vodama (NN 66/19, 84/21) (u nastavku skraćeno: ZoV) i pripadajućih podzakonskih akata, Hrvatske vode izrađuju Prethodnu procjenu rizika od poplava, kao prvi korak u pripremi i donošenju Plana upravljanja poplavnim rizicima koji se donosi zajedno s Planom upravljanja vodnim područjima kao jedinstveni planski dokument kojim se određuje politika i utvrđuje razvojni okvir integralnog upravljanja vodama u šestogodišnjim planskim ciklusima. Prethodna procjena rizika od poplava 2018. podloga je za izradu Plana upravljanja vodnim područjima za razdoblje 2022.–2027.

Plan upravljanja vodnim područjima sastoji se od dviju komponenti: upravljanje stanjem voda i upravljanje rizicima od poplava. Upravljanje stanjem voda sadrži novelirani pregled stanja voda, pregled sustava praćenja stanja voda te program mjera za upravljanje kakvoćom voda na vodnim područjima u planskom razdoblju 2016.–2021. godina, koje su usmjerene na dostizanje ciljeva zaštite voda kako je to propisano člankom 40. ZoV. Upravljanje rizicima od poplava sadrži zaključke Prethodne procjene rizika od poplava, prikaz karata opasnosti od poplava i karata rizika od poplava, ciljeve za upravljanje rizicima od poplava te program mjera za ostvarenje tih ciljeva, uključujući preventivne mjere, zaštitu, pripravnost, prognoziranje poplava i sustave za obavješćavanje i upozoravanje, s ciljem smanjenja mogućih štetnih posljedica poplava na ljudsko zdravlje i sigurnost, na vrijedna dobra i imovinu te na vodni i kopneni okoliš [2].



## 2.1.2 Procjena rizika od poplava

Rizik od poplava procjenjuje se za područje svakog pojedinačnog naselja kao najznačajnijeg receptora, a klasificira se na: visoki rizik, uključujući i daljnju kategorizaciju na vrlo veliki i veliki rizik, umjereni rizik, mali rizik te zanemarivi rizik od poplava. Klasifikacija rizika prilagođena je potrebi operativne obrane od poplava i različitom pristupu efikasnom, okolišno osjetljivom i financijski prihvatljivom rješavanju zaštite od poplava [2]:

- Za područja za koja je ocijenjeno da su područja s visokim rizikom od poplava izrađuju se karte opasnosti i karte rizika od poplava te se utvrđuje poseban sustav interventnih mjera u slučaju poplavnog događaja u okviru Operativnog plana obrane od poplava.
- Za područja umjerenog rizika od poplava izrađuju se karte opasnosti i karte rizika od poplava.
- Za područja malog i zanemarivog rizika od poplava po potrebi se provode dodatne analize.

Na osnovi prethodne procjene iz 2018. g. utvrđeno je da je preko 50 % površine Republike Hrvatske pod umjerenim do vrlo velikim rizikom od poplava. Pri tome treba napomenuti da je veći rizik na vodnom području rijeke Dunav gdje ukupna površina naselja za koja je preliminarno procijenjeno da se nalaze u riziku od poplava doseže gotovo 55 %. Oko 8 % područja za koje je ocijenjeno da su područja sa značajnim rizikom od poplava, odnose se na međunarodna vodna tijela i uglavnom se nalaze u vodnom području sliva rijeke Dunav. Upravljanje rizicima od poplava na takvim područjima obavlja se u skladu s odredbama protokola i sporazuma koji uređuju postupanje pri rješavanju međunarodnih pitanja [2].

## 2.2 Zelena infrastruktura

Dok je 20. stoljeće bilo obilježeno nastojanjima da se vodotoci obuzdaju izgradnjom strukturnih građevina poput brana, nasipa, izravnavanja i kanaliziranja korita koristeći različite umjetne, prije svega betonske materijale, 21. stoljeće zasigurno će biti obilježeno revitalizacijom vodotoka korištenjem prirodnih i okolišno prihvatljivih konstrukcija i materijala. Naime, drugu polovicu 20. stoljeća obilježilo je povećanje svijesti javnosti o ograničenjima tradicionalnih hidrotehničkih praksi te zahtjevi za očuvanjem prirode i okoliša, kao i zahtjevi za prilagodbu klimatskim promjenama. To je rezultiralo i promjenama u pristupima gospodarenju vodnim tijelima. Mnoge takve promjene formalizirane su u EU Direktivi o staništima i Okvirnoj direktivi o vodama (u nastavku skraćeno: ODV) [6]. U tom se pogledu zelena infrastruktura istaknula kao pristup koji bi mogao pružiti potrebnu zaštitu koju pružaju klasična, siva rješenja dok istodobno može pružiti brojne druge ekološke, socijalne i ekonomske koristi.

Europska komisija definira zelenu infrastrukturu kao strateški planiranu mrežu visokokvalitetnih prirodnih i doprirodnih područja koja je osmišljena i kojom se upravljanje na način da generira širok raspon usluga ekosustava i štiti bioraznolikost u urbanim i ruralnim sredinama [7]. Sukladno tome, ne mogu se sve zelene površine i elementi okoliša smatrati dijelom zelene infrastrukture, već trebaju biti velike kvalitete i pružati više od puke zelene površine. Drugim riječima, trebaju moći pružiti niz raznovrsnih usluga

ekosustava dok istodobno doprinose bioraznolikosti, smanjuju učinke na klimatske promjene i povećavaju kvalitetu života [8].

### 2.2.1 Zelena infrastruktura u funkciji obrane od poplava

Istraživanja i primjeri iz prakse pokazuju da ulaganja u zelena rješenja u problematici obrane od poplava mogu biti barem jednako učinkovita kao i konvencionalna, siva rješenja dok istodobno pružaju niz drugih ekoloških, socijalnih i ekonomskih koristi [3]. Donosioci odluka i privatni investitori sve češće shvaćaju da tradicionalna rješenja sive infrastrukture poput valobrana, nasipa, odvodnih sustava i sl. nisu nužno najefikasnije investicije u rješavanju okolišnih izazova, posebice u kontekstu ubrzanih klimatskih promjena.

Ipak, treba naglasiti kako primjenjivost mjera zelene infrastrukture značajno ovisi o lokalnim karakteristikama prostora [9]. Upravo stoga pristupi koji kombiniraju zelenu i sivu infrastrukturu često mogu biti poželjniji u obrani od poplava. Siva infrastruktura takvim pristupima daje učinkovitost dok im zelena infrastruktura povećava dugoročne pozitivne i okolišno prihvatljive učinke te multifunkcionalnost.

Budući da zelena infrastruktura u obrani od poplava često zahtijeva veće površine od sive infrastrukture, dolazi do kompeticije s drugim oblicima korištenja zemljišta, odnosno konfrontacije javnog i privatnog interesa. S obzirom na to da su kvantifikacija i monetizacija koristi od zelene infrastrukture teže mjerljive i često se koristi pojavljuju s vremenskim odmakom u odnosu na koristi od sive infrastrukture te u odnosu na privatne gospodarske djelatnosti, njihovo uvođenje može doživjeti otpor, kako vlasnika potrebnog zemljišta, tako i javnosti. Stoga bi uvođenje takvih mjera trebalo naći svoj put kroz zakonske odredbe i poticajne politike [10].

### 2.2.2 Zelena infrastruktura u funkciji prilagodbe klimatskim promjenama

Klimatske promjene predstavljaju rastuću prijetnju u 21. stoljeću i izazov za cijelo čovječanstvo jer utječu na sve aspekte okoliša i gospodarstva te ugrožavaju održivi razvoj društva. Klimatske promjene utječu na učestalost i intenzitet ekstremnih vremenskih nepogoda (ekstremne padaline, poplave i bujice, erozije, oluje, suša, toplinski valovi, požari) i na postepene klimatske promjene (porast temperature zraka, tla i vodenih površina, podizanje razine mora, zakiseljavanje mora, širenje sušnih područja) [23]. Iz tog razloga, sve su aktualnije teme o prilagodbi klimatskim promjenama i smanjenju rizika od katastrofa koje se aktivno ugrađuju u ključne politike i strategije Europske unije, uključujući one za zaštitu infrastrukture i okoliša, financijske instrumente kohezijske politike te strukturnih i investicijskih fondova EU, poljoprivredu, sigurnost hrane i integralno upravljanje obalnim područjem [3].

Klimatske promjene prepoznate su kao sigurna prijetnja, rizik i izazov i za Republiku Hrvatsku, stoga je Hrvatski sabor na sjednici 7. travnja 2020. usvojio prvi strateški dokument koji daje procjenu promjene klime za Hrvatsku do kraja 2040. i 2070. godine, moguće utjecaje i procjene ranjivosti, pod nazivom *Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu (NN 46/2020)*. U prvoj nacionalnoj Strategiji prilagodbe obrađeni su sektori koji su



prema dosadašnjim spoznajama najviše izloženi i ranjivi klimatskim promjenama: vodni resursi, poljoprivreda, šumarstvo, ribarstvo, bioraznolikost, energetika, turizam i zdravlje, kao i dva međusektorska tematska područja: prostorno planiranje i uređenje te upravljanje rizicima. Strategija prilagodbe rezultat je integralnog pristupa koji, polazeći od analize stanja u odabranim sektorima i međusektorskim tematskim područjima, rezultira pregledom utjecaja, ranjivosti i skupom mjera. U pristupu planiranja i provedbi mjera potrebno je uzeti u obzir ranjivost prostora s aspekta bioraznolikosti i usluga ekosustava te dati prednost rješenjima temeljenim na prirodi [23].

Prema tome, primjena zelene infrastrukture uz rješenja temeljena na prirodi, predstavlja efikasan način za ublažavanje rizika od prirodnih opasnosti i jačanje otpornosti društva u rješavanju prilagodbe klimatskim promjenama i smanjenju rizika od katastrofa [3].

### 2.2.3 Poteškoće u uspoređivanju zelene i sive infrastrukture

Publikacija *Green Infrastructure and Flood Management* Europske okolišne agencije (2017) navodi niz razloga zbog kojih je teško uspoređivati rješenja iz domena zelene i sive infrastrukture. Razlozi su dani u nastavku [3].

Prvo, tradicionalni fokus na troškove i koristi primjenjivan na evaluaciju sivih rješenja predstavlja izazov u evaluaciji zelenih rješenja budući da zelena infrastruktura pruža niz koristi, poput čiste vode, sekvestracije ugljika i stvaranja uvjeta za rekreaciju, koje nisu uvijek direktno mjerljive niti se mogu izraziti u financijskom smislu. Taj je fokus bio učinkovit u evaluaciji sive infrastrukture koja je često projektirana za jednu funkciju i generirala je s njom vezanu korist odmah nakon izgradnje, iako često s rastućim troškovima održavanja kroz starenje te infrastrukture.

Drugo, procjena isplativosti pojedinih mjera trebala bi se provoditi od slučaja do slučaja uzimajući u obzir značajke predmetnih lokaliteta. Nijedno rješenje – ni sivo, a posebice zeleno – nije direktno primjenjivo na svakoj lokaciji. Analiza prikladnih rješenja za pojedinačne lokalitete omogućila bi precizno određivanje troškova i isplativosti primjene različitih varijanti, uključujući kombinacije zelenih i sivih rješenja, koje mogu u nekim slučajevima biti znatno povoljnije od primjene isključivo zelenih ili sivih rješenja.

Treće, direktna usporedba koristi od zelene i sive infrastrukture zahtijeva usporediva vremenska razdoblja. Međutim, to je obično otežano uslijed činjenice da koristi od zelene infrastrukture obično rastu s vremenom kako se ekosustav prilagođava i razvija dok siva infrastruktura obično pruža koristi odmah nakon izgradnje, a daljnje pružanje ovisi o održavanju infrastrukture.

Četvrto, metodologija evaluacije sposobnosti zelene infrastrukture da pruži relevantne koristi kroz svoj životni vijek trebala bi biti ujednačena u cijeloj Europi kako bi se osigurala usporedivost metoda vrednovanja i, kad je to relevantno, financijskih aspekata u odlučivanju o ulaganjima.

### 2.2.4 Renaturalizacija i revitalizacija vodnih tijela

Primjena zelene infrastrukture u obrani od poplava u suvremenoj Europi podrazumijeva renaturalizaciju i revitalizaciju vodnih tijela odnosno zamjenu sivih rješenja primjenjivanih

kroz protekla stoljećima novim, zelenim ili kombiniranim zeleno-sivim rješenjima. Uspješnu renaturalizaciju i revitalizaciju vodnih tijela karakteriziraju povećanje bioraznolikosti, krajobrazne vrijednosti i kapaciteta vode za autopurifikaciju [11]. Revitalizirani vodotok ne smije povećati ni rizik od poplava u naseljenim i drugim kultiviranim područjima, a kod primjene revitalizacije u svrhu smanjenja opasnosti od poplava, upravo je smanjenje opasnosti i rizika od poplava ključna tražena karakteristika zahvata.

U kontekstu obrane od poplava, zelena infrastruktura obuhvaća niz povezanih prirodnih i doprirodnih područja i prostornih elemenata koji doprinose smanjenju opasnosti od poplava dok istodobno doprinose funkcioniranju i kvaliteti ekosustava. Primjena zelene infrastrukture u obrani od poplava bi stoga također trebala biti sustavni pristup kojim se ne primjenjuju parcijalna rješenja već se riječni slivovi promatraju holistički kao integralne hidrološke i prostorne jedinice. Još uvijek se, međutim, odabir lokacija za revitalizaciju prečesto odvija na *ad hoc* osnovi, umjesto kroz strateško i prostorno planiranje, zbog čega mnogi takvi projekti nisu samoodrživi već zahtijevaju konstantno upravljanje, primjerice oponašanje geomorfoloških procesa, kako bi se kompenzirao nedostatak zelenih rješenja na uzvodnim i nizvodnim dionicama [12].

### 2.2.5 Koncept „prostor za rijeku“

Integralno upravljanje riječnim slivovima kroz korištenje zelene infrastrukture objedinjeno je u konceptu „prostor za rijeku“ (eng. *Room for the River*). Taj izvorno nizozemski pristup je umjesto jačanja strukturnih građevina poput nasipa i betonskih obaloutvrda usmjeren na njihovo uklanjanje i ponovnu integraciju poplavnog područja s vodotokom te obnovu vodene i riparijske vegetacije. Cilj tog pristupa je osigurati dugoročnu sigurnost od poplava uz istodobno povećanje kvalitete prostora i okoliša te posljedično kvalitete života u prostoru [13].

Konačni cilj koncepta „prostor za rijeku“ je otporniji riječni sustav s poplavnim područjima koja funkcioniraju na prirodniji način i okolišem koji pruža brojne nove koristi široj populaciji. Koncept pritom nije isključiv u pogledu sivih mjera već naglašava važnost primjene zelene infrastrukture tamo gdje je to moguće, a osnaživanje sive infrastrukture ondje gdje obilježja prostora ne omogućuju primjenu zelene infrastrukture koja bi pružila dostatnu obranu od poplava [14].

Budući da primjena zelenih rješenja u obnovi prirodnih funkcija vodnih tijela općenito podrazumijeva renaturalizaciju odnosno vraćanje vodnog tijela u prirodno ili doprirodno stanje, to najčešće iziskuje dodatne površine koje su povijesno „oduzete“ vodnom tijelu radi dobivanja obradivih površina. U tom će pogledu u primjeni velikog broja mjera zelene infrastrukture biti potrebno otkupljivanje vlasničkih prava nad zemljištima potrebnim za provedbu mjera i/ili uspostavljanje programa kojim se privatne vlasnike zemljišta potiče na primjenu mjera zelene infrastrukture koje oni mogu sami primijeniti [15]. Takve mjere obično uključuju manje zahvate poput promjena u načinu korištenja zemljišta i sadnje i održavanja riparijske vegetacije.

Promjene u načinu korištenja zemljišta mogu biti od presudne važnosti za dugoročno funkcioniranje primijenjenih mjera zelene infrastrukture i njihov učinak na obranu od poplava. Kad se promjene u načinu korištenja zemljišta uvjetuju na privatnim zemljištima, projekti bi trebali predvidjeti i osigurati nadoknadu za izgubljene prihode. Gubitak

produktivnog zemljišta treba nadoknaditi vlasnicima odnosno zemljoposjednicima u obliku kompenzacije budući da promjene u obliku korištenja zemljišta mogu dovesti do gubitaka u njihovom poslovanju [16].

## 2.2.6 Prirodne mjere za zadržavanje voda

Prirodne mjere za zadržavanje voda (eng. *Natural Water Retention Measures*, NWRM) su multifunkcionalne mjere čija je svrha zaštita i upravljanje vodnim resursima kroz korištenje prirodnih procesa i posljedično doprinos stvaranju mreže zelene infrastrukture. NWRM mjere imaju potencijal pružiti niz koristi među kojima se posebno ističu smanjenje rizika od poplava, povećanje kvalitete vode, punjenje podzemnih vodonosnika i unaprjeđenje kvalitete staništa. Kao takve, NWRM mjere mogu doprinijeti ostvarenju ciljeva Europske unije definiranih u ODV, Direktivi o poplavama, Direktivi o staništima i Direktivi o pticama [17].

NWRM mjere osmišljene su od strane Glavne uprave za okoliš EU, a u suštini podrazumijevaju obnovu ekosustava te promjene i prilagodbe u načinu korištenja zemljišta i gospodarenju vodnim resursima. U tom pogledu, te se mjere smatraju komplementarnima sa sivom infrastrukturom te se polazi od pretpostavke da u slučajevima kada prirodni procesi sami ne mogu osigurati prirodnu retenciju voda, siva infrastruktura može podržati primjenu NWRM mjera. Na taj način NWRM mjere mogu ublažiti razmjere i intenzitet negativnih utjecaja sive infrastrukture na ekosustave [17].

Ako se integriraju u prostorno planiranje i planiranje zelene infrastrukture, NWRM mjere mogu doprinijeti rješavanju problema fragmentacije i međusobne povezanosti staništa koji se smatraju glavnim pokretačima gubitka bioraznolikosti. Pored toga one pružaju raznovrsne usluge ekosustava koje imaju pozitivne učinke na čitavo europsko društvo. Ipak, njihova primjena u praksi je često ograničena dostupnim financijskim resursima, a EU kontinuirano radi na povećanju mogućnosti financiranja primjene takvih rješenja [17].

Planiranje i primjena NWRM mjera temelji se na četiri osnovna načela [18]:

- prioritiziranje rješenja utemeljenih na prirodi,
- predviđanje zajedničkih potencijalnih koristi koje proizlaze iz skupa mjera,
- iskorištavanje prilika koje omogućuju integraciju politika i koje će doprinijeti ostvarenju ciljeva različitih politika,
- od samog početka planiranje skupova više mjera koji mogu uključivati i zelene i sive mjere.

## 2.3 Metodologija za izradu i korištenje Smjernica

### 2.3.1 Uvod

Smjernice su namijenjene, sukladno Projektnom zadatku, prije svega stručnjacima vezanim uz djelatnosti Hrvatskih voda, ali su zbog svrhe i značajki mjera zelene infrastrukture u području vodnog gospodarstva one namijenjene i drugim strukama, kao što su primjerice:

- stručnjaci iz područja zaštite prirode i okoliša,
- prostorni planeri,
- biotehničke struke koje sudjeluju u projektiranju: krajobrazni arhitekti,
- stručnjaci iz područja zemljišnih politika (poljoprivreda, šumarstvo, lovstvo),
- stručnjaci iz područja hidroenergetike i drugih područja vezanih uz korištenje voda (primjerice vodoopskrba, navodnjavanje poljoprivrednih površina, ribnjačarstvo),
- ekonomski i financijski stručnjaci,
- geografi, demografi i sociolozi,
- djelatnici nadležnih javnih uprava,
- javni djelatnici i djelatnici iz područja javnog priopćavanja,
- pripadnici udruga i organizacija civilnog društva,
- ostala zainteresirana javnost.

Zbog toga su u nastavku prikazani pristup i korištene metodologije prilagođeni, u smislu razumijevanja, svim dionicima koji će sudjelovati u osmišljavanju i provedbi mjera zelene infrastrukture u području zaštite od štetnog djelovanja voda.

### 2.3.2 Okvirni pristup uspostavi mjera

Uspostava mjera zelene infrastrukture u funkciji zaštite od štetnog djelovanja voda (zaštita od poplava, obrana od leda na vodotocima i zaštita od erozija i bujica) povezana je prije svega s upravljanjem rizicima od štetnog djelovanja voda, u ovom slučaju izravno s uređenjem voda i zaštitom od erozije i bujica, a neizravno i sa svim ostalim postupcima zaštite od voda (kako su definirani u ZoV, članak 119.). Posebno se naglašava kako je sastavni dio upravljanja ovim rizicima provedba ograničenja prava vlasnika i drugih posjednika zemljišta, a koja su vezana uz uređenje voda i zaštitu od erozije i bujica.

Međutim, mjere zelene infrastrukture u području zaštite od štetnog djelovanja voda se za razliku od ostalih tehničkih mjera zaštite uvode u prostor kao višenamjenske mjere, koje osim što povećavaju zaštitu u području vodnog gospodarstva također povećavaju ukupnu vrijednost područja na kojem se primjenjuju i to kroz obnovu njegovih prirodnih i ekoloških vrijednosti te kroz uspostavu ukupno održivog upravljanja tim prostorom.

Zbog boljeg razumijevanja ovih mjera, u prethodnim poglavljima opisane su njihove glavne značajke, koje je moguće u kraćem obliku prikazati i objediniti, kroz sljedeća načela:

- zelena infrastruktura općenito je po definiciji strateški planirana mreža visokokvalitetnih prirodnih i doprirodnih područja koja je osmišljena i kojom se upravljanja na način koji generira širok raspon usluga ekosustava i štiti bioraznolikost u urbanim i ruralnim sredinama,
- mjere zelene infrastrukture vezane uz područje vodnog gospodarstva, u ovom slučaju vezane uz upravljanje ukupnim sustavom zaštite od štetnog djelovanja voda, složeni su zahvati u prostoru koji osim osnovne funkcije zaštite od voda ispunjavaju i niz drugih funkcija, kao što su poboljšanje ukupnog stanja voda, zatim poboljšanja usluga ekosustava, obnova i zaštita biološke raznolikosti, prilagodba

klimatskim promjenama, poboljšanje kakvoće života lokalnog stanovništva, kao i druge posebne funkcije vezane uz područje zahvata,

- zbog osnovne funkcije zaštite od voda ove mjere najčešće obuhvaćaju mjere sive infrastrukture, ali su zbog ostalih funkcija od posebnog značaja njihove prostorne odrednice,
- zbog mjera sive infrastrukture koje su vezane uz osnovnu funkciju te zbog zaposjedanja prostora radi ispunjavanja ostalih funkcija vezanih uz mjere zelene infrastrukture, vrijednost građevina sive infrastrukture i vrijednost zaposjednutog prostora čine glavne troškove ovih mjera, pri čemu se u troškove zaposjedanja prostora treba uključiti i razrješavanje svih mogućih konflikata s postojećim korisnicima,
- dok su za utvrđivanje koristi od glavne funkcije zelene infrastrukture već uvriježene metode i postupci za određivanje novčanih izravnih i neizravnih dobitaka od izbjegnutih šteta od poplava, za ostale koristi koje su najčešće neizravne, odnosno indirektno, njihovo vrednovanje uobičajeno polazi od ocjenjivanja njihovih vrijednosti kao oblika kvantifikacije, dok se novčane vrijednosti takvih koristi mogu u pojedinim slučajevima odrediti zamjenskim metodama kojima se simuliraju tržišni odnosi,
- kod planiranja mjera zelene infrastrukture, uz njihove ključne značajke kao što su njihova složenost i njihovo višenamjensko korištenje, u obzir treba uzeti i vremenske odrednice tih mjera (potrebno duže razdoblje za uspostavljanje svih planiranih funkcija), kao i složene interakcije tih mjera sa širim prostorom (primjerice s hidrologijom i hidromorfologijom sliva, promjenama u korištenju šireg prostora i prometnica, utjecajima na socijalne i ekonomske odnose, pa i na demografska kretanja), zbog kojeg je potreban sustavni, odnosno cjeloviti i sveobuhvatni pristup (holistički pristup) u njihovom osmišljavanju,
- mjere zelene infrastrukture izravno su povezane s konceptom vraćanja prostora rijeci i pristupom uspostave prirodnih mjera zadržavanja voda (eng. *Natural Water Retention Measures, NWRM*), koji se provodi kroz primjenu ODV Europske unije. Ovim se pristupom traži gdje je to moguće zamjena sive sa zelenom infrastrukturom, a gdje nije moguće prilagodba sive infrastrukture načelima na kojima počivaju mjere zelene infrastrukture te se traži integracija različitih prostornih politika i politike zaštite od štetnog djelovanja voda, uz prioritarno poštovanje zahtjeva politike zaštite prirode.

Integrirani planovi upravljanja vodnim područjima i planovi upravljanja poplavnim rizicima, koji se izrađuju sukladno ODV i Direktivi o poplavama, kao ključnu dodirnu točku imaju hidromorfološko stanje voda. Hidromorfološko stanje vodnih tijela površinskih voda s jedne strane podržava njihovo ukupno ekološko stanje, odnosno utječe na fizikalno-kemijske i biološke procese u tim vodnim tijelima, a s druge strane zbog nužnosti sustava zaštite od štetnog djelovanja voda pod stalnim je antropogenim pritiscima. ODV propisano je postizanje i očuvanje dobrog i vrlo dobrog stanja vodnih tijela na svim vodnim područjima država članica EU, što izravno ili neizravno zahtijeva popravljivanje i očuvanje i njihovog hidromorfološkog stanja. To može biti nespojivo sa zahtjevima Direktive o poplavama i zahtjevima zaštite ljudskih i materijalnih dobara u područjima izloženim poplavama, eroziji

i bujicama. Zbog toga su člankom 4. ODV definirana moguća izuzeća od postizanja ciljeva ODV, koji daje mogućnost:

- da države članice proglase neko tijelo površinskih voda umjetnim ili znatno promijenjenim,
- produženja rokova do kojih je potrebno postići okolišne ciljeve za pojedina vodna tijela,
- da se države članice mogu usmjeriti na postizanje manje strogih okolišnih ciljeva za pojedina vodna tijela,
- primjene uvjeta za pogoršanje stanja vodnih tijela koja se mogu smatrati privremenim i ne smatraju se kršenjem zahtjeva Direktive,
- primjene uvjeta koje novonastale promjene fizičkih karakteristika moraju zadovoljiti, a kako bi se dopustila promjena, odnosno postizanje manje strogih ciljeva zaštite okoliša na vodnim tijelima na kojima se nalaze.

Pri tome države članice EU moraju osigurati da se primjenom ovih odredbi članka 4. ODV trajno ne isključi ili ne dovede u pitanje održanje ili postizanje ciljeva zaštite okoliša na drugim vodnim tijelima i da primjena bude konzistentna s ostalim propisima koji se odnose na zaštitu okoliša i prirode.

Ovim se člankom ODV, osim omogućavanja uključivanja sive infrastrukture u ciljeve zaštite voda također stvara i okvir za uključivanje mjera zelene infrastrukture u rješenja za poboljšanje zatečenog hidromorfološkog stanja pojedinih vodnih tijela na kojima se provode mjere zaštite od voda, ali i okvir za budući razvoj novih mjera zelene infrastrukture na vodnim tijelima na kojima je nužno smanjiti rizike od štetnog djelovanja voda (vidjeti: Prijedlog kriterija za izmjene ciljeva okoliša, Elektroprojekt, 2022.).

Postupak traženja najboljeg rješenja, sukladno svemu prethodno navedenom, a kao dopuna prikazu pristupa iz poglavlja 2.2.6 *Prirodne mjere za zadržavanje voda*, te uz primjenu načela projektiranja i provedbe višenamjenskih vodnogospodarskih sustava (obvezno uključivanje i u pripremu i u provedbu i u održavanje sustava svih njegovih korisnika), zahtijevao bi u najopćenitijem obliku sljedeće korake:

- preliminarno uključivanje u postupak svih dionika pod nadzorom prostornih planera,
- pripremanje podloga za zadanu mjeru zelene infrastrukture,
- određivanje zainteresiranih dionika vezanih uz zadanu mjeru zelene infrastrukture,
- sagledavanje svih mogućih rješenja uspostave mjere, pri čemu prioritet imaju ona moguća rješenja koja su vezana uz zaštitu prirode i ekosustava,
- sagledavanje za svako od rješenja svih zahtjeva zainteresiranih dionika, uključujući i zahtjeve za postizanje pojedinih uvjeta i za oblikovanje pojedinih elemenata rješenja, te uključujući ostvarivanje mogućih pojedinačnih koristi,
- integriranje svih zahtjeva zainteresiranih dionika u konačne varijante rješenja,
- provedba usporedbe varijanata uz korištenje višekriterijske analize ili pojednostavljene analize koristi i troškova (eng. *Cost Benefit Analysis*, u nastavku skraćeno: CBA), pri čemu u kriterije za usporedbu treba uključiti osim obrane od



poplava i zaštite voda još i usluge ekosustava, vodeći pri tome računa i o vremenskoj komponenti svake inačice rješenja,

- novčano vrednovanje izabranog rješenja u svim elementima, koliko je to moguće dostupnim metodama, te prema novčano iskazivim izravnim i neizravnim koristima raspodjela troškova po svim uključenim zainteresiranim dionicima (primjerice metodom „separatnih troškova-preostalih koristi“, prema R.K. Linsley, J.B. Franzini (1979): *Water - Resources Engineering*, str. 368),
- uključivanje u daljnju provedbu i daljnje održavanje izabranog rješenja kontinuirano svih zainteresiranih dionika koji od usvojenog rješenja imaju izravne ili neizravne koristi.

U nastavku se ovaj općeniti metodološki pristup razrađuje prvo kroz pristup sagledavanju i usporedbi mogućih rješenja, a zatim i kroz sagledavanje nekih ključnih elemenata usporedbe mogućih rješenja i pripreme izabranih mjera, kao što su postupci određivanja troškova pripreme, provedbe i održavanja mjera zelene infrastrukture, zatim postupci određivanja koristi od provedbe mjera zelene infrastrukture i postupci kvantifikacije i određivanja novčanih vrijednosti tih koristi te postupci i načela povezivanja mjera zelene infrastrukture sa sustavom zaštite od štetnog djelovanja voda.

### 2.3.3 Sagledavanje i usporedba mogućih rješenja

Mjere zelene infrastrukture vezane uz sustave zaštite od štetnog djelovanja voda moguće je, ovisno o njihovoj vrsti, položaju, višenamjenskim ulogama i drugim uvjetima, provesti na više mogućih načina te je potrebno izabrati za svaku takvu mjeru najbolje rješenje.

Analize za potrebe izbora najboljeg rješenja između pretpostavljenih varijanata, kao i za potrebe izrade studije izvedivosti za izabrano rješenje predviđa se provoditi prema Vodiču za analizu troškova i koristi investicijskih projekata (Europska komisija, prosinac 2014.) (eng. *Guide to Cost-benefit Analysis of Investment Projects, Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014 – 2020*, European Commission, December 2014).

Kod odabira varijanti uobičajeno se koriste sljedeći pristupi:

- Ako različite varijante imaju isti cilj i slične eksterne troškove i koristi, izbor se može temeljiti na rješenju s najmanjim troškovima realizacije. To uključuje diskontirani zbroj svih mjerodavnih troškova u ekonomskom vijeku projekta (troškova provedbe, operativnih troškova, troškova održavanja i sl.).
- Ako se troškovi realizacije i/ili koristi u različitim varijantama razlikuju (uz pretpostavku da imaju isti cilj), provodi se pojednostavljena CBA za sve varijante, uz cilj odabira najbolje. Pojednostavljena CBA obično podrazumijeva fokusiranje na prve procijene troškova i koristi (ovdje troškova realizacije i koristi od izbjegnutih šteta zbog realizacije svake pojedine varijante obrane od poplava) i grube procjene ključnih financijskih i ekonomskih parametara. U troškove se uključuju investicijski i operativni troškovi. Izračun ekonomskih pokazatelja uspješnosti u pojednostavljenoj CBA mora biti za sve varijante proveden za isto razdoblje, svi troškovi i koristi trebaju biti usporedivi u smislu istog vremenskog „horizonta“, te se u CBA moraju uključivati samo dodatni troškovi i koristi zbog realizacije svake od varijanata.

- Ako se varijante uspoređuju prema skupini različitih ciljeva koji ne mogu biti vrednovani prema tržišnim pokazateljima provodi se višekriterijska analiza (MCA). Pri tome ciljevi moraju biti iskazani u nekom obliku mjerljivih varijabli ili moraju biti kvalitativno usporedivi, a ciljevi pri tome ne smiju biti alternativni (ostvarenje jednog cilja ne smije sprječavati ili umanjivati ostvarenje drugog cilja). Ciljevi također moraju imati određene „pondera“ ili „težine“, koji određuju relativni značaj ispunjenja svakog pojedinog cilja. Za usporedbu varijanata s aspekta ostvarenja socioekonomskih ciljeva može se koristiti CBA.

Rezultati analize troškova ili CBA po varijantama/opcijama mogu biti samo jedan od više kriterija prema kojima se odabire najbolje rješenje. Ostali kriteriji su utjecaji razmatranih opcija na stanje voda, na usluge ekosustava, a mogu se koristiti i drugi kriteriji, ukoliko ih nije moguće uključiti u prethodne kriterije. Primjerice, aspekt klimatskih promjena najbolje je u ovom slučaju uključiti pod analize izbjegnute štete od poplava, erozija i bujica, a aspekti utjecaja na okoliš, na lokalno stanovništvo i na zaštitu prirode mogu biti obuhvaćeni u kriteriju usluga ekosustava.

Ukoliko su ovi kriteriji vezani uz stanje voda i usluge ekosustava značajni ili su ciljevi poboljšanja stanja voda i poboljšanja usluga ekosustava različiti od ciljeva zaštite od štetnog djelovanja voda, nakon analize troškova ili nakon CBA po varijantama provodi se i višekriterijska analiza (eng. *Multi-criteria analysis*, u nastavku skraćeno: MCA) po varijantama i tek zatim se provodi odabir optimalne varijante.

U prvom koraku analize troškova ili analize koristi i troškova usporedivost troškova i koristi osigurava se njihovim svođenjem na istu godinu razmatranja uz pomoć diskontiranja. Svođenje troškova, odnosno svođenje koristi i troškova na istu godinu razmatranja, odnosno na neto sadašnju vrijednost provodi se prema sljedećem izrazu:

$$K = \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{(1+p)^i}$$

gdje je:

K – sadašnja vrijednost koristi (troška) u razdoblju razmatranja od n godina

$K_i$  - vrijednost koristi (troška) u i-toj godini

p – diskontna stopa

n – broj godina razdoblja analize

U načelu element troškova uključuje troškove ulaganja (pripreme troškove, troškove zaposjedanja zemljišta i troškove izgradnje), operativne troškove i troškove održavanja, ali i eksterne troškove, ukoliko projekt primjerice nepovoljno utječe na druge korisnike prostora.

Isto tako u element ekonomskih koristi osim izravnih uključuju se i eksterne ekonomske koristi, te također i preostala vrijednost zahvata nakon razdoblja u kojem se razmatraju ukupni troškovi i koristi.



Cilj analize troškova je odrediti opciju s najmanjim troškovima realizacije, dok je cilj analize troškova i koristi odrediti ekonomsku održivost projekta izračunom dodatnih koristi koje nastaju kao rezultat provedbe projekta, u ovom slučaju provedbe mjera zelene infrastrukture.

Također, CBA ili ekonomskom analizom ocjenjuje se doprinos projekta/mjera ekonomskom blagostanju regije ili države. Opseg projekta, odnosno mjera, trebao bi se promatrati u široj perspektivi, odnosno trebaju se promatrati korisni učinci na čitavo društvo.

Pri određivanju pokazatelja najniže cijene ili ekonomske uspješnosti treba napraviti određene korekcije:

Fiskalne korekcije: Moraju se kod izravnih novčanih troškova i koristi odbiti neizravni porezi (npr. PDV), subvencije i obični transferi (npr. uplate za socijalno osiguranje). Međutim, cijene trebaju biti u bruto iznosima s izravnim porezima. Uz to, ako se za korekciju eksternih troškova i koristi planiraju specifični neizravni porezi/subvencije, onda i oni trebaju biti uključeni.

Tržišne cijene uključuju poreze i subvencije i neka transferna plaćanja, koja mogu djelovati na relativne cijene. I dok bi u nekim slučajevima bilo teško procijeniti neto cijene bez poreza, mogu se postaviti neka općenita pravila za korekciju takvih distorzija. Najčešće su u ekonomskoj analizi:

- cijene inputa i outputa razmatrane za analizu troškova ili analizu troškova i koristi kao neto cijene bez PDV-a i ostalih neizravnih poreza (osim kada je PDV prihvatljiv trošak, vidjeti u nastavku);
- izostavljena su obična transferna plaćanja pojedincima, poput uplata za socijalno osiguranje;
- izostavljeni su nepredviđeni fizički i financijski troškovi.

Cilj ove korekcije je odrediti stupac faktora konverzije za pretvaranje tržišnih cijena u obračunske cijene. Na taj se način pored financijskih troškova i koristi uzimaju u obzir i socijalni troškovi i koristi projekta. Odnosno, faktori konverzije omogućuju korekciju tržišnih cijena od distorzija koje vrijednost udaljuju od vrijednosti dugoročne ravnoteže (transferi, državna pomoć itd.). Faktori konverzije omogućuju izračun socijalnih troškova uslijed ulaganja, tekućih troškova i obnovu kratkotrajne opreme.

Tekuće cijene inputa i outputa ne mogu odraziti njihovu socijalnu vrijednost zbog tržišnih distorzija. Može se dogoditi da tekuće cijene koje proizlaze iz nesavršenih tržišta i politike javnog sektora o određivanju ne uspiju odraziti oportunitetni trošak inputa. U nekim slučajevima to može biti važno za ocjenu projekata/mjera, odnosno financijski podaci, kao pokazatelji blagostanja, mogu dovesti do krivih zaključaka.

Izračun standardnog faktora konverzija za distorziju cijena inputa i outputa provodi se u skladu s metodologijom propisanom u *Vodiču za analizu troškova i koristi investicijskih projekata*. Za pretvaranje cijena iz financijske analize koristi se najčešće standardni faktor konverzije u visini 1.

Korekcije za eksterne troškove i koristi: Provedbom projekta/mjere mogu se stvoriti neki učinci koji prelaze s projekta na druge gospodarske subjekte bez ikakve nadoknade. Ti učinci mogu biti ili negativni ili pozitivni. Po definiciji, eksterne koristi i troškovi

(eksternalije) javljaju se bez monetarne nadoknade, pa ih je stoga potrebno procijeniti i vrednovati.

Eksternalije koje se ne mogu kvantificirati treba ipak pobrojati, kako bi se donositelju odluka dalo više elemenata za donošenje odluke ponderiranjem aspekata koji se mogu kvantificirati, izraženih kroz ekonomsku stopu povrata, nasuprot onih koji se ne mogu kvantificirati. Eksternalije se iskazuju u novčanim/monetarnim vrijednostima koliko god je to moguće, a ako ne postoje tržišni pokazatelji za njihovo monetarno vrednovanje, mogu se koristiti i različite metode kojima se „simulira“ djelovanje tržišta u smislu procijene vrijednosti takvih eksternalija.

Analiza troškova i koristi koristi ocjenjuje varijantu projekta/mjere uzimajući u obzir kvantificirane eksterne učinke. Samo se dio eksternih učinaka može procijeniti u monetarnom smislu, kad su za izračun korištene važeće tržišne cijene. Ostale koristi povezane s projektom/mjerom, koje se ne mogu jednostavno kvantificirati u monetarnom smislu, mogu se izračunati uz pomoć cijena u sjeni ili uz pomoć metoda kojima se simuliraju tržišni odnosi.

Iz tržišnih u obračunske cijene (cijene u sjeni): Pored fiskalnih distorzija i eksternih troškova i koristi, cijene od konkurentne (učinkovite) tržišne ravnoteže mogu udaljiti i drugi faktori: monopolistički režimi, trgovinske zapreke, propisi o radu, nepotpune informacije itd. U svim takvim slučajevima zapažene tržišne cijene su zavaravajuće i umjesto njih treba koristiti obračunske cijene (cijene u sjeni) koje odražavaju oportunitetne troškove inputa i spremnost potrošača da plate za outpute. Obračunske se cijene izračunavaju primjenom faktora konverzije na financijske cijene.

Svrha korištenja cijena u sjeni je ukloniti tržišne poremećaje iz računovodstvenih (financijskih) cijena. Cijene u sjeni se koriste kao faktor za troškove (i koristi, gdje je primjenjivo). Mogu se koristiti ili primjenom jedinstvenog standardnog konverzijskog faktora ili se može koristiti razrađeniji pristup na razini sektora ili faktori konverzije komponente troška. Ovo potonje zahtijeva detaljno razumijevanje kapitalnih i redovitih (operativnih) troškova projekta, uključujući sastav troškova (kapitalni i operativni) između kvalificiranog i nekvalificiranog rada i uvezene i domaće robe. Takve su informacije rijetko dostupne, pa se stoga u fazi pripreme projekta pretpostavke korištene za ovakvu raščlambu često mogu smatrati izrazito subjektivnima. U većini država članica cijene u sjeni se ne koriste (koristi se faktor 1) uz argument pripadnosti jedinstvenom otvorenom konkurentnom tržištu koje omogućuje slobodan transfer dobara i usluga.

Prema tome, postupak CBA ili ekonomskog vrednovanja počinje od utvrđivanja svih troškova i svih koristi od provedbe mogućih varijantnih rješenja. Kod analize troškova razmatraju se samo troškovi koji nastaju kod provedbe projekta. Troškovi i koristi utvrđuju se u najopćenitijem obliku kao:

- troškovi pripreme, zaposjedanja zemljišta i izvedbe zahvata/mjere (u nastavku: Tz)
- troškovi nadoknade izgubljenih vrijednosti stanovništvu i drugim zatečenim korisnicima prostora na lokaciji izgradnje i utjecaja zahvata/mjere (u nastavku: Ti),
- troškovi izgubljenih vrijednosti idućih generacija zbog zahvata/mjere (Tb),
- direktne/izravne koristi koje nastaju iz provedbe zahvata (Dv),
- indirektno/neizravne koristi koje proizlaze iz pratećih koristi zahvata (Iv),

- moguće koristi koje će zahvat/mjera dati budućim generacijama (Mv),
- neuporabne vrijednosti prostora koje se gube zahvatom/mjerom (Tv),
- neuporabne vrijednosti koje se dobivaju provedbom zahvata/mjere (Nv).

S motrišta najnižih troškova varijanta zahvata/mjere je najprihvatljivija ukoliko je ukupna suma svih troškova najniža.

S motrišta ekonomije okoliša može se smatrati da je zahvat društveno opravdan ukoliko se uspostavi sljedeći vrijednosni odnos (pri čemu su u svaku pojedinu vrijednost uključeni i njeni vremenski i prostorni aspekti, kao i rizici odstupanja od točne procjene):

$$Dv + Iv + Mv + Nv > Tz + Ti + Tb + Tv$$

Troškovi izgradnje/provedbe zahvata/mjere, koji uključuju i pripremu i zaposjedanje zemljišta (Tz) određuju se na temelju projektnih rješenja zamišljenog zahvata, u kojima su se troškovnički iskazala potrebna istraživanja, izgradnja i opremanje, a u ove se troškove uključuju i troškovi monitoringa, održavanje, kontrola, izbjegavanja šteta, smanjenja rizika i drugi troškovi vezane uz različite funkcije zahvata, s time što se moraju razlikovati jednokratne investicije (koje nastaju tijekom godina izgradnje zahvata) i redoviti godišnji troškovi koji u načelu nastaju tijekom korištenja zahvata/mjere.

Troškovi naknade izgubljenih vrijednosti (Ti) prema korisnicima zemljišta koje se zaposjeda i prema lokalnom stanovništvu određuju se u načelu na temelju utvrđivanja socijalno- demografske strukture i povijesnih (prirodnih) prava lokalnog stanovništva, odnosno kroz procjenu vrijednosti izgubljenih prava tradicionalnog korištenja područja zahvata, a ostalim korisnicima preko troškova njihove prilagodbe nametnutim ograničenjima ili novim zadanim uvjetima korištenja prostora.

Troškovi izgubljenih vrijednosti budućih generacija (Tb) javljaju se u slučajevima kada se zahvatom nepovratno gubi ili postupno troši neko od prirodnih dobara koje potpada pod neobnovljive resurse, kada se predviđa da će zbog toga buduće generacije biti za njih prikraćene ili će trošiti dodatna sredstva za njihovo nadomještanje drugim dobrima ili će skuplje plaćati preostale resurse. U slučaju mjera zelene infrastrukture ovi se troškovi nastoje potpuno izbjeći.

Troškovi zbog gubitka nekih neuporabnih vrijednosti prostora (Tv) do kojih dolazi izgradnjom zahvata su vrijednosti kojima nije određena tržišna cijena, budući se u načelu radi o takvoj vrsti dobara kao što su npr. krajobraz, način života lokalnog stanovništva, biološka raznolikost, koja su se uvijek smatrala zajedničkim dobrima, ali kojima se novčane vrijednosti ipak mogu odrediti nekim posrednim metodama. U slučaju mjera zelene infrastrukture i ovi se troškovi nastoje potpuno izbjeći.

U izravne ili direktne koristi (Dv) ili uporabne vrijednosti zahvata ulaze sve vrijednosti koje se ostvaruju kroz izgradnju i korištenje zahvata, odnosno kroz realizaciju mjere zelene infrastrukture. Ove se vrijednosti uglavnom procjenjuju prema analizama njihovih tržišnih vrijednosti.

U neizravne ili indirektno koristi (Iv) ili indirektno uporabne vrijednosti zahvata ulaze uglavnom koristi za druge korisnike istog prostora, koji neovisno o glavnim funkcijama

zahvata koriste i neke njegove druge uloge. I ove se vrijednosti uglavnom procjenjuju prema analizama njihovih tržišnih vrijednosti.

U moguće koristi zahvata primjerice za buduće generacije (Mv) ulaze koristi od otvaranja prilike za razvitak nekih novih djelatnosti u budućnosti, vezane uz sam zahvat, koje u vrijeme njegovog izvođenja nemaju trenutnog korisnika ili mogući korisnik u početno vrijeme uspostave zahvata nije zainteresiran ili ne sagledava svoje interese u njegovoj realizaciji. U moguće koristi zahvata/mjere treba ubrojiti i prilike koje taj zahvat otvara boljem korištenju nekih prirodnih resursa, posebno neobnovljivih.

U neuporabne vrijednosti koje se dobivaju zahvatom (Nv) ulaze kao koristi one vrijednosti kojima nije određena tržišna cijena, a kojima se izgradnjom zahvata poboljšavaju zatečeni uvjeti na općim dobrima.

Sve ove skupine troškova i koristi zahvata sadržavat će i specifične stavke jednokratnih, ali i višegodišnjih, pa i kontinuiranih troškova i koristi tijekom cijelog razdoblja korištenja zahvata, odnosno provedbe mjere.

Za ekonomsku analizu diskontiranje se vrši odabirom ispravne socijalne diskontne stope za izračun interne ekonomske stope povrata (ERR) od ulaganja. Preporuke Europske Komisije za socijalnu diskontnu stopu za države koje dobivaju sredstva iz Kohezijskih fondova kreću se od 2 do 5%.

U slučaju mjera sive infrastrukture u sustavima zaštite od voda, a ponekad i kod mjera zelene infrastrukture sve varijante imaju isti cilj, ali različite izravne i eksterne troškove i koristi pa se izbor u načelu može temeljiti na pojednostavljenoj analizi troškova i koristi (CBA). To uključuje diskontirani zbroj svih mjerodavnih troškova i koristi u ekonomskom vijeku projekta/mjere (troškova provedbe, operativnih troškova, troškova održavanja, izravnih, neizravnih, mogućih i neuporabnih koristi).

Specifičnost mjera zelene infrastrukture je međutim u tome što varijante najčešće trebaju objediniti postizanje različitih ciljeva, koji su s jedne strane vezani uz zaštitu od štetnog djelovanja voda i zaštitu voda, a s druge strane uz zaštitu usluga ekosustava. Uz to ove mjere mogu, osim značajnih troškova provedbe i zanemarivih budućih i neuporabnih troškova, imati i značajne izravne i neizravne ekonomske, socijalne i ekološke, u načelu povoljne učinke, odnosno eksternalije. Tako se za izbor najbolje varijante rješenja u obzir trebaju uzeti i zahtjevi postizanja različitih ciljeva i eksternalije, odnosno najznačajnije ostale izravne, neizravne, moguće i neuporabne koristi mjere. Varijante se mogu ispravno usporediti jedino kad se i svi ciljevi i svi učinci eksternalija uzmu u obzir, budući da eksternalije često imaju ključnu ulogu u donošenju odluka.

Polazeći od zbirnog pregleda koristi od provedbe mjera kod definiranja varijanata razmatraju se utjecaji svake pojedine vrste koristi na izbor najpovoljnije opcije te se zatim provodi vrednovanje onih koristi koje se po opcijama značajno razlikuju.

Provedbom pojednostavljene CBA utvrđuju se za sve varijante njihovi aspekti zaštite od štetnog djelovanja voda, kao gospodarski aspekti, dok se aspekti utjecaja na zaštitu voda, odnosno na stanje voda te na usluge ekosustava posebno razmatraju, te se varijante uspoređuju i prema ovim kriterijima, ukoliko njihovi ciljevi nisu jednaki za sve varijante. U tim slučajevima u izbor najbolje varijante usporedbe uključuju i višekriterijsko vrednovanje.

U tablici u nastavku (Tablica 3) prikazuje se mogući pristup višekriterijskom vrednovanju varijanata i načina njihovog rangiranja, bodovanja i ponderiranja njihovog značaja u ukupnoj ocjeni. Napominje se kako se kod zelene infrastrukture cilj poboljšanja usluga ekosustava smatra prioritarnim pa je za taj aspekt određen najviši ponder. Kako je kroz ODV i primjenu članka 4 ODV reguliran odnos ciljeva zahvata za zaštitu od štetnog djelovanja voda i ciljeva postizanja dobrog stanja voda, aspektu zaštite od voda pridodan je viši ponder.

**Tablica 3. Elementi za provedbu višekriterijske analize**

	Varijanta 1	Varijanta 2	Varijanta 3
Aspekt zaštite od voda			
Ponder	40%	40%	40%
Aspekt stanja voda			
Ponder	10%	10%	10%
Aspekt usluga ekosustava			
Ponder	50%	50%	50%
RANG			

#### Legenda:

Bodovi: 3 – najbolja varijanta; 1 – najslabija varijanta

Rang: 1 – najbolja varijanta; 3 – najslabija varijanta

Prvi korak u odabiru najbolje varijante je osim postavljanja varijanata/opcija i utvrđivanje svih elemenata potrebnih za usporedbu. Kod usporedbe varijanata prema aspektu zaštite od štetnog djelovanja voda koristi se CBA, dok se varijante po ostala dva aspekta uspoređuju temeljem kvantifikacije utjecaja u slučaju postizanja cilja dobrog stanja voda, odnosno temeljem ocjene utjecaja pojedinih elementa koji čine ukupne usluge ekosustava.

Varijante/opcije se postavljaju unutar područja razmatranja te se svi elementi utvrđuju za odabrano razdoblje razmatranja, koje u slučaju vodnogospodarskih projekata i mjera iznosi 30 do 50 godina (uključujući i razdoblje provedbe ukupnog zahvata).

Aspekti klimatskih promjena razmatraju se u okviru aspekta zaštite od štetnog djelovanja voda, preko koristi od izbjegnute štete, a aspekti zaštite usluga ekosustava uključeni su i u troškove rješenja i u neuporabne koristi. Odnosno, s obzirom na specifičnosti mjera zelene infrastrukture te na specifičnosti varijanata, aspekti zaštite okoliša, zaštite prirode, zaštite voda i zaštite lokalnog stanovništva sastavni su dio tehničkih elemenata varijanata i prema tome su obuhvaćeni u troškovima, a u koristima se, ukoliko ih nije moguće novčano vrednovati, iskazuju kroz kvalitativno vrednovanje i uspoređuju kroz višekriterijsku analizu.

U nastavku će se prvo prikazati, odnosno opisati pristup određivanju troškova provedbe mjera zelene infrastrukture te zatim pristup određivanju koristi od realizacije tih mjera, uključujući i pristup njihovoj kvantifikaciji i novčanom vrednovanju. Na kraju će se prikazati i pristup u povezivanju mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda, kako je to postavljeno u okviru Projekta VEPAR.

## 2.3.4 Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera

Tehnička rješenja pojedinih mjera zelene infrastrukture koje su vezane uz zaštitu od štetnog djelovanja voda nisu tipska i razlikuju su od slučaja do slučaja, ovisno o cijelom nizu uvjeta, kao što su:

- prirodni uvjeti,
- demografski, socijalni, kulturno-povijesni i ekonomski uvjeti,
- prostorni uvjeti,
- specifični vodni i vodnogospodarski uvjeti,
- ostali specifični uvjeti,

te njihovi međutjecaji i utjecaji njihovih kombinacija, ovisno o korisnicima. Kod toga treba uvijek voditi računa o prethodno navedenim načelima vezanim uz mjere zelene infrastrukture.

Zbog ovih se uvjeta tehnička rješenja pojedinih mjera zelene infrastrukture ne mogu unaprijed definirati pa se unaprijed ne mogu procijeniti niti okvirni troškovi njihove provedbe. Moguće je međutim sagledati i raščlaniti načela i postupke za određivanje troškova pripreme, provedbe i održavanja takvih mjera, te samo gdje je to moguće i opravdano iz sličnih primjera preuzeti okvirne ukupne troškove. Ovi okvirni troškovi prikazuju se jedino radi ukazivanja na troškovnu zahtjevnost provedbe pojedinih vrsta mjera zelene infrastrukture.

Sukladno tome u daljnjim razradama pojedinih mjera zelene infrastrukture (Knjige 2 do 5 ovih Smjernica) neće se posebno navoditi niti jedinične cijene pojedinih specificiranih elemenata ukupnog rješenja niti okvirne ukupne cijene za svaku mjeru, već će se naznačiti kako se za određivanje troškova mjera trebaju koristiti ove, u nastavku dane upute, koje su podijeljene prema vrstama troškova.

Kod utvrđivanja troškova mjera potrebno je razlikovati vrste troškove koji nastaju u okviru pripreme svake pojedine mjere, zatim troškove koji nastaju kod zaposjedanja zemljišta i uređenja zemljišta, pa troškove izvedbe pripadajućih vodnih građevina te operativne troškove i troškove održavanja svake razmatrane mjere. Najznačajniji troškovi provedbe su:

- troškovi pripreme projekta uključujući vođenje i nadzor projekta,
- troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta na području projekta i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata,
- troškovi izgradnje,
- operativni troškovi i troškovi održavanja,
- ostali troškovi zaštite voda o poboljšanja usluga ekosustava.

### Pripremni troškovi



Pripremni troškovi u načelu obuhvaćaju sve troškove koji nastaju do početka zaposjedanja i uređenja zemljišta i do početka radova na izgradnji pripadajućih vodnih građevina. To su općenito sljedeći troškovi:

- organizacije i vođenja projekta, ishođenja potrebnih dozvola i uvjeta te osiguranja potrebnih financijskih sredstava,
- prikupljanja podloga,
- provedbe istražnih radova, uključujući i različite oblike ispitivanja i modelskih analiza,
- priprema geodetskih podloga i utvrđivanje vlasničkih prava,
- izrade studijske i projektne dokumentacije,
- izrade studije izvodljivosti i tenderske dokumentacije za izvedbu radova.

Ovisno o složenosti mjere za koju se provode pripremni radovi uključeni u ove pripremne troškove svaka pojedina vrsta ovih troškova može imati vrlo široki raspon vrijednosti.

Primjerice, zbog prostornog obuhvata i višenamjenskih značajki ovih mjera troškovi istražnih radova mogu biti izrazito visoka stavka u ovim troškovima. Napominje se pri tome kako prioriteta u zaštiti prirode mogu zahtijevati velike i dugotrajne troškove istraživanja. S tim troškovima mogu biti ravnopravni i troškovi pripreme geodetskih podloga vezano uz utvrđivanje granica obuhvata mjere i utvrđivanje vlasničkih prava.

Kako niti jednu od ovih stavki nije moguće procijeniti i prikazati u pouzdanom obliku, u nastavku, u prikazu svake pojedine mjere zelene infrastrukture (u podpoglavljima knjiga 2 do 5 Smjernica pod naslovom „Projektiranje mjere“), samo će se razraditi okvirni opseg potrebne pripreme podloga, istraživanja i ispitivanja, odnosno proračuna, kao najčešće najvećih stavki troškova pripreme.

Za preostale stavke troškova pripreme može se samo okvirno i za prvi korak u planiranju mjere procijeniti njihov utjecaj na ukupne troškove mjere u rasponu od 0,5 do 5% cijelog iznosa investicije, ovisno o veličini obuhvata i o složenosti mjere. U pojedinim slučajevima moguća su i odstupanja od tog raspona.

### Troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta

Većina mjera zelene infrastrukture vezane uz zaštitu od štetnog djelovanja voda imaju značajni prostorni obuhvat, a posebice se to odnosi na mjere povećanja kapaciteta okoliša za prihvat vode (obnova meandara, obnova i reintegracija rukavaca i mrtvaja, obnova poplavnih područja, retencijski bazeni i bare, ponorske zone, obnova jezera, obnova močvara, šumski pokrivač u izvorišnim područjima, obrana obalnih područja od poplava). Kod ovih i drugih sličnih mjera troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta radi provedbe mjere mogu biti ključni kod razmatranja mogućih rješenja.

Prvi korak u postupku određivanja ovih troškova je utvrđivanje prostora obuhvata mjere, kod kojeg se razlučuje prostor obuhvata pripadajućih građevina i prostor obuhvata redovitog godišnjeg plavljenja od preostalog obuhvata područja mjere, a koji se određuje kao poplavno područje koje se plavi povremeno, u 10, 25, 100 ili 1000-godišnjim povratnim razdobljima. Prema tome određuju se u prvom slučaju površine koje ulaze u otkup zemljišta i u drugom slučaju površine na kojima se zadržava postojeća djelatnost uz

određene prilagodbe i uz kompenzacije, odnosno naknade korisnicima tih površina u slučajevima povremenih plavljenja.

Područje otkupa i područje kompenzacija određuju se kroz razradu tehničkog rješenja i kroz proračune poplavnih događaja sa i bez provedbe razmatrane mjere. Primjerice kod formiranja retencije za smanjivanje poplavnih valova u nizvodnom području tehničkim rješenjem brane i pripadajućih objekata određuje se područje otkupa, a proračunom potrebnog retencijskog kapaciteta prema morfologiji prostora uzvodno od brane određuju se granice obuhvata područja kompenzacije.

Granice obuhvata otkupa određuju se prema granicama pripadajućih građevina, koje uključuju i koridore za izgradnju i buduće koridore za radove na održavanju. Troškovi otkupa određuju se prema utvrđenim katastarskim česticama, njihovim površinama i njihovom udjelu u obuhvatu, te prema tržišnoj vrijednosti zemljišta takve i slične namjene u širem okruženju. Tržišna vrijednost zemljišta može se odrediti prema cijenama po m<sup>2</sup> ili ha registriranih novijih kupoprodaja ili prema utvrđenim godišnjim prihodima na tim ili sličnim parcelama, sve sukladno važećim zakonskim uvjetima.

Granice obuhvata kompenzacijskih troškova određuju se prema proračunatim ili utvrđenim granicama dosega mjere zelene infrastrukture, kao što je primjerice doseg područja plavljenja kod retencija ili obnovljenih poplavnih područja. Podloge za utvrđivanje kompenzacijskih troškova su iste kao i kod određivanja troškova otkupa (katastarske čestice, površine, udjeli u obuhvatu), ali se cijena kompenzacije određuju isključivo prema utvrđenim ili mogućim prihodima vlasnika parcela koje ulaze u obuhvat. Pri tome se uspostavljaju rasponi naknada za kompenzacije uslijed povremenog plavljenja, ovisno o pojavi plavljenja (izvan ili tijekom vegetacijskog razdoblja) i ovisno o trajanju plavljenja.

Kako kompenzacijski troškovi ovise i o vrstama kultura i o načinu poljoprivredne proizvodnje koju koriste vlasnici parcela u obuhvatu, osim izravnih kompenzacija moguće su i neizravne, kojima se vlasnicima pomaže u uspostavi otpornijih i profitabilnijih kultura prilagođenih novim uvjetima korištenja područja obuhvaćenih mjerama zelene infrastrukture.

Kompenzacijski troškovi mogu se odnositi i na troškove vezane uz zaštitu okoliša i zaštitu prirode, te ih se u takvim slučajevima određuje kroz postupke ocjene prihvatljivosti mjere za okoliš i prirodu.

Po svojim značajkama troškovi otkupa su jednokratni i javljaju se na početku realizacije mjere, dok su kompenzacijski troškovi povremeni (nastupaju s poplavnim događajima) ili kontinuirani kraćeg trajanja (u slučaju neizravnih kompenzacija).

Napominje se kako i troškove otkupa i troškove kompenzacija treba određivati od slučaja do slučaja, jer primjerice jedinična cijena poljoprivrednog zemljišta ovisi o regiji, namjeni i korištenju i može se višestruko razlikovati (okvirno od 0,5 do preko 200 €/m<sup>2</sup>), kao što se mogu razlikovati i godišnji prihodi od kultura (okvirno od 500 do preko 15.000 €/ha).

### Troškovi izgradnje vodnih građevina

Troškovi izvedbe za mjere zelene infrastrukture, a koje su vezane uz sustave zaštite od štetnog djelovanja voda, odnose se prije svega na troškove izgradnje vodnih građevina, koje su najčešće u nekom obliku sastavni dio tih mjera zelene infrastrukture.



Svi mogući oblici vodnih građevina vezanih uz zaštitu od štetnog djelovanja voda prikazani su u okviru *Općih tehničkih uvjeta za radove u vodnom gospodarstvu* u obliku opisa i uvjeta oblikovanja i sastavnih konstruktivnih elemenata svake od prikazanih vodnih građevina, uključujući i njihove grafičke prikaze [24].

Način njihovog izbora, uklapanja, oblikovanja i dimenzioniranja za potrebe rješenja mjera zelene infrastrukture predmet je projektantskih radova, temeljenih na podlogama, istraživanjima, proračunima, načelima struke i iskustvu, ali uz napomenu kako se u slučaju višenamjenskih rješenja kod njihovog osmišljavanja treba voditi računa ne samo o uvjetima upravljanja vodama već i o uvjetima drugih korisnika ovih mjera.

U okviru projektnih rješenja, osim što se za vodne građevine određuju njihove dimenzije, također se određuju i vrste radova, materijala i opreme, kakvoća materijala, opreme i izvedbe te ostali tehnički uvjeti bitni za funkcionalnost, stabilnost, sigurnost i trajnost takve građevine. Također u okviru projektnih rješenja iz utvrđenih dimenzija i ostalih tehničkih uvjeta za svaku se vodnu građevinu određuju količine potrebnih radova i količine potrebnih materijala, kao i posebni tehnički uvjeti za njihovu izvedbu te se za sve vrste radova definiraju troškovničke stavke (vrste radova povezane s tehničkim opisom elemenata rješenja, s posebnim tehničkim uvjetima i s uvjetima osiguranja i kontrole kakvoće izvedbe, te s određenim mjernim jedinicama, količinama radova i pripadajućih materijala i opreme).

Za tako definirane količine radova i materijala prema troškovničkim stavkama provodi se kalkulacija za određivanje troškova po svakoj od stavki. Kalkulacije se provode temeljem posebnog stručnog priručnika (primjerice vidjeti: *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji, Hrvatske vode, 2004.*) u kojem su za sve vrste radova i materijala koji se koriste u vodogradnjama definirane njihove jedinične cijene usklađene s važećim tržišnim odnosima.

Budući da izvedba vezana uz mjere zelene infrastrukture ovisi o izboru vrste i uloge vodnih građevina u svakoj od razmatranih mjera te o dimenzijama i općim i posebnim uvjetima izgradnje, nije moguće procijeniti niti okvirne troškove takve izvedbe.

Napominje se međutim kako je izvođenje ovih radova moguće raščlaniti na uobičajene faze izgradnje, koje polaze od pripremnih radova (kao što su primjerice iskolčenje, čišćenje terena, priprema gradilišta, osiguranje pristupnih putova, osiguranje priključaka gradilišta), zatim zemljanih radova (iskopi, nasipavanja, građevne jame, otvaranje nalazišta materijala), preko radova visokogradnje (postavljanje oplata, armiranje i betoniranje) do obrtničkih radova, montaže opreme i završnih radova (čišćenje gradilišta, krajobrazno uređenje). Sukladno takvoj raščlambi za okvirne količine radova i materijala moguće je provesti, radi preliminarnih analiza, a prema iskustvu, procjenu vrijednosti pojedinih faza izgradnje. Tako je u nastavku za pojedine mjere zelene infrastrukture u knjigama 1 do 5 Smjernica, vezano uz provedenu raščlambu faza izgradnje, ostavljena mogućnost određivanja okvirne jedinične vrijednosti pojedinih ključnih radova.

Napominje se također kako je uobičajeno kod određivanja troškova izvedbe predvidjeti i troškove nepredviđenih radova, naknadnih radova te povećanja predviđenih količina radova. Ovi troškovi obračunavaju se prema troškovnicima izvedenih radova, a prema složenosti izvedbe procjenjuje ih se na iznose 5 do 10% ukupne cijene glavnih radova.

#### Operativni troškovi i troškovi održavanja

Operativni troškovi i troškovi održavanja izvedenih i uspostavljenih mjera zelene infrastrukture nastupaju po završetku izvedbe, a procjenjuju se temeljem usvojenih tehničkih rješenja, zadanih funkcija i posebnih uvjeta. Ovi se troškovi u načelu objedinjavaju i provode kroz plan upravljanja svakom pojedinom mjerom zelene infrastrukture.

Operativni troškovi po svojoj su koncepciji i strukturi slični operativnim troškovima sustava obrana od poplava. Takvi troškovi nastupaju u vrijeme poplavnih događaja i traju dok se ne saniraju sve štete nastale tijekom takvih događaja. U njih ulaze troškovi nadležnih službi zaduženih za upravljanje pojedinim mjerama zelene infrastrukture, kao i troškovi zbog prekida gospodarskih aktivnosti, rada hitnih službi, evakuacija i drugih smetnji za korisnike prostora i lokalno stanovništvo, čišćenja nakon poplava, smetnji u prometu te izgubljenih prilika, koje je teško utvrditi jer se poplavni događaji u prošlosti nisu pratili na takav način te zbog toga nedostaju pouzdani podaci za procjene.

U načelu se koriste literaturni podaci, a na raspolaganju su i neke preporuke. Tako se za preliminarnu procjenu predlaže ove troškove odrediti u odnosu na moguće direktne štete od poplava na područjima obuhvata mjere zelene infrastrukture u iznosu od 7 do 15 % direktnih šteta (prema *VPB & Euronatur: „Sava environmental impact assessment of the Sava river flood control project“, 2001.* i *Hrvatske vode: Projekt Sava-nastavak vodnogospodarskog uređenja sustava obrane od poplava u Srednjoj Posavini, 1999.*, odnosno prema *Kates R.W.: „Hazard and Choice Perception in Flood Plain Management“, University of Chicago, Department of Geography Research, Paper No. 78, 1962.*).

Napominje se i kako se ranije opisani kompenzacijski troškovi vezani uz zaposjedanje i uređenje zemljišta mogu podvesti pod operativne troškove, a u njih se mogu uključiti i drugi troškovi vezani uz zaštitu okoliša i zaštitu prirode predviđeni posebnim uvjetima.

U troškove održavanja treba uključiti troškove redovitog održavanja funkcionalnosti sustava (primjerice košnja i uklanjanje raslinja s poplavnih površina i iz korita vodotoka, održavanje vodnih građevina, održavanje protočnosti kanala i drugih elemenata odvodnje područja), zatim troškove praćenja stanja ukupnog sustava te troškove praćenja okolišnih i prirodnih značajki (provedba monitoringa) važnih za uspostavu i održavanje poželjnih usluga ekosustava na području provedbe mjera zelene infrastrukture.

Samo za preliminarne procjene ovih troškova preporuča se, ovisno o složenosti razmatrane mjere, predvidjeti iznos u rasponu od 0,5 do 4 % troška ukupne investicija.

#### Ostali troškovi

Ostali troškovi, kako je naprijed navedeno, mogu biti vezani uz ostvarivanje drugih ciljeva mjera zaštite, odnosno cilja postizanja dobrog stanja voda i cilja poboljšanja ukupnih usluga ekosustava. U utvrđivanju ovih troškova sudjeluju svi zainteresirani dionici, kroz utvrđivanje posebnih zahtjeva za tehnička rješenja i način korištenja razmatrane mjere, nakon čega se ovi zahtjevi uključuju kao sastavni dio rješenja u sve naprijed navedene grupe troškova.

### **2.3.5 Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i pratećih mjera analizirane su sa stanovišta:

- upravljanja rizicima od poplava;
- upravljanja stanjem vodnih tijela;
- poboljšanja ostalih usluga ekosustava.

Koristi se analiziraju u odnosu na koristi koje bi proizašle implementacijom sivih, odnosno klasičnih mjera zaštite od štetnog djelovanja voda, ako se mjere zelene infrastrukture primjenjuju na područjima koja su već zaštićena od poplava, erozija i/ili bujica. Ako se mjere zelene infrastrukture izvode na nebranjanim područjima tada se koristi određuju u odnosu na zatečeno stanje.

#### Koristi u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda

Koristi koje se pojavljuju u mjerama zelene infrastrukture vezano uz upravljanje rizicima od poplava i drugim rizicima od štetnog djelovanja voda dijele se na sljedeće vrste koristi:

- izravne koristi od izbjegnutih šteta od poplava, erozije i bujica na materijalnoj imovini,
- neizravne koristi od izbjegnutih mjera i postupanja tijekom i nakon nastupanja štetnih događaja,
- neizravne koristi od izbjegnutih gubitaka ljudskog kapitala.

Ove vrste koristi moguće je kvantificirati, te u prvom i drugom slučaju odrediti njihovu novčanu vrijednost prema stvarnim tržišnim odnosima, a u trećem slučaju kvantifikacija je moguća uz primjenu metoda kojima se simuliraju tržišni odnosi. Postupak pripreme podloga za njihovu kvantifikaciju i vrednovanje ukratko je opisan u nastavku.

Napominje se kako uz ove izravne i neizravne koristi mjere zelene infrastrukture osiguravaju i neuporabne koristi od poboljšanja stanja voda i od poboljšanja usluga ekosustava. One se u načelu sagledavaju metodama kojima se simuliraju tržišni odnosi, u slučajevima kada se ove koristi uključuju u višenamjenska rješenja, ali najčešće ove su koristi uključene u posebnu kvantifikaciju ili ocjenjivanje aspekata zaštite voda i usluga ekosustava.

Kod pripreme projekata zaštite od štetnog djelovanja voda, uključujući i projekte za realizaciju mjera zelene infrastrukture u funkciji zaštite od voda, polazi se od analize rizika od poplava (erozija, bujica) za postojeće stanje sustava zaštite na ukupnom slivu koji se razmatra. Analize rizika od poplava za postojeće stanje pri tome obuhvaćaju:

- izradu karata opasnosti od poplava (karata obuhvata poplava i dubina, odnosno brzina vode za različite vjerojatnosti pojave poplava),
- izradu karata ranjivosti od poplava (karata s prikazom broja stanovnika, materijalnih dobara i gospodarskih aktivnosti, te izvora onečišćenja okoliša koji ulaze u obuhvat poplava za različite vjerojatnosti njihove pojave),
- izradu karata šteta, odnosno potencijalnih štetnih posljedica poplava različite vjerojatnosti njihove pojave,
- numerički izračun rizika od poplava na područjima obuhvata poplava različite vjerojatnosti njihovog pojavljivanja.

Ukupna analiza rizika od poplava za postojeće stanje polazi od prethodnih prostornih analiza ukupnog sliva, kroz koje su utvrđeni „glavni“ sadržaji u prostoru važni za izradu

karata ranjivosti, te od hidrološko-hidrauličkih obrada i analiza razmatranih vodotoka na slivu, temeljem kojih su za odabrana povratna razdoblja hidrološko-hidrauličkim analizama proračunate razine velikih voda, te tako određeni obuhvati poplava koji su podloga za izradu karata opasnosti od poplava.

Povratna razdoblja, odnosno vjerojatnosti pojavljivanja velikih voda, koje su izabrane za prikaze i za daljnje analize rizika od poplava, najčešća su za male i srednje vjerojatnosti pojavljivanja za 1000 i 100-godišnje velike vode, dok se temeljem rezultata hidrološko-hidrauličkog modela za velike vjerojatnosti pojavljivanja velikih voda najčešće odabiru za prikaz povratna razdoblja za 25-godišnje i 10-godišnje velike vode.

Karte opasnosti za sve razmatrane dijelove ukupnog sliva prikazuju obuhvate od poplava i dubine vode za pojedine vjerojatnosti pojavljivanja te se one dalje koriste za prikaze, odnosno izradu karata ranjivosti (broj stanovnika, materijalnih dobara i gospodarskih aktivnosti te izvori onečišćenja okoliša u obuhvatu poplava pojedinih vjerojatnosti pojavljivanja). Karte ranjivosti za sve razmatrane dijelove ukupnog sliva izrađene su također sukladno pristupu i uputama, a na temelju prethodnih prostornih analiza izvršenih u GIS-u, ali i na temelju metodologije koja je primijenjena za izradu karata šteta.

Metodologije koje se primjenjuju za izradu karata šteta zbog svoje složenosti neće se posebno opisivati. Dovoljno je napomenuti kako je za izračun šteta Republika Hrvatska usvojila za makro i mezo razinu analiza model NACER (SLconsult, 2014.).

Štete se grafički prikazuju na kartama šteta, kao prostorna raspodjela potencijalnih štetnih posljedica poplavnih događaja iskazanih po jedinici površine i u funkciji povratnog razdoblja poplavnog događaja. Potencijalne štetne posljedice su umnožak ranjivosti, odnosno procijenjene vrijednosti određene vrste materijalnih dobara na razmatranom elementu poplavnog područja iskazane novčano, zatim osjetljivosti, odnosno vjerojatnosti određene posljedice iskazane faktorom u vrijednosti između 0 i 1, te izloženosti, odnosno vjerojatnosti da je određeno dobro prisutno na poplavnom području u vrijeme poplave, iskazana faktorom u vrijednosti između 0 i 1.

Karte šteta kako je navedeno koriste se za izračun šteta od poplava po pojedinim razmatranim dijelovima ukupnog sliva za različita povratna razdoblja velikih voda, te su na temelju tih rezultata određeni i rizici od poplava, integracijom funkcija šteta u ovisnosti o vjerojatnosti njihove pojave. Ovim se proračunom utvrđuje prosječna godišnja šteta od poplavnih događaja po pojedinim dijelovima ukupnog sliva, odnosno iznos izravnih/direktnih i novčano mjerljivih štetnih posljedica od poplava (štetnih posljedica isključivo na materijalnim dobrima) za sadašnje stanje obrane od poplava na slivu. Isti se postupak može primijeniti i za određivanje drugih oblika štetnog djelovanja voda (bujice, erozije). Utvrđene prosječne godišnje štete kod izvedbe sustava zaštite od štetnog djelovanja voda postaju izbjegnute štete, odnosno izravne koristi od izgradnje sustava, u ovom slučaju mjera zelene infrastrukture.

Napominje se međutim kako osim izravnih/direktnih treba odrediti i indirektno/neizravne novčano mjerljive štete od poplava (prekid gospodarskih aktivnosti, rad hitnih službi, evakuacije i druge smetnje za lokalno stanovništvo, čišćenja nakon poplava, smetnje u prometu, izgubljene prilike i drugo), koje je pak teško utvrditi jer se poplavni događaji u prošlosti na slivovima najčešće nisu pratili na takav način te zbog toga nedostaju pouzdani podaci za procjene. U načelu se koriste literaturni podaci i iskustva s drugih sličnih slivova.

Izgradnjom sustava zaštite od štetnog djelovanja voda ove neizravne štete se izbjegavaju te postaju neizravne koristi od uspostave mjera.

Osim novčano mjerljivih šteta u analize rizika u načelu treba uključiti i neizravne novčano nemjerljive štete, koje obuhvaćaju ona dobra u prostoru ugrožena poplavama koja nemaju tržišnu vrijednost, a to su ljudsko zdravlje i životi ljudi, odnosno gubitak ljudskog kapitala, te također kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se u vrednovanje uz CBA uključiti i MCA, odnosno nematerijalne štete vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski.

Kako je u slučaju zaštite od štetnog djelovanja voda dominantni utjecaj izbjegnutih štetnih događaja osim na materijalna dobra još i na ljudske živote i ljudsko zdravlje, u analizama rizika težište se često stavlja na ovaj utjecaj. Utjecaj na kulturna dobra može se procijeniti tek nakon pripreme karata ranjivosti (utvrđivanjem vrste i broja kulturnih dobara u obuhvatu poplava), a utjecaj na ekosustave tek po određivanju zatečenog stanja tih ekosustava koja ulaze u razmatranje poplavnih rizika.

Sve ove novčano nemjerljive koristi bez usvojenih smjernica u novčanom se smislu ne određuju, ali se radi cjelovitosti procjena ukupnih šteta i dokazivanja ukupne ekonomske opravdanosti ulaska u izgradnju skupih i složenih sustava za obranu od poplava, bujica i erozije, a u nedostatku vlastitih podataka i istraživanja, mogu uzeti preliminarno procjene vrijednosti i takvih šteta kod sličnih događaja na drugim slivovima (primjerice, prema izvještaju *Penning-Rowell EC, Chatterton JB, Wilson T, and Potter E 2002 Autumn 2000 floods in England and Wales: assessment of national economic and financial losses FHRC, London*).

Kao dodatni element procjene rizika od štetnih događaja vezanih uz zaštitu od voda za postojeće stanje razmatra se utjecaj klimatskih promjena na hidrološke prilike i posljedično na poplavne događaje. Načelno se očekuje nepovoljan utjecaj klimatskih promjena na poplavne događaje, budući da se očekuje povećanje vjerojatnosti ekstremnih hidroloških pojava pa tako i velikih voda. Kako će se klimatske promjene odražavati na poplavne događaje preko promjena oborina i preko promjene uvjeta otjecanja na slivu, za što bi bile potrebne posebne analize, mogu se primijeniti posredne procjene ovih utjecaja.

#### Koristi u zaštiti voda

Koristi od mjera zelene infrastrukture u zaštiti voda pojavljuju se kao povoljni utjecaji tih mjera na popravljana kakvoće voda, odnosno sukladno ciljevima ODV, kao koristi od postizanja dobrog stanja voda.

U analizi koristi od provedbe mjera zelene infrastrukture sa stanovišta postizanja dobrog stanja voda, odnosno dobrog stanja vodnih tijela, načelno se razmatra utjecaj zahvata/mjera na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela propisane Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 96/19) [20]. Pri tome se razmatraju povoljni utjecaji na biološke, fizikalno-kemijske i hidromorfološke elemente stanja površinskih voda (Tablica 4), dok se procjenjuje da zelena i zeleno-siva rješenja nemaju značajnijeg utjecaja na kemijsko stanje voda. Napominje se kako u pojedinim slučajevima utjecaj zelene



infrastrukture može imati utjecaj i na stanje podzemnih voda, odnosno na količinsko stanje vodnih tijela podzemnih voda.

**Tablica 4. Elementi ekološkog stanja voda na koje mjere zelene infrastrukture pozitivno djeluju**

elementi ekološkog stanja voda	skupine elemenata ekološkog stanja
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	biološki elementi
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	hidromorfološki elementi
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	fizikalno-kemijski elementi
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

Sve ove utjecaje moguće je kvantificirati, prema načelima kojima se kroz ODV određuje stanje voda, kroz svrstavanje u stanja: vrlo dobro, dobro, umjereno, loše i vrlo loše, kako prema fizikalno-kemijskim, tako i prema hidromorfološkim i biološkim parametrima. Međutim, novčano vrednovanje ovih stanja moguće je samo neizravno, preko različitih načina korištenja voda ili preko metoda simulacije tržišnih odnosa.

Kako je već prethodno navedeno, novčano vrednovanje se provodi samo u slučajevima kada su ovi povoljni utjecaji značajni i uključeni u višenamjensko rješenje, prije svega zbog složene pripreme podloga, te također specifičnosti sagledavanja neizravnih koristi. Primjerice, povoljni utjecaj mjera na hidrološko, odnosno hidromorfološko stanje vodnih tijela površinskih voda tekućica ili na količinsko stanje vodnih tijela podzemnih voda moguće je posredno novčano vrednovati preko smanjenih troškova zahvata podzemnih voda i smanjenih rizika od suša, što zahtijeva uključivanje u utvrđivanje ovih koristi podloga koje nisu izravno povezane s razmatranom mjerom.

Dodatni problem vezan uz određivanje koristi od mjera zelene infrastrukture s aspekta njihovog utjecaja na stanje voda je nepouzdanost procjene i kvantifikacije tih utjecaja na fizikalno-kemijske i biološke parametre. Odnosno, te je utjecaje moguće kvantificirati u specifičnim slučajevima, kada su na raspolaganju pouzdana dugoročna mjerenja zatečenog stanja vodnih tijela na potezu zahvata/mjere i kada su dostupni pouzdani rezultati kod izvedenih sličnih mjera i koji su primjenjivi u razmatranom slučaju.



Zbog toga se preporuča koristiti dva pristupa. Prvi pristup je ocjenjivanje razine pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, posebno u slučajevima kada mjere nemaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela.

U drugom se pristupu za određivanje koristi od varijanata mjera zelene infrastrukture s aspekta stanja voda kao pouzdanu kvantifikaciju koristiti postupak ocjene hidromorfološkog stanja razmatranih vodnih tijela prije i nakon provedbe mjere. Napominje se kako značajne promjene hidromorfološkog stanja vodnog tijela dovode i do postupnih promjena i u fizikalno-kemijskim i biološkim pokazateljima, te se posredno kvantifikacijom i usporedbom hidromorfoloških parametara mogu utvrditi i očekivanja promjena u svim elementima koji određuju ukupno ekološko stanje vodnog tijela.

Postupak kvantifikacije hidromorfološkog stanja vodnih tijela površinskih voda posebno je razrađen u okviru Projekta VEPAR, u posebnom podprojektu: *Analiza utjecaja građevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava na hidromorfološko stanje vodnih tijela, Metodologija za procjenu utjecaja građevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava na hidromorfološko stanje vodnih tijela, Elektroprojekt, 2021.* (u nastavku skraćeno: Analiza građevinskih mjera).

U knjigama 2 do 5 Smjernica će se neovisno o prethodnom prikazu predloženih pristupa u određivanju koristi s aspekta zaštite voda radi općenitosti koristiti pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), prema prethodnoj tablici (Tablica 4).

#### Koristi od unaprjeđenja usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelenog odnosno zeleno-sivog rješenja primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, aktualna verzija 5.1. (2018), koju je za Europsku okolišnu agenciju izradila konzultantska britanska tvrtka Fabis Ltd. [21, 22]. Prema navedenoj se klasifikaciji usluge ekosustava kategoriziraju na:

- opskrbe;
- regulacijske i podržavajuće/podupirajuće;
- kulturološke.

Svaka kategorija dalje je podijeljena na biotičke i abiotičke usluge. Opskrbne usluge ekosustava uključuju dobrobiti za ljude vezane uz prehranu, građu i energiju. Regulacijske i podržavajuće/podupirajuće usluge odnose se na ublažavanje štetnog djelovanja otpadnih, toksičnih i drugih štetnih tvari, a koje se odvija kroz životne procese, primjerice razgradnju štetnih tvari, koju provode živa bića. U ovu kategoriju također spada ublažavanje odrona, poplava i zračnih strujanja, npr. oluja, kao i održavanje fizikalnih, kemijskih i bioloških uvjeta na ukupnom području zahvata. Kulturološke usluge predstavljaju različite nematerijalne i nepotrošne vrste dobrobiti za stanovništvo, kao što su primjerice fizičke i intelektualne interakcije, kao i duhovne, simboličke i ostale interakcije s prirodom, a koje su vezane uz živa bića ili prirodne procese, uključujući različite biljne i životinjske vrste, staništa ili cijele ekosustava. Pojašnjenje svake usluge ekosustava dano je u tablici u nastavku (Tablica 5).

Napominje se kako se ove usluge samo u manjem broju slučajeva mogu kvantificirati, a novčano vrednovanje moguće je uglavnom uz korištenje metoda simulacije tržišnih odnosa. Zbog toga se u načelu koristi od usluga ekosustava samo ocjenjuju, kako je to prikazano u nastavku.

Tablica 5. Usluge ekosustava prema CICES klasifikaciji

kategorija	odjeljenje	grupa	razred	
1. opskrbne biotičke usluge	1.1. biomasa	1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	1.1.1.1. kultivirane kopnene biljke (uključujući gljive i alge) za prehranu	
			1.1.1.2. vlakna i drugi materijali iz kultiviranih kopnenih biljaka, gljiva, algi i bakterija za direktnu upotrebu ili obradu (ne uključuje genetski materijal)	
			1.1.1.3. kultivirane kopnene biljke (uključujući gljive i alge) za izvor energije	
		1.1.2. kultivirane vodene biljke za prehranu, materijale ili energiju	1.1.2.1. kultivirane vodene biljke uzgojene za prehranu	
			1.1.2.2. vlakna i drugi materijali iz kultiviranih vodenih biljaka uzgojenih za direktnu upotrebu ili obradu (ne uključuje genetski materijal)	
			1.1.2.3. vodene biljke uzgojene za izvor energije	
		1.1.3. kultivirane kopnene životinje za prehranu, materijale ili energiju	1.1.3.1. kopnene životinje uzgojene za prehranu	
			1.1.3.2. vlakna i drugi materijali iz kopnenih životinja uzgojenih za direktnu upotrebu ili obradu (ne uključuje genetski materijal)	
			1.1.3.3. kopnene životinje uzgojene za izvor energije (uključujući mehaničku)	
		1.1.4. kultivirane vodene životinje za prehranu, materijale ili energiju	1.1.4.1. vodene životinje uzgojene za prehranu	
			1.1.4.2. vlakna i drugi materijali iz vodenih životinja uzgojenih za direktnu upotrebu ili obradu (ne uključuje genetski materijal)	
			1.1.4.3. vodene životinje uzgojene za izvor energije	
		1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	1.1.5.1. divlje biljke (kopnene i vodene, uključujući gljive i alge) za prehranu	
			1.1.5.2. vlakna i ostali materijali iz divljih biljaka za direktnu upotrebu ili obradu (ne uključuje genetski materijal)	
			1.1.5.3. divlje biljke (kopnene i vodene, uključujući gljive i alge) za izvor energije	
		1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	1.1.6.1. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu	
			1.1.6.2. vlakna i ostali materijali iz divljih životinja za direktnu upotrebu ili obradu (ne uključuje genetski materijal)	
			1.1.6.3. divlje životinje (kopnene i vodene) za izvor energije	
	1.2. genetski materijal			1.2.1.1. sjeme, spore i ostali biljni materijal za održavanje ili osnivanje populacija

kategorija	odjeljenje	grupa	razred
	(uključujući proizvodnju sjemena, spora ili gameta)	1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	1.2.1.2. niže i više biljke (čitavi organizmi) za stvaranje novih sorta ili varijeteta
		1.2.2. genetski materijal životinja	1.2.1.3. individualni geni izolirani iz viših ili nižih biljaka za stvaranje novih vrsta
			1.2.2.1. životinjski genetski materijal za održavanje ili osnivanje populacija
			1.2.2.2. divlje životinje (čitavi organizmi) za stvaranje novih sorta ili varijeteta
	1.2.2.3. individualni geni izolirani iz životinja a stvaranje novih vrsta		
1.3. druge vrste opskrbnih usluga iz biotičkih izvora	1.3.x. drugo	1.3.x.x. drugo	
2. regulacijske i podržavajuće /podupirajuće biotičke usluge	2.1. transformacija biokemijskih ili fizičkih unosa u ekosustav	2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	2.1.1.1. bioremedijacija od strane mikroorganizama, algi, biljaka i životinja
			2.1.1.2. filtracija / sekvestracija / skladištenje / akumulacija od strane mikroorganizama, algi, biljaka i životinja
		2.1.2. smanjenje štetnog djelovanja antropogenog porijekla	2.1.2.1. smanjenje neugodnih mirisa
			2.1.2.2. smanjenje buke
			2.1.2.3. smanjenje negativnog vizualnog doživljaja
		2.2. regulacija fizičkih, kemijskih i bioloških uvjeta	2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta
	2.2.1.2. smanjenje kretanja mase		
	2.2.1.3. regulacija hidrološkog ciklusa i toka vode (uključujući kontrolu poplava i zaštitu obale)		
	2.2.1.4. zaštita od vjetrova		
	2.2.1.5. zaštita od požara		
	2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena		2.2.2.1. oprašivanje (ili rasprostranjivanje gameta u morskom ekosustavu)
			2.2.2.2. rasprostranjivanje sjemenki
			2.2.2.3. održavanje staništa za razmnožavanje i rast (uključujući zaštitu genetskog bazena)
	2.2.3. kontrola štetnika i bolesti		2.2.3.1. kontrola štetnika (uključujući invazivne vrste)
			2.2.3.2. kontrola bolesti
	2.2.4. regulacija kvalitete tla		2.2.4.1. procesi razgradnje stijena i utjecaj na kvalitetu tla
			2.2.4.2. procesi razgradnje i fiksacije i utjecaj na kvalitetu tla
	2.2.5. svojstva vode		2.2.5.1. regulacija kemijskih svojstava slatke vode
			2.2.5.2. regulacija kemijskih svojstava slane vode
	2.2.6. sastav i svojstva atmosfere		2.2.6.1. regulacija kemijskog sastava atmosfere i oceana
		2.2.6.2. regulacija temperature i vlažnosti, uključujući prozračivanje i transpiraciju	

kategorija	odjeljenje	grupa	razred
	2.3. druge vrste regulacijskih i podržavajućih / podupirajućih usluga živim procesima	2.3.x. drugo	2.3.x.x. drugo
3. kulturološke biotičke usluge	3.1. direktne, in-situ i u otvorenom prostoru interakcije sa živim sustavima koje ovise o prisutnosti u okolišnim uvjetima	3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	3.1.1.1. svojstva živih sustava koja omogućuju aktivnosti promoviranja zdravlja, oporavka ili uživanja kroz aktivne ili virtualne interakcije
			3.1.1.2. svojstva živih sustava koja omogućuju aktivnosti promoviranja zdravlja, oporavka ili uživanja kroz pasivne ili promatrajuće interakcije
		3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	3.1.2.1. svojstva živih sustava koja omogućuju znanstveno istraživanje ili stvaranje tradicionalnog ekološkog znanja
			3.1.2.2. svojstva živih sustava koja omogućuju edukaciju i usavršavanje
			3.1.2.3. svojstva živih sustava koja su važna u kontekstu kulture i nasljeđa
			3.1.2.4. svojstva živih sustava koja omogućavaju estetske doživljaje
	3.2. indirektne, udaljene i često u zatvorenom prostoru interakcije sa živim sustavima koje ne zahtijevaju prisutnost u okolišnim uvjetima	3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	3.2.1.1. elementi živih sustava koji imaju simbolično značenje
			3.2.1.2. elementi živih sustava koji imaju sveto ili religiozno značenje
			3.2.1.3. elementi živih sustava korišteni za zabavu ili predstavljanje
	3.3. druge karakteristike živih sustava koje imaju kulturološko značenje	3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	3.2.2.1. karakteristike ili elementi živog sustava koje imaju vrijednost zbog postojanja
			3.2.2.2. karakteristike ili elementi živog sustava koje imaju vrijednost nasljedstva (baštine)
	4. opskrbne abiotičke usluge	4.2. voda	4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju
4.2.1.2. površinska voda kao materijal (ne za piće)			
4.2.1.3. površinska slatka voda kao izvor energije			
4.2.1.4. obalne i morske vode kao izvor energije			
4.2.2. podzemna voda za prehranu, materijale ili energiju			4.2.2.1. podzemna voda za piće
			4.2.2.2. podzemna voda kao materijal (ne za piće)
			4.2.2.3. podzemna voda kao izvor energije
4.2.x. druge vrste usluga vodenih ekosustava			4.2.x.x. drugo

kategorija	odjeljenje	grupa	razred
	4.3. ne-vodene prirodne abiotičke usluge ekosustava	4.3.1. Mineralne tvari za prehranu, materijale ili energiju	4.3.1.1. mineralne tvari za prehranu
			4.3.1.2. mineralne tvari kao izvor materijala
			4.3.1.3. mineralne tvari kao izvor energije
		4.3.2. ne-mineralne tvari ili karakteristike ekosustava za prehranu, materijale ili energiju	4.3.2.1. ne-mineralne tvari ili karakteristike ekosustava za prehranu
			4.3.2.2. ne-mineralne tvari kao izvor materijala
			4.3.2.3. energija vjetra
			4.3.2.4. sunčana energija
		druge mineralne ili ne-mineralne tvari ili karakteristike ekosustava za prehranu, materijale ili energiju	4.3.2.5. geotermalna energija
			4.3.2.6. drugo
		5. regulacijske i podržavajuće /podupirajuće abiotičke usluge	5.1. transformacija biokemijskih ili fizičkih unosa u ekosustav
5.1.1.2. razrjeđivanje atmosferom			
5.1.1.3. smanjenje drugim kemijskim ili fizičkim načinima (npr. filtracijom, sekvestracijom, skladištenjem ili akumulacijom)			
5.2. regulacija fizičkih, kemijskih i bioloških uvjeta	5.1.2. smanjenje štetnog djelovanja antropogenog porijekla		5.1.2.1. smanjenje štetnog djelovanja abiotičkim strukturama ili procesima
			5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta
5.2.1.2. tokovi tekućina			
5.2.1.3. tokovi plina			
5.3. druge vrste regulacijskih i podržavajućih / podupirajućih usluga abiotičkim procesima	5.2.2. održavanje fizičkih i kemijskih abiotičkih uvjeta		5.2.2.1. održavanje i regulacija anorganskim prirodnim kemijskim i fizičkim procesima
			5.3.x. drugo
6. kulturološke abiotičke usluge	6.1. direktne, in-situ i u otvorenom prostoru interakcije s prirodnim fizičkim sustavima koje ovise o prisutnosti u		6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša
		6.1.2. intelektualne i reprezentativne	

kategorija	odjeljenje	grupa	razred
	okolišnim uvjetima	interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
	6.2. indirektna, udaljene i često u zatvorenom prostoru interakcije s prirodnim fizičkim sustavima koje ne zahtijevaju prisutnost u okolišnim uvjetima	6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	6.2.1.1. prirodne, abiotičke karakteristike prirode koje omogućuju duhovne, simboličke i druge interakcije
		6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	6.2.2.1. prirodne, abiotičke karakteristike ili elementi prirode koji imaju vrijednost zbog postojanja ili vrijednost nasljedstva (baštine)
	6.3. druge abiotičke karakteristike prirode koje imaju kulturološko značenje	6.3.x. drugo	6.3.x.x. drugo

### 2.3.6 Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera

Kako je prethodno prikazano, koristi od mjera zelene infrastrukture u području zaštite od štetnog djelovanja voda nije moguće u cijelosti kvantificirati i odrediti njihovu novčanu vrijednost. Dok se za usporedbu mogućih varijanata mjera koristi u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda mogu iskazati u obliku kvantificiranih i novčano vrednovanih izbjegnutih šteta, koristi od utjecaja mjera na stanje voda moguće je po varijantama uspoređivati samo kroz kvantifikaciju tih utjecaja, primjerice kvantifikaciju hidromorfoloških promjena, a koristi od utjecaja mjera na usluge ekosustava moguće je po varijantama uspoređivati samo temeljem usporedbe ocjena utjecaja svake pojedine usluge u razmatranoj varijanti.

#### Koristi u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda

Za vrednovanje koristi od provedbe mjera zelene infrastrukture u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda iz računa izbjegnutih šteta izazvanih djelovanjem voda na materijalna dobra usvojena je metodologija (vidjeti prethodno poglavlje) koja daje prosječne godišnje štete od poplavnih i drugih štetnih događaja vezanih uz zaštitu od voda po pojedinim dijelovima ukupnog sliva. Odnosno, tom se metodom utvrđuje iznos izravnih/direktnih novčano mjerljivih štetnih posljedica isključivo na materijalnim dobrima na područjima izloženim štetnom djelovanju voda, koje se mjerama zelene infrastrukture treba spriječiti i time ostvariti korist u obliku izbjegnutih prosječnih godišnjih šteta. Usvojenim modelom se površinama u području zahvata i području njegovog utjecaja, na kojima su utvrđene građevine, infrastruktura i proizvodna područja, pridodaju prosječne tržišne cijene po vrstama nekretnina, te su te cijene promjenjivi element u sagledavanju izbjegnutih šteta. Primjerice, sadašnje cijene ha poljoprivrednog zemljišta koje se prosječno kreću od oko 1.800 € za pašnjake i livade do >3.300 € za oranice (za 2022.,



prema: [www.poljoprivredno-zemliste.hr](http://www.poljoprivredno-zemliste.hr)) vjerojatno će ubrzo doživjeti korekcije zbog promjene statusa dostupnosti takvog zemljišta svim zainteresiranim subjektima u zemljama članicama EU.

Napominje se također kako se u okviru utvrđivanja koristi od izravnih izbjegnute štete u obzir uzimaju i utjecaji hidroloških pojava koje ih izazivaju, a najčešće se izabiru, uz trajanje plavljenja, još i dubine i brzine vode. Ukratko, veće dubine i brzine vode mogu izazvati veće pa i 100%-tne štete na građevinama, a duže trajanje plavljenja može značajno smanjiti prinose na poljoprivrednim površinama.

Osim izravnih/direktnih treba odrediti i indirektne novčano mjerljive izbjegnute štete koje nastaju tijekom i nakon pojave štetnih događaja (prekid gospodarskih aktivnosti, rad hitnih službi, evakuacije i druge smetnje za lokalno stanovništvo, čišćenja nakon poplava, smetnje u prometu, izgubljene prilike i drugo). Budući je njih teško utvrditi, jer se događaji nastali štetnim djelovanjem voda u prošlosti nisu pratili, te zbog toga nedostaju pouzdani podaci za procjene, u načelu se koriste literaturni podaci i iskustva sa sličnih slivova. Na raspolaganju su primjerice neke preporuke:

- prema Kates R.W.: Hazard and Choice Perception in Flood Plain Management, University of Chicago, Department of Geography Research, Paper No. 78, 1962., indirektne štete treba procijeniti u iznosu 15% direktnih šteta za stambene, 35% za poslovne i 45% za industrijske površine,
- prema Bureau of Transport Economics, BTE: Economic Costs of Natural Disasters in Australia, Canberra, Australia, 2001., procijenjene indirektne štete iznosile bi 43% od troška ukupnih direktnih poplavnih šteta za poplavne događaje 100-godišnje povratnog razdoblja i 37% za poplavne događaje 20-godišnjeg povratnog razdoblja,
- prema više izvora (Kates 1965, USA Army Corps of Engineers Department of Agriculture, Brisbane, SMEC, 1975) predlaže se indirektne štete procijeniti u iznosu 15% ukupnih direktnih šteta,
- prema VPB&Euronatur: Sava environmental impact assessment of the Sava river flood control project“, 2001. i Hrvatske vode: Projekt Sava-nastavak vodnogospodarskog uređenja sustava obrane od poplava u Srednjoj Posavini, 1999., moguće je koristiti iznos od 7% ukupnih direktnih šteta.

Za preliminarnu procjenu predlaže se ove indirektne izbjegnute štete odrediti u odnosu na moguće direktne štete na područjima obuhvata mjere zelene infrastrukture u iznosu od 7 do 15 % direktnih šteta. Napominje se kako se ove vrijednosti od koristi od izbjegnute šteta, iako su preuzete iz istih literaturnih podataka i s istim postotnim iznosima kao i operativni troškovi mjera zelene infrastrukture, u stvarnim iznosima i u primjeni bitno razlikuju od tih troškova. U ovom su slučaju iznosi vezani uz direktne štete od štetnih događaja kada ne bi bilo mjera zelene infrastrukture, a u drugom slučaju uz direktne štete koje nastaju tijekom korištenja mjera

Osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju ili izbjegnute štete ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i živote ljudi, te također kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and*

*instruments, Report on proceedings& key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se u vrednovanje uz CBA uključiti i MCA, odnosno nematerijalne štete vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski.*

Ipak, radi cjelovitosti procjena ukupnih izbjegnutih šteta i dokazivanja ukupne ekonomske opravdanosti ulaska u izgradnju skupih i složenih sustava za zaštitu od štetnog djelovanja voda, uključujući i mjere zelene infrastrukture, a u nedostatku vlastitih podataka i istraživanja, mogu se uzeti u usporedbe preliminarno procijenjene vrijednosti i takvih izbjegnutih šteta, prema primjerima sličnih događaja na drugim slivovima. Primjerice, prema izvještaju *Penning-Rowse EC, Chatterton JB, Wilson T, and Potter E 2002 Autumn 2000 floods in England and Wales: assessment of national economic and financial losses FHRC, London*, ove se neuporabne vrijednosti izbjegnutih šteta mogu procijeniti u iznosu 5% ukupnih direktnih šteta.

Moguće je za gubitak ljudskog kapitala koristiti i metode procjene njegove novčane vrijednosti. Određivanje vrijednosti izbjegavanja ljudskih gubitaka kao koristi od sustava zaštite od štetnog djelovanja voda, odnosno vrijednosti izbjegnutih troškova ljudskog kapitala, predmet je mnogobrojnih istraživanja.

Često se koristi jedna od metoda za simulaciju tržišnih odnosa, poznata kao metoda određivanja konvencionalnih troškova, pri čemu se primjenjuju troškovi osiguranja ljudskog života prema procjeni Ministarstva prometa SAD-a (U.S. Department of transportation). Izračuni su prikazani u priručniku *“Guidance of treatment of the Economic Value of a Statistical Life (VSL) in U.S. Department of transportation Analyses – 2014 Adjustment”*. Prema toj procjeni troškovi osiguranja ljudskog života kreću se za 2013. između 5,2 i 13,0 milijuna američkih dolara. S obzirom da je 2013. hrvatski BDP bio 4,5327 puta manji, za izračun se za našu zemlju može uzeti za toliko umanjena vrijednost minimalnog iznosa osiguranja od 5,2 miliona USD, što iznosi oko 7.650.000 kn.

Nakon što se kroz postupke utvrdi ranjivost razmatranog područja na štete po ljudski kapital i rizik pojave takve štete, procjenjuju se odnosi između ozljeđivanja i stradavanja sa smrtnim ishodom, prema iskustvima i pokazateljima iz ranijih razdoblja ili sa sličnih slivova. Prosječni godišnji broj mogućih stradavanja sa smrtnim ishodom množi se s punim iznosom osiguranja, a prosječni godišnji broj trajnog ozljeđivanja ili izazvanih trajnih zdravstvenih tegoba množi se s uvećanim faktorom od 30%.

#### Koristi u zaštiti voda

Kako se prethodno u prikazu koristi već navedeno, kod određivanja i vrednovanja koristi od mjera zelene infrastrukture s aspekta njihovog utjecaja na stanje voda problem je nepouzdanost kvantifikacije tih utjecaja na fizikalno-kemijske i biološke parametre. Najopćenitiji pristup je vrednovanje ukupnih koristi od mjera zelene infrastrukture na ekološke elemente stanja voda provedbom ocjenjivanja razine povoljnog utjecaja svake od razmatranih varijanata, sukladno tablici u nastavku (Tablica 6).

Tablica 6. Tablica ocjena koristi od zahvata

ocjena koristi
nema koristi
vrlo mala korist
mala korist
umjerena korist
velika korist
vrlo velika korist

Drugi pristup, koji je u načelu potrebno koristiti vezan je uz vrednovanje povoljnih utjecaja mjera samo na hidromorfološke elemente ekološkog stanja voda. Budući da dominantne promjene u hidromorfološkom stanju vodnog tijela dovode postupno i do promjena u fizikalno-kemijskim i biološkim pokazateljima, zaključeno je kako se posredno kvantifikacijom i usporedbom samo hidromorfoloških parametara mogu utvrditi i očekivanja promjena u svim elementima koji određuju ukupno ekološko stanje vodnog tijela.

Postupak vrednovanja u obliku kvantifikacije promjena hidromorfološkog stanja vodnih tijela površinskih voda posebno je razrađen u okviru Projekta VEPAR, u posebnom ranije navedenom podprojektu: Analiza građevinskih mjera. Usvojen je te posebnostima RH prilagođen pristup MQI (Indeks morfološke kvalitete tekućica, odnosno MQI indeks (eng. *Morphological Quality Index*), Rinaldi i dr., 2013.).

Prema tom pristupu se za procjenu uzdužnog (longitudinalnog) i bočnog (lateralnog) kontinuiteta vodnog tijela površinskih voda tekućica, tlocrtnog oblika korita, poprečnog presjeka korita, strukture i supstrata korita i vegetaciju u priobalnoj zoni razradilo ukupno 28 indikatora, koji se analiziraju u smislu tri komponente procjene: funkcionalnosti (eng. *functionality*), neprirodnosti (eng. *artificiality*) i prilagodbama korita (eng. *channel adjustments*).

Prije procjene, istraživani odsječci moraju se podijeliti po tipovima tekućica jer se neki indikatori ocjenjuju samo za pojedine tipove. Osnovna podjela temelji se na obilježju reljefne ograničenosti korita (Tablica 7), čija se vrijednost određuje pomoću „stupnja ograničenosti“ (postotka obala koje nisu u izravnom kontaktu s aluvijalnom ravnicom nego su u izravnom kontaktu s padinama ili starim riječnim terasama) i „indeksa ograničenosti“ (omjera širine aluvijalne ravnice i širine korita). Razlikuju se reljefno ograničene tekućice (tokovi u kanjonu ili klancu), djelomično reljefno ograničene tekućice i reljefno neograničene tekućice (tokovi u aluvijalnim ravninama).

Daljnja podjela u tipologiji uključuje obilježja morfologije korita, odnosno tlocrtnog oblika. Razlikuju se jednostavna i složena korita<sup>2</sup>, ravnog, vijugavog, meandrirajućeg, isprepletenog ili razgranatog (anastomozirajućeg) tlocrtnog oblika.

Konačna tipologija, odnosno delineacija odsječaka, još može uključivati informacije o promjenama u reljefnim oblicima u koritu, diskontinuitetima u nagibu korita, umjetnim

<sup>2</sup> Složena korita (engl. *multi-thread channels*) se sastoje od glavnog i sekundarnih korita koja su odijeljena otocima s vegetacijom ili prudovima, kod nas u Hrvatskoj su rijetka.

pregradama (brane i sl.), pritokama, širini poplavne ravnice i veličini sedimenta dna korita (Rinaldi i dr., 2016).

**Tablica 7. Definiranje tipova reljefne ograničenosti tekućica na temelju stupnja i indeksa ograničenosti (prema Rinaldi i dr., 2016)**

Tip reljefne ograničenosti	Opis
Reljefno ograničena tekućica	Stupanj ograničenosti > 90%
	Stupanj ograničenosti od 10 do 90% i indeks ograničenosti $\leq 1.5$
Reljefno djelomično ograničena tekućica	Stupanj ograničenosti od 10 do 90% i indeks ograničenosti > 1.5
	Stupanj ograničenosti < 10% i indeks ograničenosti $\leq n$ ( $n=5$ za jednostavna korita i $n=2$ za složena korita)
Reljefno neograničena tekućica	Stupanj ograničenosti < 10% i indeks ograničenosti > $n$ ( $n=5$ za jednostavna korita i $n=2$ za složena korita)

Važno je napomenuti da je objekt istraživanja u MQI metodi odsječak rijeke, odnosno određeni morfološko homogeni segment na kojem su granični (morfološki) uvjeti dovoljno uniformni, duljine najčešće nekoliko kilometara (Rinaldi i dr., 2013). Na istraživanom odsječku se procjenjuje morfološko stanje pomoću navedenih indikatora funkcionalnosti, neprirodnosti i prilagodbe korita.

Indikatorima funkcionalnosti procjenjuje se jesu li procesi i reljefni oblici koji su potrebni za ispravno funkcioniranje rijeke onemogućeni ili promijenjeni zbog umjetnih elemenata ili prilagodbi korita. Proces koji se ocjenjuje uključuju: kontinuitet toka sedimenta i drvnih ostataka, eroziju obala, plavljenje poplavne ravnice, morfološku raznolikost korita, pokretljivost sedimenta dna i interakciju s priobalnom vegetacijom.

Indikatori neprirodnosti procjenjuju prisutnost i učestalost građevina ili antropogenih intervencija, neovisno o njihovim učincima na procese. Prema tome, umjetne građevine se dvojako ocjenjuju, tj. na temelju njihove funkcije ili učinaka koji su zabilježeni indikatorima funkcionalnosti (npr. zaštita obale koja sprječava bočnu eroziju) i na temelju njihove prisutnosti i gustoće (tj. umjetni elementi kao takvi koji se ne očekuju u nepromijenjenim rijekama, neovisno o njihovim učincima). Drugim riječima, neki elementi imaju višestruke učinke na različite komponente ocjene (tj. funkcionalnost i neprirodnost), a ponovljene ocjene korisne su u prepoznavanju utjecaja tih elemenata na različite komponente (Rinaldi i dr., 2013).

Indikatori prilagodbe korita (promjene u tlocrtnom obliku i širini korita od 1950-ih i razini dna u posljednjih 100 godina) nisu značajni za analizu utjecaja hidrotehničkih građevina.

Morfološko stanje odsječka procjenjuje se pomoću 13 indikatora funkcionalnosti, 12 indikatora neprirodnosti i 3 indikatora prilagodbe korita. U ovom pregledu prikazani su svi indikatori koji se smatraju najrelevantnijim za analizu utjecaja hidrotehničkih građevina. Indikatorima neprirodnosti se procjenjuje tip, broj, dimenzije, prostorna gustoća i slivno područje (slijev) relevantnih građevina koje utječu na promjene u protoku, morfologiji i prekid u toku sedimenta i drvnih ostataka (Tablica 8). Indikatori su podijeljeni na uzvodne (kumulativne) promjene i na promjene na odsječku.

**Tablica 8. Opis indikatora i parametara koji se procjenjuju za longitudinalnu povezanost i utjecaj hidrotehničkih građevina u koritu na morfologiju (prema Rinaldi i dr., 2016)**

Opis indikatora koji se ocjenjuju
<p><b>F1 – Longitudinalna povezanost toka sedimenta i drvnih ostataka</b> Prisutnost poprečnih građevina (stepenica, sedimentacijskih brana, mostova itd.) koji potencijalno mogu promijeniti tok sedimenta i drvnih ostataka na odsječku.</p>
<p><b>F2 – Prisutnost poplavne ravnice</b> Širina i duljina današnje poplavne ravnice</p>
<p><b>F3 – Povezanost padina i rijeke</b> Prisutnost i duljina elemenata koji dovode do nepovezanosti (npr. ceste) unutar buffera od 50m na svakoj obali</p>
<p><b>F4 – Proces erozije (povlačenja) obala</b> Prisutnost/nepprisutnost erozije obala</p>
<p><b>F5 – Postojanje potencijalno erodivnog koridora</b> Širina i duljina erodivnog koridora, tj. područja bez relevantnih građevina (obaloutvrda itd.) ili infrastrukture (ceste).</p>
<p><b>F6 – Konfiguracija dna korita – nagiba doline</b> Identifikacija konfiguracije dna (tj. kaskade, step-pool i dr.) u slučaju prisutnosti poprečnih struktura i usporedba s očekivanom konfiguracijom korita na temelju nagiba doline</p>
<p><b>F7 – Oblici i procesi tipični za tlocrtni oblik korita</b> Postotak duljine odsječka s antropogenim promjenama u prirodnoj heterogenosti oblika koji se očekuju za taj tip rijeke</p>
<p><b>F8 – Postojanje tipičnih fluvijalnih oblika na poplavnoj ravnici</b> Prisutnost/nepprisutnost fluvijalnih oblika na poplavnoj ravnici (npr. mrtvice, sekundarna korita itd.)</p>
<p><b>F9 – Varijabilnost poprečnog presjeka</b> Postotak duljine odsječka s promjenom u prirodnoj heterogenosti poprečnog presjeka koji se očekuje za taj tip tekućice zbog antropogenih utjecaja</p>
<p><b>F10 – Struktura dna korita</b> Prisutnost/odsutnost promjena u sedimentu dna (armouring, clogging, obloge)</p>
<p><b>F11 – Prisutnost velikih drvnih ostataka u koritu</b> Prisutnost/nepprisutnost velikih drvnih ostataka</p>
<p><b>F12 – Širina funkcionalne vegetacije</b> Prosječna širina funkcionalne vegetacije u riječnog koridoru koja je potencijalno povezana s procesima u koritu</p>
<p><b>F13 – Linearna rasprostranjenost funkcionalne vegetacije</b> Duljina funkcionalne vegetacije uz obale s direktnom povezanosti s koritom</p>
<p><b>A1 – Uzvodne promjene protoka</b> Količina promjene protoka koja je uzrokovana uzvodnim građevinama (brane, diverzije, retencijski bazeni, itd.).</p>
<p><b>A2 – Uzvodne promjene u protoku sedimenta</b> Prisutnost, tip i lokacija (slivno područje) relevantnih građevina koje utječu na prekid u toku vučenog nanosa (brane, sedimentacijske brane, stepenice).</p>
<p><b>A3 – Promjene protoka na odsječku</b> Količina promjena protoka uzrokovana intervencijama unutar odsječka.</p>
<p><b>A4 – Promjene protoka sedimenta na odsječku</b> Tipologija i prostorna gustoća građevina koje prekidaju tok vučenog nanosa (sedimentacijske brane, stepenice) na odsječku.</p>

<p><b>A5 – Građevine za prijelaz</b>          Prostorna gustoća građevina za prijelaz (mostovi, propusti, gazovi).</p>
<p><b>A6 – Građevine za zaštitu obala</b>          Duljina zaštićenih obala (zidovi, gabioni, obaloutvrde, bioinženjerske mjere).</p>
<p><b>A7 – Umjetni nasipi</b>          Duljina i udaljenost umjetnih nasipa od korita.</p>
<p><b>A8 – Umjetne promjene riječnog toka</b>          Postotak duljine odsječka s dokumentiranim umjetnim promjenama riječnog toka (presijecanje meandara, relokacija korita itd.).</p>
<p><b>A9 – Druge građevine za stabilizaciju dna korita</b>          Prisutnost, prostorna gustoća i tipologija drugih građevina za stabilizaciju dna korita (rampe, engl. <i>sills?</i>) i umjetne obloge korita</p>
<p><b>A10 – Uklanjanje sedimenta</b>          Postojanje i relativni intenzitet prethodnih uklanjanja sedimenta (jaružanja) (od 1950-ih, pogotovo u posljednjih 20 godina)</p>
<p><b>A11 – Uklanjanje drvnih ostataka</b>          Postojanje i relativan intenzitet (parcijalni ili ukupni) uklanjanja drvnih ostataka iz korita u posljednjih 20 godina</p>
<p><b>A12 – Upravljanje vegetacijom</b>          Postojanje i relativni intenzitet (selektivni ili ukupni) uklanjanja vegetacije u posljednjih 20 godina</p>
<p><b>CA1 – Prilagodbe u tlocrtnom obliku korita</b>          Promjene u tlocrtnom obliku korita od 1950-ih na temelju promjena u indeksu vijugavosti, isprepletenosti i anastomoziranja</p>
<p><b>CA2 – Prilagodbe u širini korita</b>          Promjene u širini korita od 1950-ih</p>
<p><b>CA3 – Prilagodbe u razini dna korita</b>          Promjene u razini dna korita u posljednjih 100 godina</p>

Ukupni indeks računa se kao zbroj ocjena svih 28 indikatora za sve tri komponente (funkcionalnost, neprirodnost, prilagodbe korita). Prvo se definira indeks morfoloških promjena (eng. *Morphological Alteration Index*, MAI) na sljedeći način:

$$MAI = S_{tot} / S_{max}$$

gdje je  $S_{tot}$  zbroj svih ocjena, a  $S_{max}$  maksimalan rezultat koji se može postići kada su svi odgovarajući indikatori u klasi C (tj. vrlo promijenjeni u odnosu na referentno stanje). Stoga se MAI kreće od 0 (bez promjene) do 1 (maksimalna promjena).

Morfološki indeks kvalitete (eng. *Morphological Quality Indeks*, MQI) se definira kao:

$$MQI = 1 - MAI$$

Ovaj je indeks stoga izravno proporcionalan kvaliteti odsječka i obrnuto proporcionalan promjenama, varirajući od 0 (minimalna kvaliteta) do 1 (maksimalna kvaliteta).

Razredi morfološke kvalitete se definiraju kao: (i) vrlo dobra ili visoka,  $0,85 \leq MQI \leq 1$ ; (ii) dobra,  $0,7 \leq MQI < 0,85$ ; (iii) umjerena,  $0,5 \leq MQI < 0,7$ ; (iv) loša,  $0,3 \leq MQI < 0,5$ ; (v) vrlo loša,  $0 \leq MQI < 0,3$ , te se tako usklađuju ocjene prema MQI metodi s ocjenama hidromorfološkog stanja prema ODV (Tablica 9).



Tablica 9. Bodovni raspon klasa i opis hidromorfološke ocjene

Ocjena	Klasa	Opis	Boja na karti
1 do < 1,5	1	Prirodno	Plava
1,5 do < 2,5	2	Neznatno izmijenjeno	Zelena
2,5 do < 3,5	3	Umjerenom izmijenjeno	Žuta
3,5 do < 4,5	4	Značajno izmijenjeno	Narančasta
4,5 do 5,0	5	Jako izmijenjeno	Crvena

Napominje se kako se ovom metodom utvrđuju i ocjenjuju svi zatečeni hidromorfološki utjecaji na svim vodnim tijelima površinskih voda tekućica na vodnim područjima RH u okviru Projekta VEPAR, pa je primjena ove metode kod ocjenjivanja utjecaja mjera zelene infrastrukture na stanje vodnih tijela opravdana i provjerena u primjeni (u okviru studije: Prijedlog kriterija za izmjene ciljeva okoliša, Elektroprojekt, 2022.)

#### Koristi od unaprjeđenja usluga ekosustava

Vrednovanje koristi od provedbe mjera zelene infrastrukture sa stanovišta usluga ekosustava polazi od primjene CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, koja je prikazana u jednoj od prethodnih tablica (Tablica 5). Primjena ove klasifikacije nije jednaka za sve vrste mjera zelene infrastrukture, a ovisno o lokacijama, višenamjenskim potrebama i drugim uvjetima može se razlikovati u primjeni za iste vrste mjera. Tako je prvi korak u vrednovanju ovih koristi od mjera zelene infrastrukture izbor mjerodavnih grupa usluga ekosustava prema klasama i odjeljcima te obrazloženje mjerodavnosti izabranih grupa usluga. U knjigama 2 do 5 ovih Smjernica za svaku vrstu obrađenih mjera zelene infrastrukture provedeni su preliminarno izbori mjerodavnih grupa usluga ekosustava koji ulaze u vrednovanje, svakako uz napomenu kako se od slučaja do slučaja ovaj izbor treba uskladiti s rješenjem koje se vrednuje.

Kako je navedeno ove se usluge u nekim slučajevima mogu kvantificirati, ali je njihovo novčano vrednovanje moguće uglavnom uz korištenje različitih metoda simulacije tržišnih odnosa. Za takav pristup potrebno je pripremiti niz specifičnih podloga i analiza, a često je potrebno provesti i ciljana istraživanja. Zbog toga se ovaj pristup koristi rijetko i ciljano, ukoliko se radi o značajnim uslugama ekosustava koje u ekonomskom i provedbenom smislu utječu na realizaciju izabrane mjere.

Za usporedbe varijanata tako se u načelu vrednovanje koristi vezanih uz usluge ekosustava provodi samo ocjenjivanjem, kako je to prikazano u nastavku, prema relativnoj skali navedenoj u tablici (Tablica 6). Ocjenjivanje se provodi po kategorijama i odjeljcima usluga, tako što se izdvajaju pripadajuće grupe mjerodavne za specifične utjecaje razmatrane mjere na usluge ekosustava, te se zbirno za sve grupe koje pripadaju klasi ili odjeljku daje ocjena utjecaja. Uz ocjenu obvezno je i navođenje detaljnih objašnjenja mjerodavnosti ocijenjenih grupa i dodijeljene ocjene.

## 2.3.7 Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda

S ciljem prevencije katastrofalnih poplavnih događanja koncipiran je projekt „Unaprjeđenje negrađevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava u Republici Hrvatskoj“, koji će unaprijediti **Vodno i Ekološko Praćenje, Analize i Rješenja** iz tog područja, te je stoga za projekt odabran akronim VEPAR (vidjeti: [www.voda.hr](http://www.voda.hr)).

Provedbom projekta VEPAR doprinijet će se smanjenju rizika od poplava; postići će se unaprjeđenje u praćenju, analizama i iznalaženju optimalnih rješenja za integralno i održivo upravljanje vodama, vodnim okolišem i rizicima od poplava; osigurat će se i sistematizirati nedostajući podaci vezani uz slivove, vodotoke te regulacijske i zaštitne vodne građevine; modernizirat će se i dograditi mreža hidroloških mjernih postaja; poboljšat će se prognostički modeli; izradit će se i poboljšati studije upravljanja rizicima od poplava; nabavit će se potrebna oprema za provedbu mjera opreme od poplava, provesti mjere promidžbe i vidljivosti te educirati i informirati javnost.

Projekt VEPAR odvija se kroz suradnju Hrvatskih voda i Državnog hidrometeorološkog zavoda te je podijeljen na devet podprojekata (vidjeti: [www.meteo.hr](http://www.meteo.hr)):

- Podprojekt A: Prikupljanje i analiza podataka za upravljanje rizicima od poplava
- Podprojekt B: Unaprjeđenje studijskih i modelskih osnova za upravljanje rizicima od poplava
- Podprojekt C: Unaprjeđenje sustava za prognoziranje poplava
- Podprojekt D: Unaprjeđenje sustava za hidrološko praćenje površinskih voda
- Podprojekt E: Unaprjeđenje sustava za praćenje Regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG)
- Podprojekt F: Oprema za obranu od poplava
- Podprojekt G: Unaprjeđenje sustava za informiranje javnosti i edukaciju dionika
- Podprojekt H: Unaprjeđenje centra za upravljanje rizicima od poplava
- Podprojekt I: Analiza svih provedenih aktivnosti I faze i izrada programa radova za sljedeću fazu Programa

U okviru Podprojekta B: „Unaprjeđenje studijskih i modelskih osnova za upravljanje rizicima od poplava“, koji je u obvezi Hrvatskih voda, predviđena su tri podprojekta, koji su vezani uz postizanje unaprjeđenja u praćenju, analizama i iznalaženju optimalnih rješenja za integralno i održivo upravljanje vodama, vodnim okolišem i rizicima od poplava, s naglaskom na integralno i održivo upravljanje vodama, rizicima od poplava i vodnim okolišem:

- Mogućnost šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava,
- Smjernice za tehničko projektiranje i procjenu socioekonomske izvedivosti mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava,
- Analiza utjecaja građevinskih mjera upravljanja rizicima od poplava na hidromorfološko stanje vodnih tijela.

Ovi se podprojekti nadopunjuju s ranije izrađenim dokumentima RH vezanim uz upravljanje vodama u području zaštite od štetnog djelovanja voda (Plan upravljanja vodnim područjima u RH, Karte opasnosti od poplava i karte rizika od poplava, Prethodna procjena rizika od poplava, Državni plan obrane od poplava, Glavni provedbeni plan obrane od poplava, Provedbeni planovi obrane od poplava branjenih područja), ali se također usklađuju i međusobno.

Ukratko, prvim se podprojektom utvrđuju područja i lokacije na kojima je moguća ili potrebna provedba mjera zelene infrastrukture, a koja se određuju prema utvrđenim područjima koja su u riziku od poplava, sa ili bez izgrađenih zahvata za zaštitu od štetnog djelovanja voda. Drugim se podprojektom, odnosno ovim Smjernicama razrađuju moguće mjere zelene infrastrukture, kako bi se postavio okvir za djelovanje. Trećim se podprojektom razrađuju mjere sive infrastrukture, koje mogu biti ili zamijenjene mjerama zelene infrastrukture ili mogu biti u njih uključene.

Svi navedeni podprojekti Projekta VEPAR usklađuju se također s općim uvjetima upravljanja vodama, koji su regulirani Zakonom o vodama RH te EU direktivama: ODV i Direktivom o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (u nastavku skraćeno: Direktiva o poplavama).

Okvirnom direktivom o vodama propisano je postizanje i očuvanje dobrog i vrlo dobrog stanja vodnih tijela na svim vodnim područjima država članica EU, što izravno ili neizravno zahtijeva popravljavanje i očuvanje i njihovog hidromorfološkog stanja. To može biti nespojivo sa zahtjevima Direktive o poplavama i zahtjevima zaštite ljudskih i materijalnih dobara u područjima izloženim poplavama, eroziji i bujicama, gdje zahtjevi zaštite traže izmjene prirodnih hidromorfoloških uvjeta. Zbog toga su člankom 4 ODV definirana moguća izuzeća od postizanja ciljeva ODV, a koji daje mogućnost:

- da države članice proglase neko tijelo površinskih voda umjetnim ili znatno promijenjenim,
- produženja rokova do kojih je potrebno postići okolišne ciljeve za pojedina vodna tijela,
- da se države članice mogu usmjeriti na postizanje manje strogih okolišnih ciljeva za pojedina vodna tijela,
- primjene uvjeta za pogoršanje stanja vodnih tijela koja se mogu smatrati privremenim i ne smatraju se kršenjem zahtjeva Direktive,
- primjene uvjeta koje novonastale promjene fizičkih karakteristika moraju zadovoljiti, a kako bi se dopustila promjena, odnosno postizanje manje strogih ciljeva zaštite okoliša na vodnim tijelima na kojim se nalaze.

Pri tome države članice EU moraju osigurati da se primjenom ovih odredbi članka 4 ODV trajno ne isključi ili ne dovede u pitanje održanje ili postizanje ciljeva zaštite okoliša na drugim vodnim tijelima i da primjena bude konzistentna s ostalim propisima koji se odnose na zaštitu okoliša i prirode.

Ovim se člankom ODV, osim omogućavanja uključivanja sive infrastrukture (vodnih građevina u funkciji zaštite od štetnog djelovanja voda) u ciljeve zaštite voda (vidjeti: Prijedlog kriterija za izmjene ciljeva okoliša, Elektroprojekt, 2022.), također stvara i okvir:

- za uključivanje mjera zelene infrastrukture u postojeća rješenja sive infrastrukture a radi poboljšanja zatečenog hidromorfološkog stanja pojedinih vodnih tijela na kojima se provode mjere zaštite od voda,
- za budući razvoj novih mjera zelene infrastrukture na vodnim tijelima na kojima je nužno smanjiti rizike od štetnog djelovanja voda.

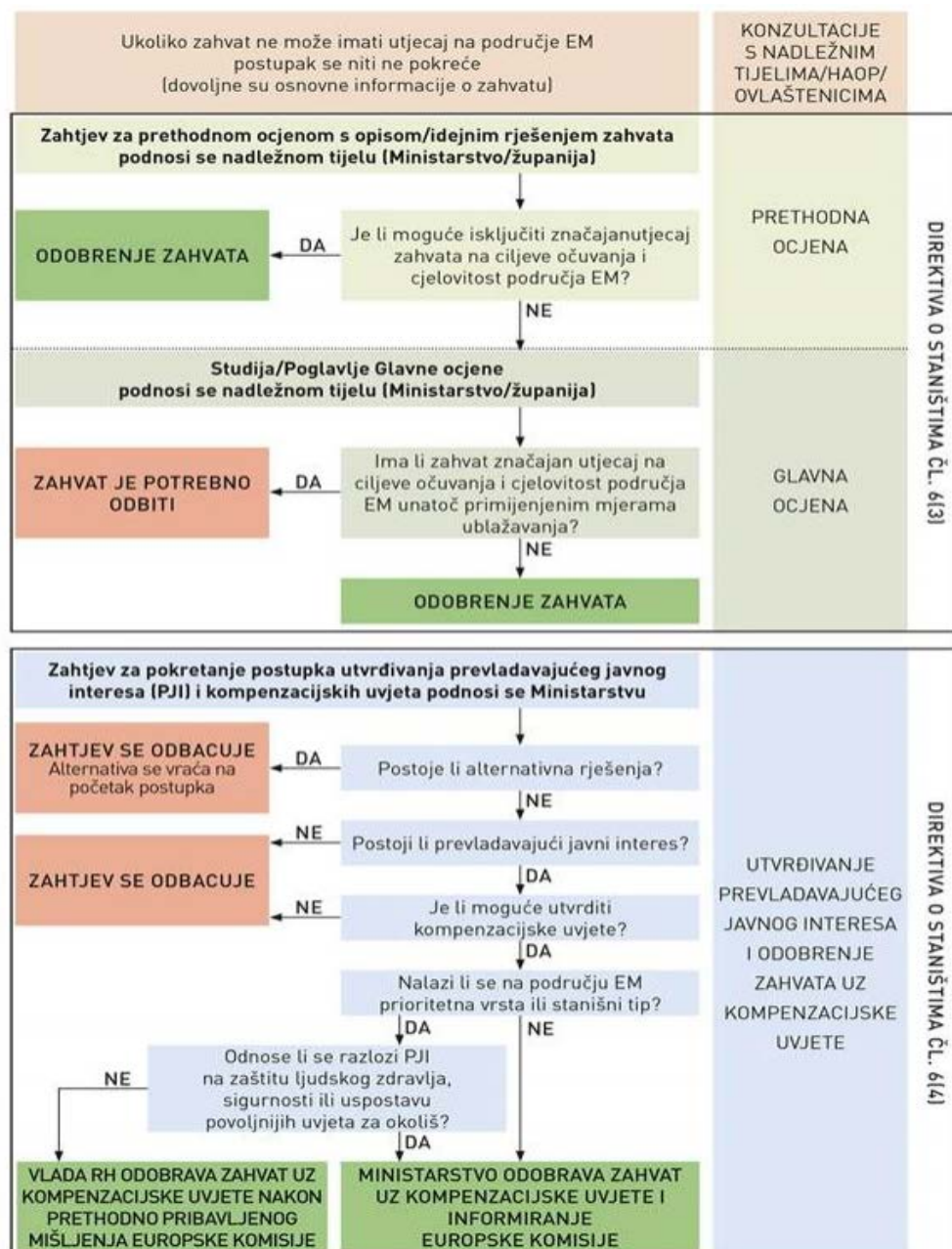
Usvajanjem dokumenta „*Policy Document on Natural Water Retention Measures*“ državama članicama EU u cijelosti daju upute kojima se povezuju ciljevi ODV s ciljevima uvođenja mjera zelene infrastrukture u sustave zaštite od štetnog djelovanja voda, kroz koncept vraćanja prostora rijeci i pristup uspostavljanju prirodnih mjera zadržavanja voda (eng. *Natural Water Retention Measures*, NWRM). Ovim se pristupom traži:

- gdje je to moguće zamjena sive sa zelenom infrastrukturom,
- gdje to nije moguće prilagodba sive infrastrukture načelima na kojima počivaju mjere zelene infrastrukture,
- integracija različitih prostornih politika i politike zaštite od štetnog djelovanja voda, uz prioritetno poštivanje zahtjeva politike zaštite prirode.

Primjena članka 4 ODV s ocjenom mogućih promjena hidromorfološkog stanja vodnih tijela prikazana je na nizu realnih primjera na vodnim tijelima vodnih područja RH, u okviru studije: *Prijedlog kriterija za izmjene ciljeva okoliša*. Ti se primjeri mogu primijeniti i na većinu mjera zelene infrastrukture, zbog čega će se samo ukratko naznačiti ključni elementi u primjeni ovih postupaka na mjere zelene infrastrukture, kako slijedi:

- u okviru Projekta VEPAR provodi se utvrđivanje vrste, lokacija i osnovnih značajki vodnih građevina na svim vodnim tijelima površinskih voda u RH,
- temeljem metodologije ocjenjivanja hidromorfološkog stanja prema *Analizi građevinskih mjera na svim vodnim tijelima površinskih voda u RH* utvrđuje se njihovo sadašnje stanje,
- svaka izmjena bitnih značajki izvedenih i izvedba novih vodnih građevina i drugih građevinskih mjera koje će imati utjecaj na hidromorfološko stanje pripadajućih vodnih tijela kvantificira se i prema istoj usvojenoj metodologiji vrši se usporedba prijašnjeg i novog stanja,
- svako odstupanje od dobrog ili vrlo dobrog hidromorfološkog stanja razmatranog vodnog tijela usklađuje se s ciljevima ODV prema članku 4 ODV, a sukladno postupcima i primjerima razrađenim u okviru studije: *Prijedlog kriterija za izmjene ciljeva okoliša*.

Najčešći očekivani slučaj u realizaciji budućih mjera zelene infrastrukture bit će vezan uz primjene izuzeća od ciljeva ODV prema članku 4(7), kojim se regulira primjena uvjeta koje novonastale promjene fizičkih karakteristika moraju zadovoljiti, a kako bi se dopustila promjena, odnosno postizanje manje strogih ciljeva zaštite okoliša na vodnim tijelima na kojim se nalaze. Kako u RH još nema dovoljno primjera provedenih postupaka određivanja prevladavajućeg javnog interesa u realizaciji takvih novih zahvata i mjera, može se koristiti sličan postupak predviđen za primjenu za zahvate i mjere na područjima ekološke mreže, koji je razrađen i prikazan na stranici Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (vidjeti: <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/odrzivo-koristenje-prirodnih-dobara-i-ekoloska-mreza/ekoloska-mreza>). Navedeno je prikazano i na slici u nastavku (Slika 1).



Slika 1. Prikaz postupka i ishoda ocjene prihvatljivosti zahvata i mjera za ekološku mrežu

S aspekta provedbe mjera u sustavu upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda važno je navesti i kako je u okviru Projekta VEPAR, odnosno posebnog Podprojekta E: „Unaprjeđenje sustava za praćenje Regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG)“ predviđeno uspostaviti sustav praćenja stanja svih vodnih građevina iz područja zaštite od štetnog djelovanja voda u RH.

Praćenje stanja, koje je ključno za upravljanje i održavanje svih građevina i mjera uključenih u sustave zaštite od štetnog djelovanja voda, počivat će na bazama podataka o svim građevinama/mjerama sive infrastrukture, a u koje se predviđa s istim ciljem i prema istom postupku unijeti nove zahvate/mjere zelene infrastrukture.



## 2.4 Literatura i izvori podataka

- [1] *Prethodna procjena rizika od poplava 2018.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2018.
- [2] Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021., NN 66/2016
- [3] *Green Infrastructure and Flood Management: Promoting Cost-Efficient Flood Risk Reduction via Green Infrastructure Solutions*, European Environment Agency, Luxembourg, 2017.
- [4] Bonacci, O., Erceg, O. (2019): Hidrološki i ekohidrološki vidovi vodotoka koji presušuju i povremenih vodotoka, *Hrvatske vode* 27, 237-244
- [5] Direktiva 2007/60/EZ Europskog parlamenta i vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju rizicima od poplava, *Službeni list Europske unije* 15, 186-193, 2007.
- [6] Rohde, S. (2004): *River Restoration: Potential and Limitations to Re-Establish Riparian Landscapes. Assessment & Planning*, doktorska disertacija, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich
- [7] *Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital: Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*, European Commission, Brussels, COM/2013/0249 final, 2013.
- [8] *Building a Green Infrastructure in Europe*, European Commission, Bruxelles, 2013.
- [9] Alves Beloqui, A. (2020): *Combining Green-Blue-Grey Infrastructure for Flood Mitigation and Enhancement of Co-Benefits*, doktorska disertacija, Delft University of Technology, Delft
- [10] Wahren, A., Schwärzel, K., Feger, K.-H. (2012): Potentials and Limitations of Natural Flood Retention by Forested Land in Headwater Catchments: Evidence from Experimental and Model Studies, *Journal of Flood Risk Management* 5, 321-335
- [11] Lüderitz, V., Jüpner, R., Müller, S., Feld, C. (2004): Renaturalization of streams and rivers — the special importance of integrated ecological methods in measurement of success. An example from Saxony-Anhalt (Germany), *Limnologica* 34 (3), 249-263
- [12] Rohde, S., Hostmann, M., Peter, A., Ewald, K. (2006): Room for rivers: An integrative search strategy for floodplain restoration, *Landscape and Urban Planning* 78 (1-2), 50-70
- [13] Yu, S., Brand, A. D., Berke, P. (2020): Making Room for the River: Applying a Plan Integration for Resilience Scorecard to a Network of Plans in Nijmegen, The Netherlands, *Journal of the American Planning Association* 86, 417-430
- [14] *Conservation and Restoration of Rivers and Floodplains*, World Meteorological Organization, Global Water Partnership, 2012.
- [15] Strategija upravljanja vodama, NN 91/2008
- [16] Forbes, H., Ball, K., McLay, F., (2015): *Natural Flood Management Handbook*, Scottish Environment Protection Agency, Stirling
- [17] *EU policy document on natural water retention measures* by the drafting team of the WFD CIS Working Group Programme of Measures (WG PoM), Technical Report – 2014-082, European Commission, 2014.





[18] Strosser, P., Delacámara, G., Hanus, A., Williams, H., Jaritt, N. (2015): *A guide to support the selection, design and implementation of Natural Water Retention Measures in Europe: Capturing the multiple benefits of nature-based solutions*, Directorate-General for Environment, Bruxelles.

[19] *Karte opasnosti od poplava 2019 – obuhvati 3 scenarija vjerojatnosti pojavljivanja*, WMS servis, Hrvatske vode, Zagreb, 2021.

[20] Uredba o standardu kakvoće voda, NN 96/19

[21] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis Consulting Ltd., Nottingham

[22] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu>

[23] Strategija prilagodbe klimatskim promjenama u Republici Hrvatskoj za razdoblje do 2040. godine s pogledom na 2070. godinu, NN 46/2020

[24] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.

# **SMJERNICE ZA TEHNIČKO PROJEKTIRANJE I PROCJENU SOCIOEKONOMSKE IZVEDIVOSTI MJERA ZELENE INFRASTRUKTURE**

## **KNJIGA 2 – MJERE POVEĆANJA KAPACITETA OKOLIŠA ZA PRIHVAT VODE**

## SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>Mjere povećanja kapaciteta okoliša za prihvat vode</b> .....	<b>3</b>
1.1	Obnova meandara.....	3
1.2	Obnova i reintegracija rukavaca i mrtvaja s vodotokom .....	29
1.3	Obnova poplavnog područja .....	58
1.4	Retencijski bazeni i bare .....	86
1.5	Ponorske zone .....	108
1.6	Obnova jezera .....	126
1.7	Obnova močvara.....	149
1.8	Šumski pokrivač u izvorišnim područjima .....	172
1.9	Obrana obalnih područja od poplava.....	193

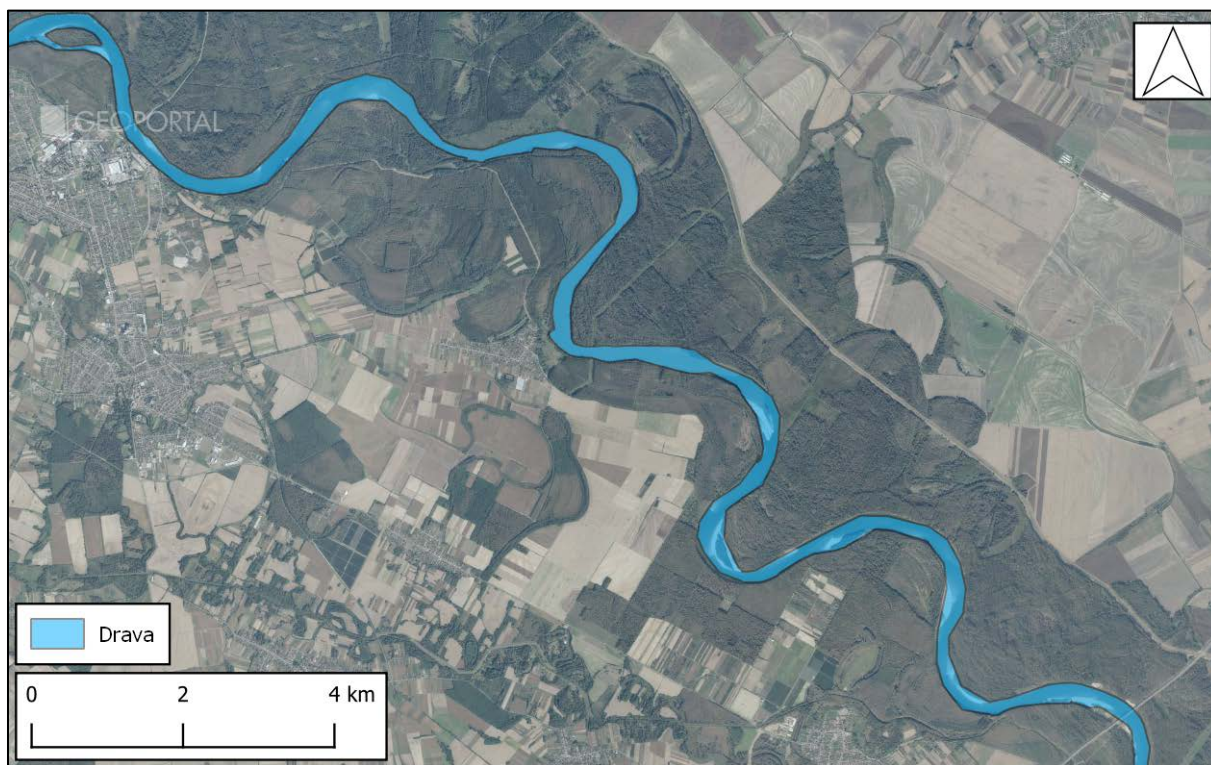
## 1 Mjere povećanja kapaciteta okoliša za prihvat vode

### 1.1 Obnova meandara

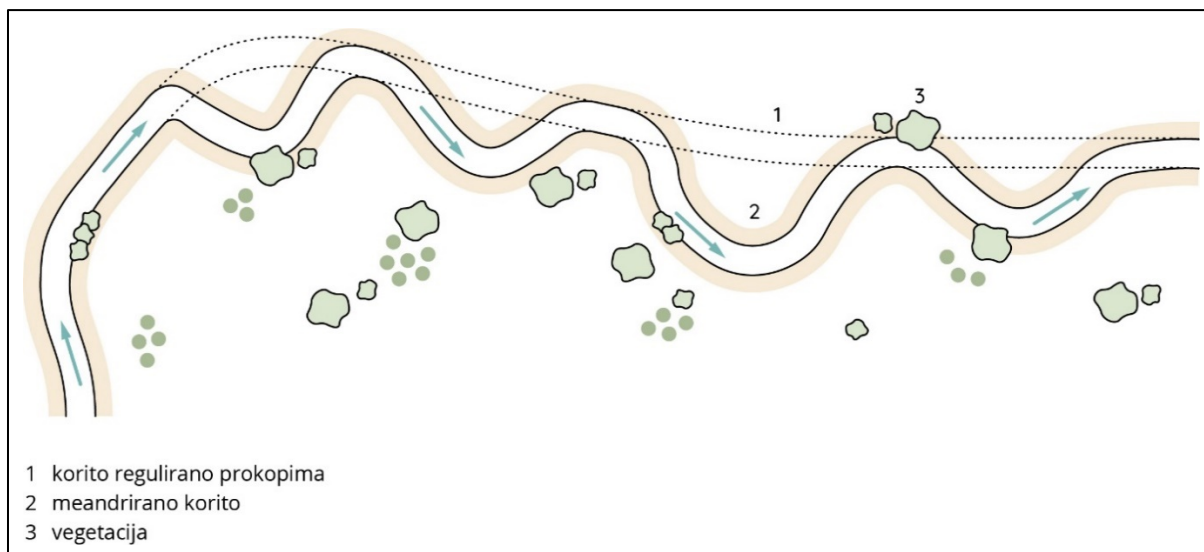
Meandar je oštar i dug zavoj korita vodotoka čija je duljina veća od duljine upisanog kružnog luka [1]. Meandri nastaju zbog erozijskog djelovanja vode na konkavnim, odnosno vanjskim i taloženja nanosa na konveksnim, odnosno unutarnjim obalama vodotoka. Prirodni vodotoci u svom donjem toku u pravilu krivudaju i sastoje se od meandara, dok se tečenje u pravcu u pravilu javlja na kraćim dionicama [2].

U prošlosti je česta praksa bila izravnavanje trase vodotoka i skraćivanje njegove duljine, čime se omogućavala plovidba, brži prolazak vodnih valova, izbjegavanje nastanka ledenih poplava te prenamjena zemljišta uz vodotok u poljoprivredne svrhe [3]. Izravnavanje meandrirajućeg toka provodilo se reguliranjem korita vodotoka prokopima, što je uzrokovalo odsijecanje i pregrađivanje pojedinih meandara, te probijanje novog korita [4].

Primjer meandriranja rijeke Drave u Republici Hrvatskoj između Belišća i Petrijevca prikazan je na slici u nastavku (Slika 1), dok je shematski prikaz meandriranja i usporedba s koritom reguliranim prokopima prikazan na sljedećoj slici (Slika 2).



Slika 1. Meandriranje Drave između Belišća i Petrijevca, 1:100.000 (DOF)



**Slika 2. Meandriranje vodotoka**

Obnova meandara je mjera zelene infrastrukture kojom se ponovno povezuju odsječeni meandri i vodotok [3]. Implementacijom mjere smanjuje se rizik od poplava na način da se produljuje tok, čime se povećava kapacitet, odnosno volumen korita vodotoka za prihvat vode, smanjuje brzina vode, produljuje propagacija vodnog vala i dolazi do određenog smanjenja maksimalnog protoka nizvodno uslijed povećanja kapaciteta korita vodotoka [5]. Mjerom se također smanjuje uzdužni pad vodotoka, što rezultira smanjenjem brzine tečenja, smanjenjem erozije na konkavnim obalama te povećanjem taloženja sedimenta na konveksnim obalama [3]. Provedbom mjere postiže se smanjenje opasnosti od poplava na području implementacije mjere te na nizvodnim dionicama vodotoka.

Obnova meandara obično je dio većeg projekta vraćanja u prirodno/doprirodno stanje nekog područja. Naime, koristi od implementacije mjere uvelike ovise o karakteristikama šireg područja implementacije poput načina korištenja zemljišta, urbaniziranosti područja, prisutnosti i vrsti vegetacije i sl., stoga određene promjene navedenih karakteristika mogu značajno povećati korist od ponovnog povezivanja odsječenih meandara s vodotokom [5].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.1.1 Tehnički opis

### 1.1.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere obnove meandara.

## Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 1) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja obnove meandra. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati budući da za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 1. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobrazna (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

## Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi odsječnog meandra i to: na lijevoj i desnoj obali te unutar korita meandra;



- na lokacijama postojećih pragova na početnom i završnom dijelu odsječnog meandra;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala i na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 2).

**Tablica 2. Vrste potrebnih istražnih radova**

<b>vrste potrebnih istražnih radova</b>
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i općenitih mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene šireg područja meandra te u svrhu određivanja povezanosti površinskih i podzemnih voda.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području meandra, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Obuhvat istraživanja kao i skupine flore i faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama šireg područja. Istraživanja će u većini slučajeva biti potrebno provesti za skupine indikatora vodenih organizama poput riba, školjkaša i rakova, kao i organizama ovisnih o vodi poput ptica, gmazova i vodozemaca. Prisutna flora i fauna te ekološki ciljevi implementacije mjere direktno uvjetuju tehničke karakteristike mjere poput nagiba obale, prisutnost i vrstu vegetacije i drugo.

### **Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta obnove meandra potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 3) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 3. Podloge potrebne za proračune**

<b>podloga</b>	<b>opis</b>
geodetska snimka	obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere; obuhvatiti područje vodotoka uzvodno i nizvodno od odsječnog meandra
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka i odsječnog meandra	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom visine do razine velike vode i uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta na lokaciji zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku i slivu na kojem se obnavljaju meandri)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	vodostaj, protok i pronos nanosa na lokaciji zahvata

podloga	opis
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 4). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

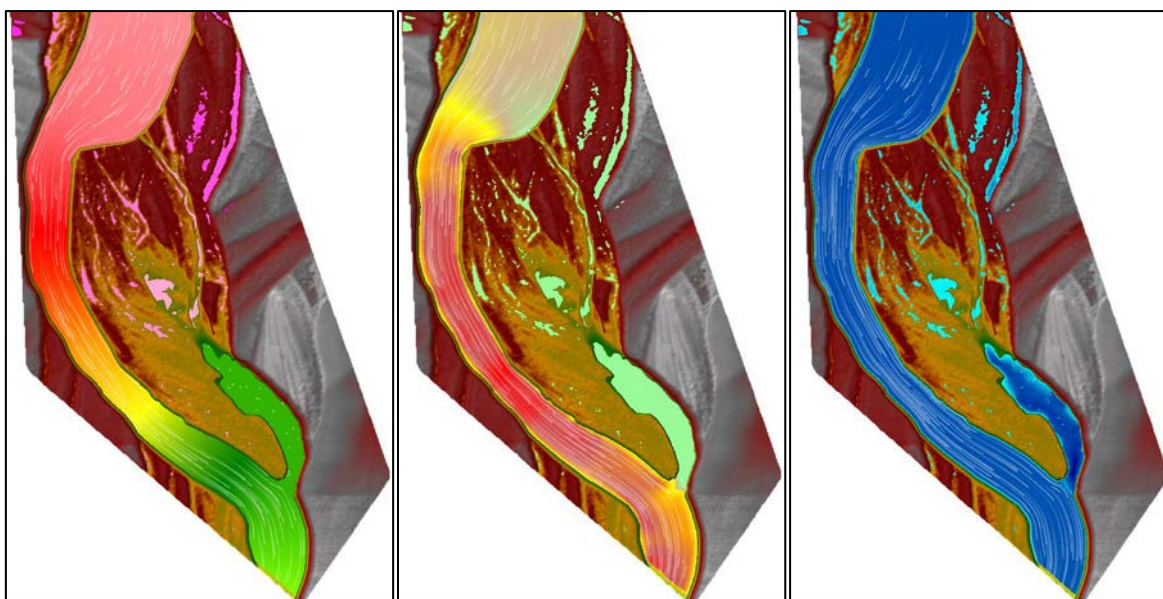
Tablica 4. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati krivulju trajanja protoka i vodostaja na dionici vodotoka na kojoj je predviđena obnova meandara;</li> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđeno spajanje s odsječnim meandrom.</li> </ul>
<p>Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž toka meandra kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa kroz obnovljeni meandar;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala - provesti analize utjecaja obnove meandra na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
<p>Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost korita – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.</li> </ul>
<p>Za nasute građevine u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti uzvodnog i nizvodnog pokosa;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje.</li> </ul>
<p>Za armirano-betonske građevine u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> </ul>

**proračuni**

- analiza deformacija;
- stabilnost protiv izdizanja;
- stabilnost na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije, hidraulički lom tla;
- globalna stabilnost temeljnog tla;
- dimenzioniranje konstrukcije.

Rješenje obnove meandara odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u postojećem i projektnom stanju meandra u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidrološkim postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Kao rezultate proračuna potrebno je prikazati dubine tečenja, visine vodnog lica, brzine i posmična naprezanja. Primjer rezultata hidrauličkog proračuna tečenja dan je na slici u nastavku (Slika 3).



**Slika 3. Prikaz rezultata hidrauličkog proračuna (lijevo-visina vodnog lica, sredina-posmična naprezanja, desno-dubina tečenja)**

Prilikom projektiranja obnove meandara u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre. Poplave se opisuju prema povratnom periodu – što je veća poplava, to je i dulji njezin povratni period. Modeli koji analiziraju utjecaj klimatskih promjena na povratni period vodostaja vodotoka predviđaju promjene u povratnim periodima [6].

### 1.1.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Budući da proces meandriranja i pojava meandara ne ovise o veličini vodotoka, odnosno mogu se pojavljivati na vodotocima svih veličina, nisu definirane minimalne dimenzije vodotoka ili sliva na kojem bi mjeru bilo moguće implementirati [3]. Minimalna širina projektnog područja unutar kojeg se provodi obnova meandra jednaka je maksimalnoj amplitudi koju meandar može postići pri specifičnim uvjetima tečenja u pojedinom vodotoku, odnosno maksimalnoj udaljenosti od ravnotežnog položaja ukoliko meandriranje vodotoka promatramo tlocrtno u obliku vala. Vrijednost maksimalne amplitude ovisi o vrsti meandra i moguće ju je okvirno izračunati prema formulama danim u tablici u nastavku (Tablica 5) [3]. Ovdje je bitno navesti kako vrijednost maksimalne amplitude ovisi o širini korita vodotoka, ali i o topografskim, geomorfološkim i hidrauličkim uvjetima na pojedinoj lokaciji, stoga ne postoji jednoznačni empirijski izraz za određivanje amplitude [7].

Tablica 5. Formula za izračun okvirne maksimalne amplitude meandra [3]

tip meandra	amplituda
ustaljeni meandar	6 x širina korita
djelomično ustaljeni meandar	7 x širina korita
lutajući meandar	11 x širina korita

Bez obzira na navedeno, ključan korak kod planiranja implementacije mjere je proučiti i rekonstruirati tlocrtni oblik vodotoka prije regulacijskih radova, primjerice putem starih kartografskih prikaza, kako bi se što točnije definirale geometrijske karakteristike meandara, među kojima je i vrijednost maksimalne amplitude, budući da će vodotok nakon implementacije mjere težiti prirodnom tečenju.

Za mjeru obnove meandara nisu definirana tehnička ograničenja u vidu pedoloških, geoloških i geomorfoloških karakteristika [3]. Proces meandriranja pojavljuje se na različitim podlogama, primjerice prisutan je i u panonskoj, gorskoj i primorskoj Hrvatskoj, iako su okolišni faktori koji definiraju proces bitno drugačiji. Prema ustaljenosti korita, razlikuju se lutajuća korita koja lako mijenjaju oblik i položaj, zatim neustaljena korita koje karakteriziraju slabe i spore izmjene, te ustaljena, gotovo fiksna korita. Prema geomorfološkim karakteristikama, meandri se mogu podijeliti na slobodne i ukliještene, a može se definirati i prijelazni tip. Slobodni meandri imaju mali uzdužni pad korita i uglavnom su prisutni u donjim tokovima s nevezanim materijalom, ukliještene meandri su usječeni u podlogu, ograničeni reljefnim barijerama i ne mogu se horizontalno širiti, dok su prijelazni meandri oni kojima je meandriranje omogućeno no ograničeno na usku zonu. Generalno se može reći kako se mjera najčešće implementira u nizinskom području s nagibom terena od 0,5% do 1%.

Mjeru je moguće provoditi na dionicama vodotoka gdje je u prošlosti bilo prisutno meandriranje, te navedeno predstavlja glavno ograničenje provedbe mjere. Formiranje meandara na vodotoku ili dionici vodotoka na kojem nije bilo prisutno prirodno meandriranje ne smatra se mjerom zelene infrastrukture [3]. Ukoliko se radi o obnovi meandara koji više nisu lako uočljivi u prostoru, za njihovu detekciju moguće je koristiti stare kartografske prikaze i aviosnimke, a detektirati se mogu i putem prisutne vegetacije.

Bitan ograničavajući faktor kod planiranja implementacije mjere su karakteristike šireg područja i način njegova korištenja - mjeru će biti jednostavnije implementirati na području okruženom poljoprivrednim površinama, nego na visoko urbaniziranom području. Implementacija mjere također može biti ograničena ili potpuno neizvediva na vodotocima s isprepletenim ili anastomozirajućim koritima. To su korita u kojima je tok podijeljen sprudovima, adama i otocima na kanale. Isprepletana korita su obično sedimentacijskog tipa jer je transportna snaga vodotoka mala pa dolazi do taloženja materijala, dok su anastomozirajuća erozijskog tipa – materijal između kanala je otporniji i može podržavati razvoj vegetacije. Zbog specifičnosti ekoloških procesa, posebnu pažnju je potrebno posvetiti prilikom razmatranja obnove meandara na močvarnom području, kako implementacijom mjere ne bi došlo do degradacije ovih ekološki vrlo vrijednih područja [3].

Ovisno o tome radi li se o vodotoku na kojem je dozvoljena plovidba (vodni put) te je li na njemu određen i klasificiran plovni put (dio vodnog puta propisane dubine, širine i drugih mjera koji je uređen, obilježen i siguran za plovidbu), implementacija mjere će biti ograničena. U ovim slučajevima potrebno je presjek korita meandra i zavojitost prilagoditi korištenju vodotoka u prometne svrhe.

Na morfološki nepovoljnijim profilima vodotoka u zimskim mjesecima mogući su problemi s pronosom leda i stvaranjem ledostaja, a posljedično i povećanje rizika od mogućih ledenih poplava. Najveći problemi nastaju uslijed ledohoda kada nakupine leda naiđu na zamrznuti dio vodotoka, fizičku prepreku ili plitki dio vodotoka te se počinju nabijati jedna pod drugu i u vrlo kratkom vremenu počinju stvarati nepropusnu ledenu barijeru. Ta ledena barijera može formirati gotovo nepropusnu pregradu, onemogućiti normalno otjecanje i izazvati uspor odnosno dizanje razine vodostaja na uzvodnom području te posljedično i poplave. Sa smanjenjem protoka i brzine vode u vodotoku kao i smanjenjem dubine vode, količina i brzina formiranja leda te njegova debljina se povećavaju. Ključni elementi pri tome su i riječna morfologija, odnosno sprudovi, plicaci, meandri, ali i objekti u vodotoku poput stupova mostova, odnosno prepreke i suženja na kojima se led može zaustavljati. Slijedom navedenog, budući da meandri mogu predstavljati kritična mjesta pronosa leda, prilikom projektiranja mjere u obzir je potrebno uzeti i navedeni faktor, kako implementacija mjere ne bi povećala rizik od poplava u situacijama pronosa leda i smrzavanja vodotoka [8].

Implementacija mjere može biti ograničena na pograničnim vodotocima, budući da je tada potrebna suradnja sa susjednom državom, koja u danom trenutku iz brojnih razloga može biti nezainteresirana za projekt ili u nemogućnosti ga provesti.

Provedba obnove meandara kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.



### 1.1.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 6 do Tablica 8) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere obnove meandara.

**Tablica 6. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Nanos koji sudjeluje u formiranju korita čine krute tvari u tekućoj vodi koje se kreću stalno ili povremeno s vodom. Dvije su vrste koritiformirajućeg nanosa: vučeni i suspendirani ili lebdeći nanos. S obzirom na to da je nanos jedan od ključnih elemenata u formiranju korita vodotoka, informacije o njegovoj količini i vrsti važne su zbog shvaćanja procesa erozije i sedimentacije unutar meandra i određivanja željenih uvjeta.
led	Prisutnost leda u meandru može uzrokovati ledostaj i povećava opasnost od ledenih poplava pa su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi tehničko rješenje meandra bilo u skladu s prirodnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata. Obnovom meandara dolazi do promjena u hidrološkom režimu na način da se produljuje tok, čime se povećava kapacitet korita za prihvat vode, smanjuje brzina vode, produljuje propagacija vodnog vala i dolazi do određenog smanjenja maksimalnog protoka nizvodno uslijed povećanja kapaciteta korita vodotoka. Ove promjene u hidrološkom režimu smanjuju opasnost od poplava na području implementacije mjere te na nizvodnim dionicama vodotoka.
hidrološki režim podzemnih voda	S obzirom na to da količina vode u vodotoku ovisi i o prihrani iz sustava podzemnog toka, podaci o razinama podzemne vode predstavljaju važan projektni parametar kod dimenzioniranja meandara. Prilikom projektiranja mjere treba obratiti pozornost da tehničko rješenje ne prouzroči značajnije promjene u razini podzemne vode.
opasnost od poplava šireg područja obnove meandra	Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje se izrađuju temeljem dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja, a koje prikazuju poplavne površine i dubinu vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere na smanjenje opasnosti od poplava, poplavne su površine i dubina poplavne vode te propagacija vodnog vala.

**Tablica 7. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi transportna moć vodnog toka i funkcionalnost meandra u obrani od poplava. Do promjene kapaciteta može doći uslijed promjena poprečnog profila i hrapavosti korita. Primjerice, povećanje hrapavosti obala rastom vegetacije uzrokuje smanjenje brzine toka čime se povećava vodno lice i posljedično smanjuje kapacitet za prihvat dodatne vode tijekom poplavnih događaja. S druge strane, dimenzijsko povećanje proticajnog profila može povećati kapacitet korita vodotoka.



hidraulički projektni parametar	opis
erodibilnost korita	Važan parametar koji ovisi o pronosu nanosa i erozijskoj snazi vode, a utječe na lokalnu ili globalnu nestabilnost korita meandra. Smanjenjem brzina tečenja, smanjuje se intenzitet fluvijalne erozije i meandar postaje ustaljeniji.
hrapavost korita	Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi dna i stanju obraštenosti korita, a opisuje se Manningovim koeficijentom hrapavosti. Povećanjem koeficijenta hrapavosti smanjuje se brzina tečenja i protok vode, ali se povisuje vodno lice pa je izbor koeficijenta hrapavosti jedan od ključnih parametara za uspješno funkcioniranje meandara u obrani od poplava. Ciljana vrijednost hrapavosti korita, tj. odabir materijala i vegetacije određuje se prema oblikovnim i konstruktivnim parametrima meandra te hidrološkim parametrima vodotoka, pri čemu se u obzir uzimaju i ekološke karakteristike vodotoka. Važan aspekt implementacije mjere je i vraćanje vodotoka u prirodno/doprirdno stanje u što je moguće većoj mjeri, a da se ujedno postigne i korist u vidu smanjenja opasnosti od poplava.

Tablica 8. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
uzdužni pad korita meandra	Navedeni parametar je uvjetovan kotama dna vodotoka na početnom i završnom dijelu spoja s odsječnim meandrom. Također, gdje je god to primjenjivo, trebao bi pratiti pad okolnog terena kako bi se poboljšala povezanost vodotoka s njegovim poplavnim područjem.
tlocrtni oblik meandra	Prilikom obnove meandara potrebno je konstruirati tlocrtni oblik meandra putem starih kartografskih prikaza budući da će vodotok nakon implementacije mjere težiti prirodnom tečenju. Veći radijusi zakrivljenosti meandara omogućavaju veće smanjenje brzina tečenja i produžuju trajanje vodnog vala. U slučaju obnove meandara na vodotoku koji se koristi za plovidbu, radijus zakrivljenosti, a time i tlocrtni oblik meandra potrebno je rekonstruirati na način da je osiguran plovni gabarit tijekom cijele godine.
nagib pokosa obala meandra	Nagib pokosa obala ovisi o tome je li obala stabilizirana hidrotehničkom građevinom, primjerice biološkom vodogradnjom, ili je podvrgnuta prirodnim procesima erozije i taloženja. Nagib je bitan parametar koji determinira prisutnost biljnih i životinjskih zajednica te ga je potrebno uskladiti s ekološkim ciljevima implementacije mjere.
širina projektnog područja	Ovisi o geometrijskim karakteristikama projektiranog meandra (npr. maksimalna amplituda meandra) koje je potrebno odrediti uz pomoć starih kartografskih prikaza te o načinu korištenja okolnog područja (npr. poljoprivreda ili urbani razvoj).
stabilizacija korita meandra	Ukoliko se pokaže potreba za stabilizacijom obala meandra, preporuča se primjena bioloških rješenja stabilizacije poput modificiranih obaloutvrda, koje su obrađene u zasebnom poglavlju u ovim Smjernicama (Knjiga 5, poglavlje 1.1)
biološki materijal	Ukoliko je primjenjivo, preporuča se korištenje materijala iz nalazišta na lokaciji zahvata, kao i biljnog materijala poput vrbovog pruča ( <i>Salix</i> sp.) dobivenog čišćenjem odsječnog meandra.

### 1.1.1.4 Ekološki aspekti mjere

Osim tehničkog aspekta mjere koje se odnosi na ponovno omogućavanje protoka vode kroz odsječeni meandar, da bi se mjera mogla smatrati zelenom infrastrukturom, mora sadržavati i elemente rješenja kojima se poboljšavaju ekološke karakteristike i usluge

ekosustava meandra i okolnog povezanog područja u odnosu na postojeće stanje, odnosno elemente rješenja vraćanja područja u prirodno/doprirodno stanje. Stoga je već u ranim fazama projekta bitno odrediti referentno stanje područja implementacije mjere, kako bi se moglo analizirati u kojoj mjeri je referentno stanje moguće vratiti i odabrati optimalno rješenje obnove meandara. Referentno stanje uključuje ekološke karakteristike koje bi područje imalo u prirodnom/doprirodnom stanju, odnosno bez značajnih negativnih antropogenih utjecaja. Navedeno se odnosi na:

- vrstu staništa koja se može očekivati na širem području,
- povezanost meandra i poplavnog područja,
- prisutnost i vrstu vegetacije u koritu, na obalama i povezanom poplavnom području,
- intenzitet fluvijalnih procesa (pronos i taloženje nanosa te erozija).

Kad je poznato referentno stanje, mogu se postaviti optimalni ciljevi koji se žele postići implementacijom mjere, a na koje direktno utječu ostali faktori, prvenstveno antropogeni, poput načina korištenja zemljišta, prisutne infrastrukture, vrijednosti područja itd. Ovisno o antropogenim faktorima, optimalna rješenja obnove meandara kreću se u vrlo velikom rasponu. Primjerice, u jednom slučaju projekt može uključivati potpuno omogućavanje fluvijalnih procesa erozije i taloženja nanosa bez stabilizacije korita/obale te nesmetani razvoj i migraciju meandara i mijenjanje tlocrtnog položaja vodotoka, uz razvoj širokog pojasa riparijske vegetacije. Navedeno će biti moguće ostvariti na području gdje se uz meandar ne nalazi visoko vrijedna infrastruktura/zemljište. U drugom slučaju, erozija neće biti poželjna budući da se uz obalu meandra može nalaziti vrijedna infrastruktura koju nije moguće premjestiti. U tom slučaju će implementacija mjere uključivati i stabilizaciju obale, odnosno lokalno zaustavljanje erozije. Iako ovdje projekt poprima karakteristike sive, odnosno klasične mjere zaštite od štetnog djelovanja vode, moguće ga je prilagoditi kako bi se mogao smatrati mjerom zelene infrastrukture. Navedeno se može postići omogućavanjem rasta riparijske vegetacije, korištenjem bioloških vodogradnji za stabilizaciju obale te stvaranjem mikrostaništa koja će poboljšati stanišne uvjete za organizme poput riba i rakova.

Slijedom navedena dva krajnja primjera, jasno je kako postoji veliki broj rješenja mjere obnove meandara, a koja prvenstveno ovise o antropogenim karakteristikama područja implementacije mjere. U kontekstu zelene infrastrukture, kod odabira rješenja neophodno je uključiti barem jedan element koji pozitivno utječe na ekološke karakteristike područja i povećava vrijednosti usluga ekosustava. To može primjerice biti poboljšanje kvalitete prisutnih prirodnih/poluprirodnih staništa, ponovno stvaranje ugroženih/rijetkih staništa i/ili staništa ugroženih/strogo zaštićenih vrsta, omogućavanje prirodnih fluvijalnih procesa ili poboljšanje kakvoće vode.

Bitan element mjere može biti omogućavanje odvijanja fluvijalnih procesa i stvaranja erodiranih obala i sprudova, koja su bitna staništa za pojedine organizme kao što su ptice bregunica *Riparia riparia*, vodomar *Alcedo atthis*, pčelarica *Merops apiaster*, mala čigra *Sterna albifrons* i druge. Mjera može uključivati i obnovu riparijske vegetacije koja, osim što pruža stanište brojnim vrstama, sudjeluje i u pročišćavanju vode. Očuvanje ili razvoj vodene vegetacije također može biti bitan element rješenja, budući da vodena vegetacija na dijelovima manje brzine i snage vodotoka predstavlja važna staništa za ribe, vodozemce i gmazove.

Kod odabira ekoloških elemenata rješenja koje će mjera uključivati, naglasak mora biti na autohtonj flori i fauni, koja se prirodno pojavljuje ili se pojavljivala na području implementacije mjere. Ukoliko se mjera planira implementirati unutar područja ekološke mreže, aktivnosti bi trebale biti usmjerene na poboljšanje stanišnih uvjeta za ciljne vrste i ciljna staništa ili na zadržavanje postojećih zadovoljavajućih.

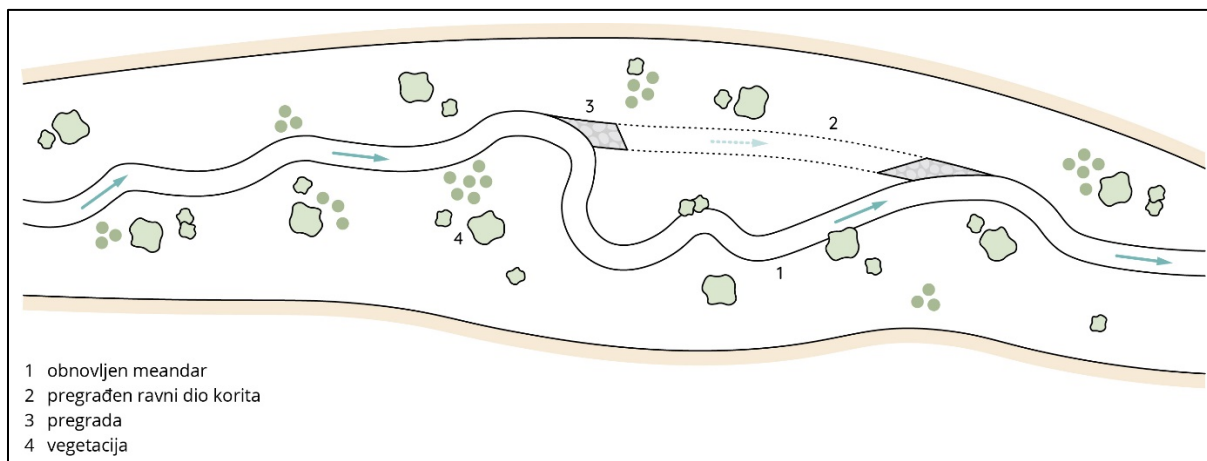
Odabir elementa koji će mjeru učiniti zelenom infrastrukturom direktno ovisi o karakteristikama, problemima i mogućnostima područja na kojem se mjera planira implementirati. Stoga je od iznimne važnosti od najranije faze planiranja uključiti stručnjake iz različitih područja.

### 1.1.1.5 Vrste radova

Mjera obnove meandara najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- uklanjanje sedimentnog i biološkog materijala iz meandra i uređenje korita meandra;
- uklanjanje pregrada kojima su pregrađeni meandri i formirano korito regulirano prokopom;
- stabilizacija obale vodotoka;
- pregrađivanje ili zatrpavanje prokopa koji se napušta implementacijom mjere;
- produbljenje i proširenje vodotoka.

Na slici u nastavku (Slika 4) prikazan je shematski prikaz obnove meandara, dok su opisi navedenih radova dani u tekstu ispod slike.



Slika 4. Obnova meandara

### Uklanjanje sedimenta iz meandra i uređenje korita meandra

Za ponovno spajanje odsječnog meandra s vodotokom, u većini slučajeva bit će potrebno ukloniti materijal istaložen u meandru, odnosno sniziti kotu dna meandra, kako bi se osigurali uvjeti za tečenje vode i formirao optimalan proticajni profil meandra. Navedeno

je posebno važno na početnom i završnom dijelu odsječenog meandra. Prije uklanjanja sedimenta potrebno je provesti analize fizikalno-kemijskih karakteristika sedimenta. Ispitivanja se provode na parametre propisane relevantnim zakonodavstvom kako bi se utvrdila pogodnost odlaganja sedimenta na poljoprivrede površine. Ukoliko se pokaže da sediment nije pogodan za tu namjenu, potrebno je izraditi dokumentaciju u svrhu zbrinjavanja sedimenta na način da ne dođe do onečišćenja okoliša.

Količina uklonjenog materijala izravno ovisi o veličini projektnog područja, odnosno o dimenzijama i broju meandara. Bitno je navesti kako je uzdužni pad korita meandra uvjetovan kotama dna vodotoka na početnom i završnom dijelu spoja s odsječenim meandrom. Uzdužni pad korita meandra, gdje god je to primjenjivo, trebao bi pratiti pad okolnog terena kako bi se poboljšala povezanost vodotoka s njegovim poplavnim područjem [9]. U određenim slučajevima bit će potrebno prilagoditi, točnije produbiti i/ili proširiti korito vodotoka na koji se ponovno želi spojiti odsječen meandar.

### **Uklanjanje pregrada kojima su pregrađeni meandri i formirano korito regulirano prokopom**

Odsijecanje meandara od vodotoka najčešće se provodilo izgradnjom pragova od krupnog kamenog materijala. Kako bi se omogućilo tečenje u meandru, pragove je potrebno ukloniti, a materijal je moguće iskoristiti za pregrađivanje prokopa ukoliko se on napušta ili za stabilizaciju obala vodotoka ukoliko se očekuje njihova erozija. Ovdje se svakako preporuča razmotriti primjenu bioloških rješenja stabilizacije.

### **Stabilizacija obale vodotoka**

Kako bi se spriječili nekontrolirani erozijski procesi koji mogu utjecati na stabilnost i funkcionalnost meandra, početni i završni dio odsječenog meandra često će biti potrebno stabilizirati, budući da lokalnim erozijskim procesima može nastati sediment koji se pronosi i taloži u koritu meandra. No stabilizacija obale nije ograničena samo na početni i završni dio meandra, nego ovisno o njegovom obliku te hidrološkim, hidrauličkim i pedološkim karakteristikama, može se pokazati potrebnim stabilizirati obalu i na drugim dijelovima. Generalno, stabilizaciju obala je potrebno izbjegavati, odnosno provoditi samo gdje je to zaista neophodno, kako bi se u što je moguće većoj mjeri omogućilo odvijanje prirodnih procesa erozije i taloženja nanosa. Stoga je modeliranje budućih procesa na lokaciji implementacije mjere vrlo bitan element rješenja koji je potrebno uključiti od samog početka planiranja implementacije mjere. Ukoliko se pokaže potreba za stabilizacijom određenog dijela vodotoka, svakako se preporuča upotreba bioloških vodogradnji, koje uzrokuju manje negativne utjecaje na bioraznolikost u odnosu na siva, odnosno klasična rješenja, poput kamenog nabačaja, armirano-betonskih obaloutvrda i sl., a također pružaju i neke dodatne koristi, npr. vegetacija povećava hrapavost obale i usporava tečenje. Za izgradnju bioloških vodogradnji moguće je koristiti biljni materijal uklonjen iz samog meandra poput vrbovog pruća (*Salix* sp.). Bitno je naglasiti kako mogućnost primjene pojedinih rješenja stabilizacije obale ovisi o konkretnoj lokaciji, intenzitetu erozije i uvjetima tečenja. Biološke vodogradnje za stabilizaciju obale opisane su u zasebnom poglavlju u ovim Smjernicama (Knjiga 5).

## **Pregrađivanje ili zatrpavanje prokopa koji se napušta implementacijom mjere**

Uz uklanjanje pragova na početnom i završnom dijelu meandra, bitan element za osiguravanje protočnosti meandra je i pregrađivanje prokopa koji se želi napustiti. Najjednostavnije rješenje je potpuno pregrađivanje prokopa i eventualno njegovo zatrpavanje za što je moguće koristiti materijal iz iskopa iz meandra. No ovdje se nudi nekoliko potencijalno boljih opcija čija izvedivost će prvenstveno ovisiti o karakteristikama područja implementacije mjere. Primjerice, prokop je moguće samo djelomično pregraditi, osigurati stalni ili povremeni tok vode i prepustiti ga prirodnim procesima, a moguće ga je i zadržati u funkciji pri visokim vodostajima gdje će služiti kao oteretni kanal i time dodatno pridonijeti smanjenju rizika od poplava. Ovisno o tome radi li se o potpunom ili djelomičnom rješenju pregrađivanja prokopa, odabire se materijal za pregradu, a za što se može koristiti i materijal iz uklonjenih pragova na meandru. Ovisno o hidrološkim i hidrauličkim karakteristikama i zahtjevima za stabilnost pregrade, potrebno je razmotriti mogućnost pregrađivanja zemljanim materijalom i sadnju vegetacije, što je svakako ekološki prihvatljivija varijanta od kamenog nabačaja. No ovdje je stabilnost pregrade svakako ključan faktor, budući da njezino probijanje može ugroziti čitav projekt obnove meandra.

## **Produbljenje i proširenje vodotoka**

Ukoliko projekt obnove meandara uključuje i povezano poplavno područje uz meandar, koristi od implementacije mjere će biti značajno veće. Uz navedene radove vezane uz vodotok i meandar, na povezanom poplavnom području moguće je provesti niz aktivnosti koje će doprinijeti povećanju hrapavosti i smanjenju intenziteta površinskog otjecanja, a ujedno i povećati vrijednost i broj usluga ekosustava koje područje pruža. Tu se prvenstveno misli na promjenu načina korištenja zemljišta te obnovu i razvoj vegetacije. Navedene aktivnosti opisane su u zasebnom poglavlju u sklopu mjere obnove poplavnog područja (Knjiga 2, poglavlje 1.3). Obnova meandara često je jedna od aktivnosti projekata obnove poplavnog područja.

## **Izvedba radova**

Svi prethodno navedeni radovi predstavljaju uobičajene radove u vodnom gospodarstvu te ih je moguće izvoditi prema dosadašnjoj praksi. Ovisno o karakteristikama lokacije radove je moguće izvoditi kopnom ili plovnom mehanizacijom. Prilikom odabira tehnologije izvođenja radova potrebno je obratiti pozornost na mogućnost ostvarenja transportnih i pristupnih putova te na način postupanja s materijalom iz iskopa meandra. Posebna ograničenja izvođenja radova, specifična za konkretne lokacije implementacije mjere mogu se odrediti tijekom postupaka procjena utjecaja zahvata na okoliš i ekološku mrežu.

### **1.1.1.6 Održavanje mjere**

Kako bi se održala funkcionalnost meandara u pogledu smanjenja opasnosti od poplava te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, neophodno je redovito provoditi praćenje stanja obnovljenog meandra. Praćenje stanja uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa poput erozije i taloženja nanosa te eventualnu identifikaciju



kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji od željenih, odnosno projektiranih. Ukoliko projekt uključuje hidrotehničke građevine za stabilizaciju obale, pregrađivanje prokopa i sl., praćenje stanja treba uključivati i provjeru stabilnosti istih. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projektnih rješenja. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva vezanih uz ODV i uz usluge ekosustava, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem direktno ovisi o karakteristikama projekta, a može uključivati održavanje riparijske vegetacije, sanaciju hidrotehničkih građevina kao što su pragovi ili stabilizirano korito, održavanje odgovarajuće dubine korita, uklanjanje nanosa biljnih ostataka na kritičnim mjestima i sl. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja.

Izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete, što može uključivati stabilizaciju obale na kojoj dolazi do erozije intenzivnije od željene, odnosno projektirane.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.1.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 9) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 9) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).



Tablica 9. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop meandra	m <sup>3</sup>
2.2	Uređenje ulaza i izlaza meandra	m <sup>3</sup>
2.3	Uklanjanje elemenata postojeće sive infrastrukture	m <sup>3</sup>
2.4	Izgradnja modificirane obaloutvrde	m <sup>3</sup>

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere obnove meandara čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi. Naime, područja odsječenih meandara često su prenamijenjena te se ona na neki način koriste (npr. poljoprivreda ili urbani razvoj). Obnovom meandara trenutni način korištenja područja djelomično ili u potpunosti više neće biti moguć pa je navedeno potrebno kompenzirati vlasnicima/korisnicima područja, pri čemu će kompenzacijski trošak značajno varirati ovisno o namjeni zemljišta.

Radi uvida u moguće očekivane ukupne troškove obnove meandara uzeta su dva primjera sličnih projekata koji su provedeni na području EU, a za koje su dostupni detaljni iznosi troškova. Oba projekta provedena su u Danskoj, jedan na rijeci Brede i drugi na rijeci Skjern. Prosječan trošak radova na obnovi meandara prema podacima za navedena dva projekta iznosi oko 400.000 €/km. Tome treba pridodati i prosječan trošak otkupa zemljišta od oko 600 €/ha [3, 5].

Prema dostupnim podacima o planiranim projektima obnove meandara u EU, procjenjuje se kako prosječni ukupni trošak obnove meandara iznosi oko 90.000 €/ha. Najveći udio troškova u ukupnom trošku otpada na izgradnju [5].

### 1.1.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 10) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih

radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 10) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 10. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.1.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

#### 1.1.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 11) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [3], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 11. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
<p> smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva</p> <p> usporavanje površinskog otjecanja sa sliva</p>	<p>Proširenjem funkcionalnog riječnog područja omogućuje se smanjenje brzine površinskog otjecanja i povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode. Značajnost utjecaja ovisi o prisutnosti odgovarajuće vegetacije i svojstvima tla.</p>
<p>kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode</p>	<p>Povećanjem duljine toka i ponovnim povezivanjem odvojenih meandara povećava se kapacitet (volumen) vodotoka za skladištenje vode.</p>
<p>smanjenje brzine toka</p>	<p>Meandriranjem i povećanjem duljine vodotoka dolazi do smanjenja brzine toka.</p>
<p>povećanje evapotranspiracije</p>	<p>Ukoliko je mjera popraćena razvojem vegetacije na obalama i poplavnom području, može doći do povećanja pohranjivanja vode u biljkama i evapotranspiracije, čime se smanjuje površinsko otjecanje.</p>
<p>povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode</p>	<p>Meandriranje povećava površinu vlažnih područja čime se može povećati infiltracija i prihranjivanje podzemnih voda.</p> <p>Ukoliko je mjera popraćena promjenom zemljišnog pokriva, može doći do povećanja kapaciteta tla za skladištenje vode.</p>
<p>povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode</p>	<p>Povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode proporcionalno je duljini obnovljenog meandra.</p>

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.1.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 12) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [3, 10, 11], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine

br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 12. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Mjera pridonosi poboljšanju kvalitete staništa za vodene i o vodenim ekosustavima ovisne organizme. Značajnost utjecaja mjere ovisi o trenutnom stanju vodotoka i odsječenih meandara te prisutnim antropogenim pritiscima. Korist od mjere može se povećati obnovom/razvojem riparijske vegetacije, promjenom načina korištenja zemljišta uz vodotok i sl., odnosno dodatnim mjerama kojima se povećava „prirodnost“ šireg područja te smanjuje antropogeni pritisak.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Vraćanjem vodotoka u prirodno/doprirodno stanje i omogućavanjem odvijanja fluvijalnih procesa značajno se pozitivno utječe na sve hidromorfološke elemente.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Mjera sama po sebi u maloj mjeri može pridonijeti poboljšanju stanja fizikalno-kemijskih elemenata i specifičnih onečišćujućih tvari. Ukoliko je mjera popraćena promjenama u zemljišnom pokrovu, karakteristikama tla, razvojem riparijske vegetacije i buffer zona, obnovom/izgradnjom močvara te pošumljavanjem, značajno se povećava sposobnost tla i pokrova za apsorpcijom, filtriranjem, pročišćavanjem i transformiranjem onečišćenja i onečišćujućih tvari.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	Funkcionalno područje vodotoka mora biti najmanje 50 m širine kako bi zadržalo ispiranje u rijeku većine hranjivih tvari iz poljoprivrede (von Bluecher, 2010).

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*).

Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [12].

Budući da se implementacijom mjere obnove meandara mogu očekivati i značajni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.1.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 13) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [3, 13, 14], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 13. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbe biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Vraćanjem vodotoka u prirodno/doprirodno stanje i poboljšanjem stanja vodenog ekosustava, direktno se omogućuje povećanje bioraznolikosti, a čime dolazi i do povećanja vrijednosti opskrbnih biotičkih usluga ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisi o stanju okolnog područja koje direktno utječe na ekološke značajke i stanje vodotoka. Značajno degradirano okolno područje umanjuje korist mjere (npr. intenzivna poljoprivreda i ostali izvori onečišćenja, uklonjena riparijska vegetacija i sl.). Ukoliko je mjera popraćena revitalizacijom riparijske vegetacije, promjenom načina korištenja zemljišta i sl., odnosno dodatnim mjerama kojima se povećava „prirodnost“ šireg područja i smanjuje antropogeni pritisak, vrijednosti usluga ekosustava se povećavaju.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Korist od mjere ovisi o stanju okolnog područja koje direktno utječe na ekološke značajke i stanje vodotoka. Ukoliko je mjera popraćena promjenama u zemljišnom pokrovu, karakteristikama tla, razvojem riparijske vegetacije i buffer zona, obnovom/izgradnjom močvara te pošumljavanjem, značajno se povećava sposobnost tla i pokrova za apsorpcijom, filtriranjem, pročišćavanjem i transformiranjem onečišćenja i onečišćujućih tvari.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Ovisno o trenutnom stanju korita i riparijske vegetacije, mjerom se smanjuje brzina toka što može dovesti do smanjenja erozije i povećanja sedimentacije. S druge strane, mjera dovodi do povećanja površine obale vodotoka podložne eroziji. Razvoj/obnova/očuvanje riparijske vegetacije ključna je za pružanje usluge kontrole erozije. Ukoliko je mjera popraćena promjenama u zemljišnom pokrovu, razvojem riparijske vegetacije i buffer zona, obnovom/izgradnjom močvara te pošumljavanjem, pospješuje se smanjenje brzine toka i povećanje kapaciteta (volumen) vodotoka za skladištenje vode, čime se pruža usluga regulacije hidrološkog ciklusa i toka vode te smanjuje opasnost od poplava.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Poboljšanje stanja vodenog ekosustava direktno utječe na povećanje bioraznolikosti. Korist od mjere ovisi o stanju okolnog područja koje direktno utječe na ekološke značajke i stanje vodotoka.
2.2.5. svojstva vode	Poboljšanje stanja vodenog ekosustava direktno utječe na povećanje bioraznolikosti, čime dolazi i do povećanja kakvoće vode djelovanjem živih organizama prisutnih u njoj. Korist od mjere ovisi o stanju okolnog područja koje direktno utječe na ekološke značajke i stanje vodotoka.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Tekuća voda i riparijska vegetacija smanjuju temperaturne amplitude i povećavaju toplinski osjet ugođe u svojoj neposrednoj blizini. Stoga značajnost učinka mjere ovisi o popratnim mjerama razvoja/obnove/očuvanja riparijske vegetacije.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Povećanjem bioraznolikosti i ekoloških vrijednosti vodotoka, povećava se i vrijednost svih kulturoloških biotičkih usluga ekosustava.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Povećanjem duljine toka i ponovnim povezivanjem starih meandara povećava se kapacitet (volumen) vodotoka za skladištenje vode.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Povećanjem duljine toka i meandriranjem smanjuje se brzina toka i povećava kapacitet (volumen) vodotoka za skladištenje vode čime se pruža usluga regulacije hidrološkog ciklusa i toka vode te smanjuje rizik od poplava.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Povećanjem „prirodnosti“ povećava se i vrijednost svih kulturoloških abiotičkih usluga ekosustava.



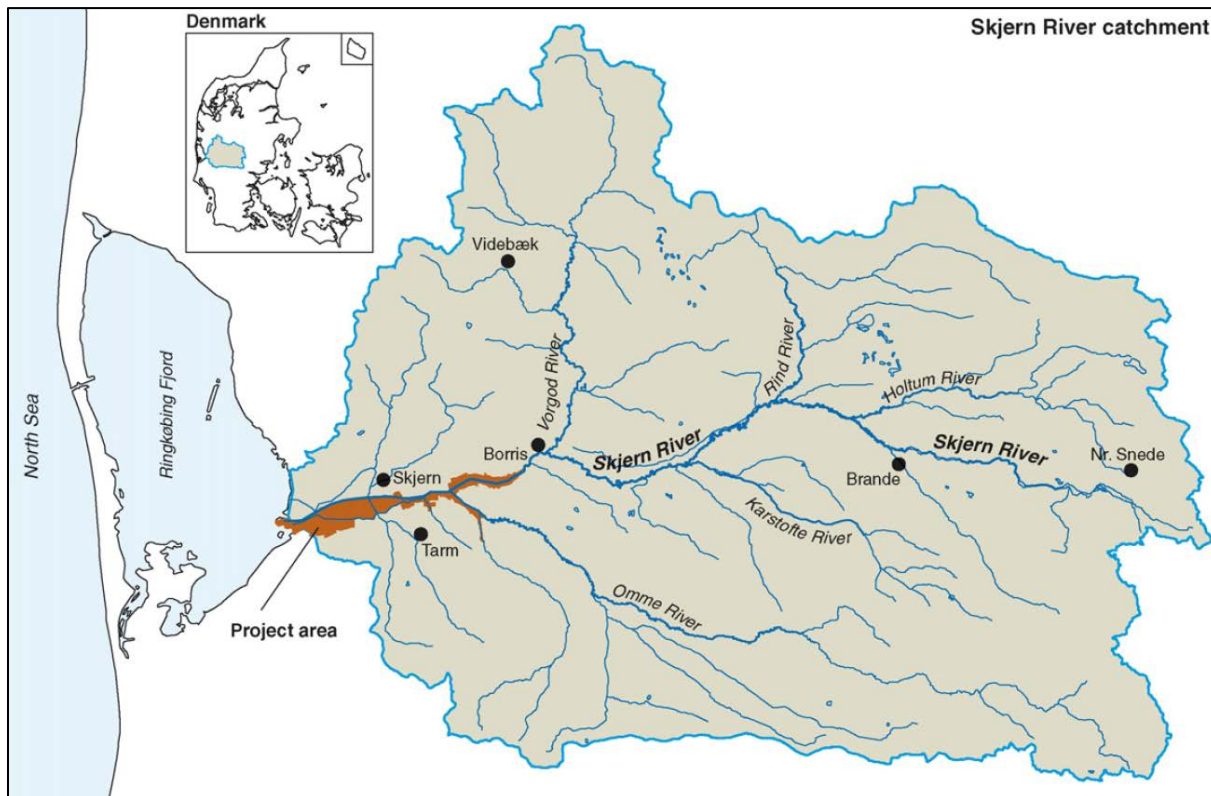
usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

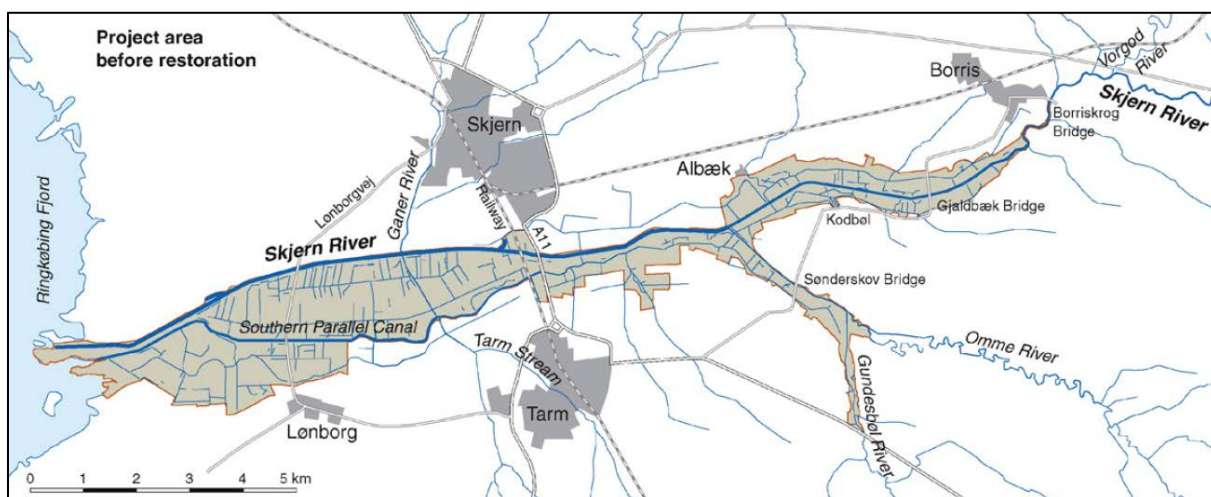
### **1.1.3 Primjer mjere - obnova meandara na rijeci Skjern u Danskoj**

U sklopu projekta obnove rijeke Skjern u Danskoj, od 1999. od 2002. godine izvedeni su radovi obnove meandara i vraćanja prirodnog, krivudavog toka rijeke koja je 60-ih godina prošlog stoljeća regulirana i izravnata kako bi se omogućilo širenje poljoprivrednih površina. Na slici u nastavku (Slika 5) prikazan je sliv rijeke Skjern i projektno područje.



Slika 5. Sliv rijeke Skjern i projektno područje [15]

Rijeka Skjern je 1960-ih godina regulirana u duljini od 19 km. Korito je izravnavano, utvrđeno i produbljeno, a poplavno područje koje je karakterizirao mozaik pašnjaka i močvara, površine oko 4.000 ha, odvojeno je nasipom i pretvoreno u mozaik obradivih poljoprivrednih zemljišta. Na slici u nastavku (Slika 6) prikazano je projektno područje rijeke Skjern prije provedbe projekta obnove [15].



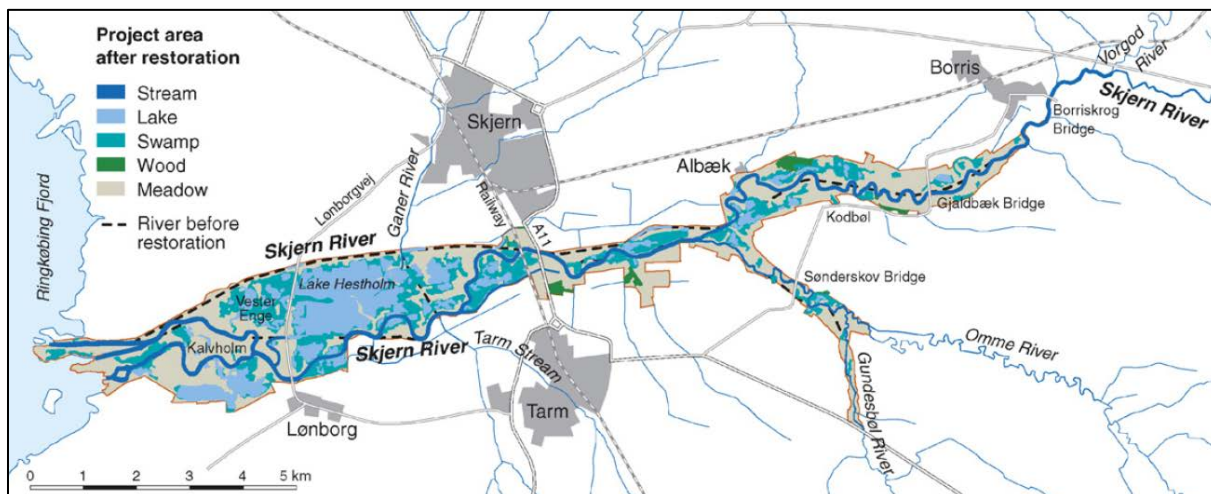
Slika 6. Projektno područje rijeke Skjern prije projekta obnove [15]

Projekt je uključivao obnovu prirodnog toka rijeke sastavljenog od meandara i ponovno uspostavljanje hidrološke povezanosti rijeke i njezinog poplavnog područja. Ciljevi projekta bili su poboljšanje sustava zaštite od poplava, bolji pronos sedimenta i izmjena vode, povećanje bioraznolikosti i poboljšanje kakvoće vode u rijeci i nizvodnom fjordu Ringkøbing. Uz navedeno, projekt je uključivao i prilagodbu čitavog prostora rekreacijsko-turističkoj svrsi.

Obnova područja provodila se od lipnja 1999. do rujna 2002., a uključivala je sljedeće:

- iskop glavnog, meandrirajućeg riječnog korita čime se povećala duljina s 19 na 26 km te iskop pritoka ukupne duljine oko 40 km);
- zatrpavanje izravnatog korita i otvorenih drenažnih kanala;
- uklanjanje hidrotehničkih građevina - dio nasipa koji je izgrađen 1960-ih, 2 crpne stanice i brane;
- iskop i izgradnja plitkih vodnih tijela poput jezera na poplavnom području;
- sadnja niske vegetacije i obnova močvara na poplavnom području;
- izgradnja mostova i pješačkih staza.

Ukupni troškovi projekta iznosili su 37,7 milijuna €, a obuhvaćali su troškove planiranja, otkupa zemljišta, građevinskih radova, monitoringa okoliša i drugih popratnih troškova. Na slici u nastavku (Slika 7) prikazano je projektno područje rijeke Skjern nakon provedbe projekta obnove [15].



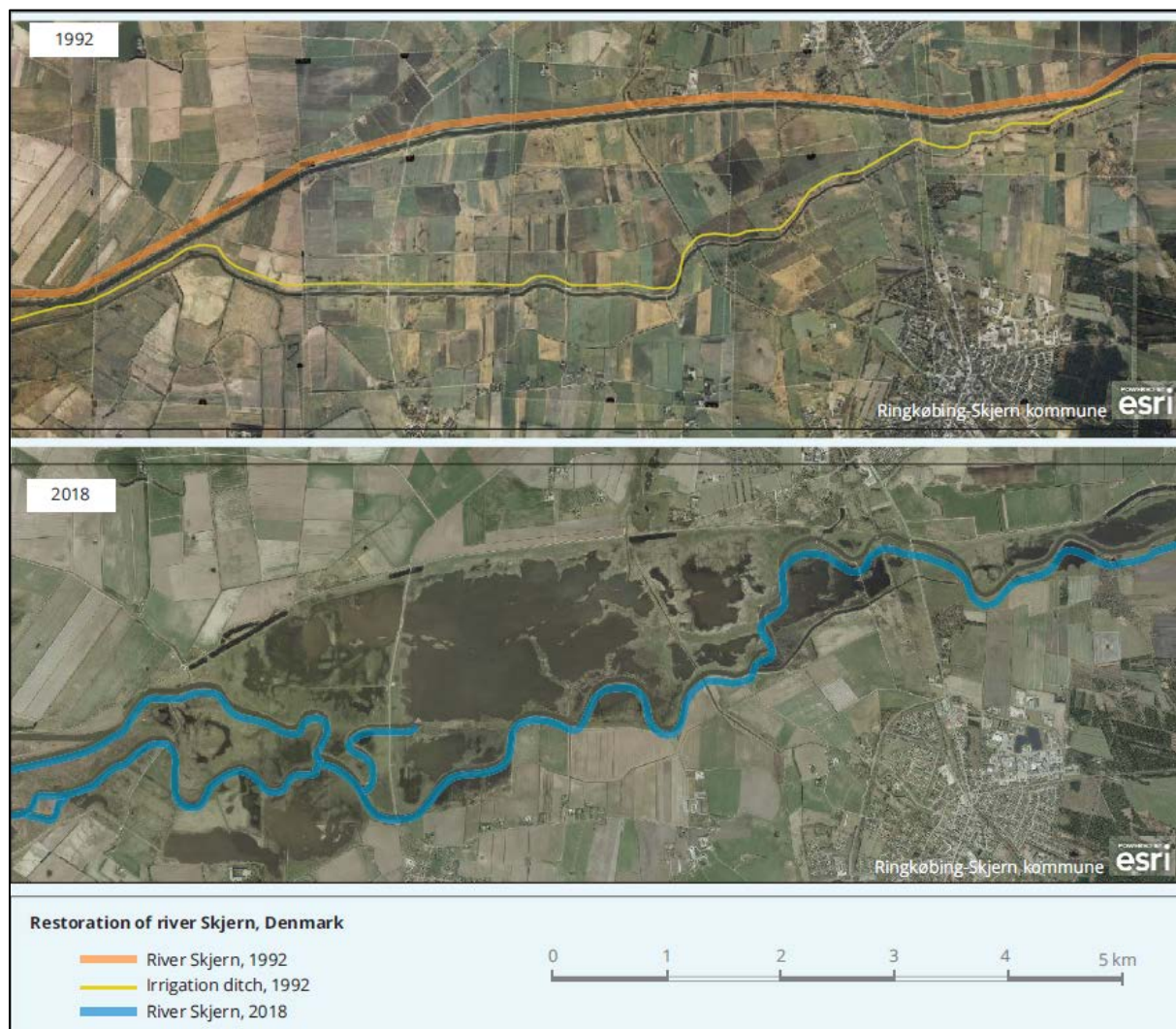
**Slika 7. Projektno područje rijeke Skjern nakon projekta obnove [15]**

Realizacijom projekta povećala se duljina glavnog toka rijeke Skjern za 7 km i vraćen joj je prirodni meandrirajući tok. Dobiveno je funkcionalno poplavno područje koje se sastoji od močvara, plitkih vodnih tijela i livada, odnosno vrijedni ekosustavi velike bioraznolikosti koju ujedno sudjeluju i u sustavu zaštite od poplava. Područje je danas uključeno u NATURA 2000 ekološku mrežu područja važnih za očuvanje ugroženih vrsta i stanišnih tipova EU. Kako bi projektno područje ostalo funkcionalno i u narednim godinama, važan element projekta obuhvaćao je strategiju upravljanja, održavanja i monitoringa, što je



jedan od važnijih elemenata svakog projekta revitalizacije i primjene zelene infrastrukture [15].

Na slici u nastavku (Slika 8) prikazana je satelitska snimka zapadnog dijela projektnog područja prije i nakon provedbe projekta [6].



Slika 8. Satelitska snimka zapadnog dijela projektnog područja prije i nakon provedbe projekta [6]

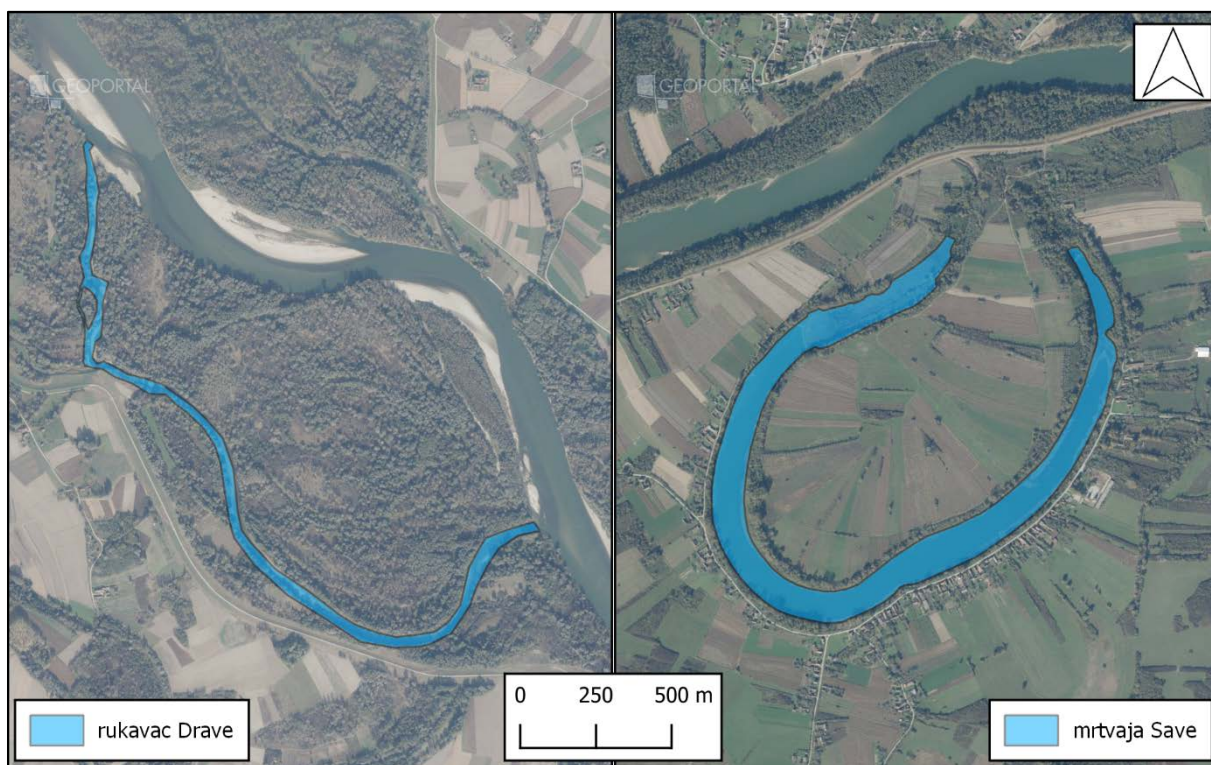
#### 1.1.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Kuspilić, N. (2009): *Regulacije vodotoka*, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- [2] Vuković, Ž. (1995): *Osnove hidrotehnike*, 1. dio, 2. knjiga
- [3] *Re-meandering*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/re-meandering>
- [4] Kuspilić, N., Ocvirk, E. (2016): *Hidrotehničke građevine*, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

- [5] *Green Infrastructure and Flood Management, Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions*, EEA Report No 14/2017, 2017.
- [6] *Floodplains: a natural system to preserve and restore*, EEA Report, No 24/2019, 2019.
- [7] Piégay, H., Darby, S.E., Mosselman, E., Surian, N. (2005): A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion, *River Research and Applications*, 21: 773-789
- [8] Geonatura d.o.o. (2019): *Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš: Zahvat uređenja korita rijeke Drave*, Hrvatske vode
- [9] *Manual of River Restoration Techniques*, 4th edition, The River Restoration Centre, 2021., <https://www.therrc.co.uk/>
- [10] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [11] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [12] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [13] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [14] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [15] Pedersen, M.L., Andersen, J.M., Nielsen, K., Linnemann, M. (2007): Restoration of Skjern River and its valley: Project description and general ecological changes in the project area, *Ecological Engineering*, Volume 30, Issue 2, 131-144

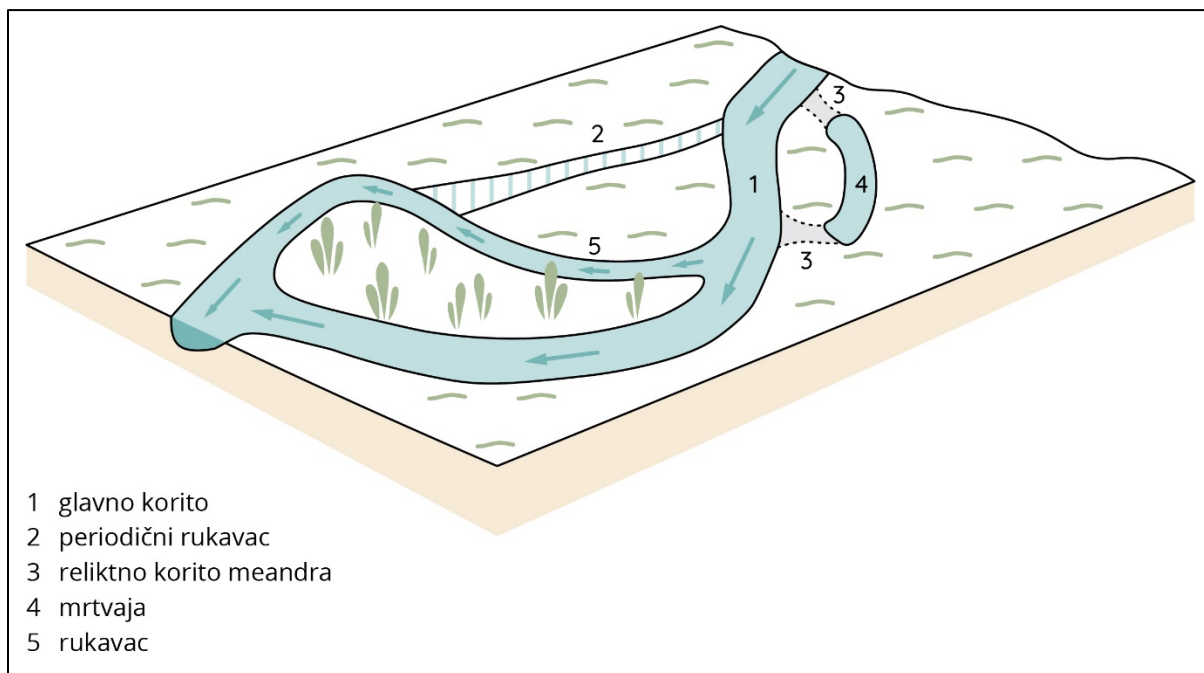
## 1.2 Obnova i reintegracija rukavaca i mrtvaja s vodotokom

Uslijed prirodnih hidromorfoloških procesa na terenima manjeg nagiba i podloge slabije otporne na mehaničko trošenje dolazi do meandriranja korita i formiranja sekundarnih kanala, odnosno rukavaca, koji se nizvodno ponovno ulijevaju u glavno korito. Rukavci nastaju kad rijeka erozijom probije nove kanale te voda usporedno teče kroz više kanala [1]. Budući da je meandriranje izrazito dinamična pojava u riječnim krajobrazima čije su promjene vidljive kroz nekoliko desetljeća, često se događa da uslijed formiranja novog kanala dođe do promjene u erozijskom režimu vodotoka zbog čega se taloženjem nanosa stvore pragovi koji zatvore ulaz i izlaz iz meandra. U njemu se tad može formirati jezero koje ovisi o dotoku vode iz glavnog toka tijekom visokog vodostaja ili prihranjivanju iz podzemnih voda. Takvo jezero, obično potkovastog oblika, naziva se mrtvajom i vodostaj u njemu obično približno prati vodostaj matičnog vodotoka [2, 3]. Primjer rukavca i mrtvaje u Republici Hrvatskoj prikazan je na slici u nastavku (Slika 9), dok je shematski prikaz rukavca i mrtvaje prikazan na sljedećoj slici (Slika 10).



Slika 9. Rukavac Drave kod Komatnice (lijevo), mrtvaja Save kod Crkvenog Boka (desno), 1:25.000 (DOF)





Slika 10. Rukavac i mrtvaja

Rukavci mogu biti stalno ili periodično protočni [2]. Periodični rukavci protočni su u vlažnijem dijelu godine kada je vodostaj dovoljno visok da nadiđe prag od istaloženog materijala na ulazu i izlazu u rukavac. Nakon prestanka dotoka vode iz vodotoka u rukavcima mogu nastati bare i mlake čiji životni vijek ovisi o mogućem prihranjivanju iz podzemnih voda [2]. Od kraja 19. i posebice u 20. stoljeću došlo je do značajnih antropogenih utjecaja na hidromorfološku dinamiku tehničkim mijenjanjem položaja i dimenzija korita. Tehničkim su zahvatima često formirane pregrade na ulazima i izlazima rukavaca i meandara kako bi se oni izolirali od glavnog toka, zatrpali i prenamijenili u obradivo (poljoprivredno ili šumsko) ili građevinsko zemljište [1, 4]. Mrtvaje su česti ostatak prenamijenjenih meandara.

U slučaju prenamjene u obradivo odnosno neizgrađeno zemljište moguće je promišljati obnovu i reintegraciju rukavaca i mrtvaja s vodotokom kako bi se unaprijedilo sveukupno funkcioniranje rijeke kroz revitalizaciju bočne povezanosti, diversifikaciju toka i uređenje reliktnih dijelova toka za bolju retenciju vode tijekom poplavnih događaja [3]. Obnova rukavaca i mrtvaja uključuje uklanjanje prirodnih, najčešće nataloženih, ili umjetnih barijera između rukavca/mrtvaje i glavnog korita, po potrebi uklanjanje sedimenta i vegetacije iz reliktnog rukavca/mrtvaje te obnovu korita za prihvat vode iz rijeke tijekom visokog vodostaja [3, 4]. Fizički rezultat u oba slučaja je obnovljeni rukavac. Utjecaj na ublažavanje opasnosti od poplava ogleda se u povećanom volumenu korita odnosno većem kapacitetu za retenciju voda [4].

Obnova i reintegracija rukavaca i mrtvaja s vodotokom često je dio većeg projekta vraćanja vodotoka u prirodno/doprirodno stanje i obnove poplavnog područja, pri čemu se sinergijskim djelovanjem različitih mjera može postići značajno smanjenje rizika od poplava [5]. Budući da se evolucija korita, rukavaca i meandara odvija u geološki vrlo kratkom razdoblju, pri njihovoj obnovi treba uzeti u obzir da će tok rijeke nastaviti

evoluirati i stvarati nove rukavce/meandre te 'napuštati' postojeće. Uz radove vezane direktno uz rukavac/mrtvaju, opisane u nastavku, na povezanom poplavnom području moguće je provesti niz aktivnosti koje će doprinijeti povećanju hrapavosti i smanjenju intenziteta površinskog otjecanja, a ujedno i povećati vrijednost i raznolikost usluga ekosustava koje područje pruža. Tu se prvenstveno misli na promjenu načina korištenja zemljišta te obnovu i razvoj vegetacije. Navedene aktivnosti opisane su u zasebnom poglavlju u sklopu mjere obnove poplavnog područja (Knjiga 2, poglavlje 1.3).

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.2.1 Tehnički opis

### 1.2.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere obnove i reintegracije rukavaca i mrtvaja s vodotokom.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 14) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje obnove i reintegracije rukavaca i mrtvaja s vodotokom. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostornom kontekstu implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 14. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalni ortofoto snimci (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost:

podloge za preliminarnu analizu
<ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi odsječnog rukavca/mrtvaje i to: na lijevoj i desnoj obali te unutar korita;
- na lokacijama postojećih pregrada na početnom i završnom dijelu odsječnog rukavca/mrtvaje;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala i na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 15).

**Tablica 15. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i općenitih mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene šireg područja rukavca odnosno mrtvaje te u svrhu određivanja povezanosti površinskih i podzemnih voda.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području rukavca odnosno mrtvaje, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja te laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Obuhvat istraživanja kao i skupine flore i faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama šireg područja. Istraživanja će u većini slučajeva biti potrebno provesti za skupine indikatora vodenih organizama poput riba, školjkaša i rakova, kao i organizama ovisnih o vodi poput ptica, gmazova i vodozemaca. Prisutna flora i fauna te ekološki ciljevi implementacije mjere direktno uvjetuju tehničke karakteristike mjere poput nagiba obale, prisutnosti i vrstu vegetacije i drugo.

## Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta obnove i reintegracije rukavaca i mrtvaja s vodotokom potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 16) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 16. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere; obuhvatiti područje vodotoka uzvodno i nizvodno od odsječnog rukavca/mrtvaje
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka i odsječnog rukavca/mrtvaje	poprečni profili na razmaku od 1-2 širine korita koji pokrivaju visine do razine velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode se u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta na lokaciji zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku i slivu na kojem se obnavljaju rukavci/mrtvaje)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	vodostaj, protok i pronos nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o prostornoj i vremenskoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na rukavcu/mrtvaji

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantna rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 17). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Varijantna rješenja obnove i reintegracije rukavaca i mrtvaja s vodotokom razlikuju se s obzirom na geometriju korita gdje varijable uključuju kote iskopa ulaza i izlaza rukavca, uzdužni pad korita i širinu dna korita. Izbor varijantnog rješenja treba se temeljiti na rezultatima hidrauličkog proračuna tečenja uz uzimanje u obzir zahtjeva zaštite prirode [6].

Tablica 17. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati krivulju trajanja protoka i vodostaja na dionici vodotoka na kojoj je predviđena reintegracija rukavaca/mrtvaja;</li> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena reintegracije rukavaca i mrtvaja s vodotokom.</li> </ul>
<p>Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž toka rukavca/mrtvaje kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa kroz obnovljeni rukavac/mrtvaju;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala - provesti analize utjecaja obnove i reintegracije rukavca /mrtvaje na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita glavnog vodotoka i obnovljenog rukavca/mrtvaje;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
<p>Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost korita – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.</li> </ul>
<p>Za nasute građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti pokosa obala;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje.</li> </ul>
<p>Za armirano-betonske građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>stabilnost protiv izdizanja;</li> <li>stabilnost na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije, hidraulički lom tla;</li> <li>globalna stabilnost temeljnog tla;</li> <li>dimenzioniranje konstrukcije.</li> </ul>

Rješenje obnove rukavaca/mrtvaja odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u postojećem i projektnom stanju meandra u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidrološkim postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Kao rezultate proračuna potrebno je prikazati dubine tečenja, visine vodnog lica, brzine i posmična naprezanja.

Prilikom projektiranja reintegracije rukavaca i mrtvaja u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre. Poplave se opisuju prema povratnom periodu – što je veća poplava, to je i dulji njezin povratni period. Modeli koji analiziraju utjecaj klimatskih promjena na povratni period vodostaja vodotoka predviđaju promjene u povratnim periodima [7].

### 1.2.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Proces meandriranja i stvaranja rukavaca javlja se na vodotocima različitih veličina pri čemu je vjerojatnost pojave veća na većim vodotocima, osobito onima čija je površina sliva veća od 10 km<sup>2</sup> [3, 4]. Stoga nisu definirane minimalne dimenzije vodotoka ili sliva na kojem bi mjeru bilo moguće implementirati. Za mjeru obnove i reintegracije rukavaca i mrtvaja nisu definirana tehnička ograničenja u vidu pedoloških, geoloških i geomorfoloških karakteristika [3]. Rukavci i mrtvaje općenito se javljaju na podlogama od slabije povezanog i nepovezanog materijala i manjeg nagiba te ih karakterizira izrazita prostorna dinamika u geološkom vremenu. U tom pogledu će se i ova mjera općenito provoditi na takvim podlogama s nagibom terena od 0,5 do 1,0%. S obzirom na obilježja terena, odvojeni rukavci i reliktni meandri s mrtvajama razvijali su se uslijed dinamičnih fluviodenudacijskih i fluvioakumulacijskih procesa uz moguće antropogene procese zatrpavanja trasa. Zbog takve dinamičnosti, ponekad je teško izravno prepoznati njihove originalne trase. U detekciji trasa mogu se koristiti stari kartografski prikazi i zračne snimke, a vegetacija također može poslužiti kao indikator.

Budući da se mrtvaje javljaju u reliktnim meandrima, minimalna širina projektnog područja unutar kojeg se provodi njihova obnova i reintegracija jednaka je maksimalnoj amplitudi koju meandar može postići pri specifičnim uvjetima tečenja u pojedinom vodotoku, odnosno maksimalnoj udaljenosti od ravnotežnog položaja ukoliko se meandriranje vodotoka promatra tlocrtno u obliku vala. Vrijednost maksimalne amplitude ovisi o vrsti meandra i moguće ju je okvirno izračunati prema formulama danim u tablici u nastavku (Tablica 18) [8]. Ovdje je bitno navesti kako vrijednost maksimalne amplitude ovisi o širini korita vodotoka, ali i o topografskim, geomorfološkim i hidrauličkim uvjetima na pojedinoj lokaciji, stoga ne postoji jednoznačni empirijski izraz za određivanje amplitude [9].



Tablica 18. Formula za izračun okvirne maksimalne amplitude meandra [8]

tip meandra	amplituda
ustaljeni meandar	$6 \times \text{širina korita}$
djelomično ustaljeni meandar	$7 \times \text{širina korita}$
lutajući meandar	$11 \times \text{širina korita}$

S obzirom na to da će vodotok nakon implementacije mjere nastaviti evoluirati i težiti prirodnom tečenju, projektiranje mjere mora odrediti i uzeti u obzir specifična hidrodinamička obilježja vodotoka koja bi mogla dovesti do erozijskih i akumulacijskih utjecaja na obnovljene rukavce te u krajnjem slučaju do njihova ponovnog prirodnog odvajanja od glavnog korita. U nekim slučajevima neće biti opravdano reintegrirati prirodno odsječene mrtvaje budući da bi to moglo dovesti do značajnih promjena u tečenju koje mogu uzrokovati nepovoljne fluvijalne procese i dovesti do šteta koje bi neutralizirale koristi od zahvata.

Bitan ograničavajući faktor kod planiranja implementacije mjere su karakteristike šireg područja i način njegova korištenja - mjeru će biti jednostavnije implementirati na području okruženom poljoprivrednim i šumskim površinama nego na izgrađenom području. Implementacija mjere također može biti ograničena na pograničnim vodotocima, budući da je tada potrebna suradnja sa susjednom državom, koja u danom trenutku iz brojnih razloga može biti nezainteresirana za projekt ili u nemogućnosti ga provesti.

Ukoliko mjera uključuje uklanjanje pregrade između rukavca/mrtvaje i glavnog korita, nužno je osigurati privremenu regulaciju vode kako bi se izbjegao rizik od plavljenja okolnog područja [3]. Plovnost vodotoka nije ograničavajući faktor budući da obnovljeni rukavci s obzirom na poprečne profile neće biti plovni. Ipak, u projektiranju treba paziti da zahvat ne rezultira smanjenjem vodostaja kojim bi se ugrozila plovnost u glavnom koritu.

Na morfološki nepovoljnijim profilima korita u zimskim su mjesecima mogući problemi s pronosom leda i stvaranjem ledostaja uslijed čega se povećava rizik o ledenih poplava. Naime, u plićim koritima zbog smanjene protočnosti može doći do zaleđivanja vode koje djeluje kao fizička prepreka pri nailasku nakupina leda iz uzvodnog dijela koji se počnu nabijati jedna pod drugu stvarajući nepropusnu ledenu barijeru. To dovodi do brzog podizanja vodostaja uzvodno te izlivanja iz korita [10]. To je ograničenje posebice u relevantno u slivovima Dunava i donje Drave [11]. S obzirom na to da su obnovljeni rukavci/mrtvaje općenito plići od glavnog korita te je brzina toka manja, u njima može doći do zaleđivanja i ledostaja. Ipak, budući da će glavina vode otjecati glavnim koritom, utjecaj obnovljenih rukavaca/mrtvaja na rizik od ledenih poplava nije značajan.

Provedba obnove rukavaca i mrtvaja kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.2.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 19 do Tablica 21) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere obnove i reintegracije rukavaca i mrtvaja s vodotokom.

**Tablica 19. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Nanos koji sudjeluje u formiranju korita čine krute tvari u tekućoj vodi koje se kreću stalno ili povremeno s vodom. Postoje dvije vrste koritoformirajućeg nanosa: vučeni i suspendirani ili lebdeći nanos. S obzirom na to da je nanos jedan od ključnih elemenata u formiranju korita vodotoka, informacije o njegovoj količini i vrsti važne su zbog shvaćanja procesa erozije i sedimentacije unutar obnovljenog rukavca i određivanja željenih uvjeta.
led	Prisutnost leda u obnovljenom rukavcu može uzrokovati ledostaj i onemogućiti tečenje vode kroz rukavac, čime se povećava protok i razina vode u glavnom vodotoku. Takva pojava povećava rizik od mogućih ledenih poplava.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi tehničko rješenje bilo u skladu s prirodnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata. Obnovom rukavaca/mrtvaja dolazi do promjena u hidrološkom režimu na način da se povećava kapacitet korita za prihvat vode te snižava vodno lice i maksimalni protok u glavnom vodotoku. Ove promjene u hidrološkom režimu smanjuju opasnost od poplava na području implementacije mjere te na nizvodnim dionicama vodotoka.
hidrološki režim podzemnih voda	S obzirom na to da količina vode u vodotoku ovisi i o prihrani iz toka podzemnih voda, podaci o razinama podzemne vode predstavljaju važan projektni parametar kod obnove i reintegracije rukavaca. Prilikom projektiranja mjere treba uvelike obratiti pozornost da tehničko rješenje ne prouzroči značajnije promjene u razini podzemne vode.
opasnost od poplava šireg područja implementacije mjere	Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje se izrađuju temeljem dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja, a koje prikazuju poplavne površine i dubine vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Vodostaj i protok u glavnom vodotoku i obnovljenim rukavcima, poplavne površine i dubina poplavne vode te propagacija vodnog vala funkcionalni su parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere na smanjenje opasnosti od poplava.

**Tablica 20. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi transportna moć vodnog toka i funkcionalnost obnovljenog rukavca/mrtvaje u obrani od poplava. Do promjene kapaciteta može doći uslijed promjena poprečnog profila i hrapavosti korita. Primjerice, povećanje hrapavosti obala može uzrokovati smanjenje kapaciteta i povišenje vodnog lica vodotoka. S druge strane, dimenzijsko povećanje proticajnog profila može povećati kapacitet korita vodotoka.

hidraulički projektni parametar	opis
erodibilnost korita	Važan parametar koji ovisi o pronosu nanosa i erozijskoj snazi vode, a utječe na lokalnu ili globalnu nestabilnost korita rukavca/mrtvaje. Smanjenjem brzina tečenja, smanjuje se intenzitet fluvijalne erozije i količina nastalog sedimenta koji se taloži u koritu rukavca/mrtvaje i zatrpava ga.
hrapavost korita	Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi dna i stanju obraštenosti korita, a opisuje se Manningovim koeficijentom hrapavosti. Povećanjem koeficijenta hrapavosti smanjuje se brzina tečenja i protok vode, ali se povisuje vodno lice pa je izbor koeficijenta hrapavosti jedan od ključnih parametara za uspješno funkcioniranje rukavca/mrtvaje u obrani od poplava. Ciljana vrijednost hrapavosti korita, tj. odabir materijala i vegetacije određuje se prema oblikovnim i konstruktivnim parametrima rukavca te hidrološkom režimu vode na lokaciji zahvata, pri čemu se u obzir uzimaju i ekološke karakteristike vodotoka. Važan aspekt implementacije mjere je i vraćanje u prirodno/doprirodno stanje u što je moguće većoj mjeri, a da se ujedno postigne i korist u vidu smanjenja opasnosti od poplava.

Tablica 21. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
uzdužni pad korita rukavca/mrtvaje	Navedeni parametar je uvjetovan kotama dna vodotoka na početnom i završnom dijelu spoja s odsječnim rukavcem.
tlocrtni oblik rukavca/mrtvaje	Prilikom obnove rukavaca/mrtvaje potrebno je konstruirati tlocrtni oblik putem starih kartografskih prikaza budući da će vodotok nakon implementacije mjere težiti prirodnom tečenju.
nagib pokosa obala rukavca/mrtvaje	Nagib pokosa obala ovisi o tome je li obala stabilizirana hidrotehničkom građevinom, pri čemu je preporuka korištenje bioloških vodogradnji, ili je podvrgnuta prirodnim procesima erozije i taloženja nanosa. Nagib je bitan parametar koji determinira prisutnost biljnih i životinjskih zajednica te ga je potrebno uskladiti s ekološkim ciljevima implementacije mjere.
širina projektnog područja	Ovisi o geometrijskim karakteristikama starog rukavca/mrtvaje koji se ponovno povezuje s glavnim vodotokom te o načinu korištenja okolnog područja (npr. poljoprivreda ili urbani razvoj). Geometrijske karakteristike starog rukavca/mrtvaje se određuju uz pomoć starih kartografskih prikaza.
stabilizacija obala	Ukoliko se proračunima dokaže potreba za stabilizacijom obala, preporuča se primjena bioloških rješenja stabilizacije poput modificiranih obaloutvrda, koje su obrađene u zasebnom poglavlju u ovim Smjernicama (Knjiga 5, poglavlje 1.1)
biološki materijal	Ukoliko je primjenjivo, preporuča se korištenje materijala iz nalazišta na lokaciji zahvata, kao i biološkog materijala poput vrbovog pruća ( <i>Salix</i> sp.) dobivenog čišćenjem rukavaca/mrtvaja.

#### 1.2.1.4 Ekološki aspekti mjere

Osim tehničkog aspekta mjere koji se odnosi na ponovno uspostavljanje protočnosti kroz antropogeno odsječeni rukavac/mrtvaju, da bi se mjera mogla smatrati zelenom infrastrukturom, mora sadržavati i elemente rješenja kojima se poboljšavaju ekološke karakteristike i usluge ekosustava u odnosu na postojeće stanje, odnosno elemente rješenja vraćanja područja u prirodno/doprirodno stanje. Kada se radi o ponovnom uspostavljanju ili povećanju protočnosti rukavaca i mrtvaja koji su odsječeni prirodnim fluvijalnim procesima, mjera mora sadržavati elemente rješenja uspostave

prirodnih/doprirodnih staništa i procesa karakterističnih za predmetno vodno tijelo. Stoga je već u ranim fazama projekta bitno odrediti referentno stanje područja implementacije mjere, kako bi se moglo analizirati u kojoj mjeri je referentno stanje moguće postići i odabrati kvalitetno rješenje obnove. Referentno stanje uključuje ekološke karakteristike koje bi područje imalo u prirodnom/doprirodnom stanju, odnosno bez značajnih negativnih antropogenih utjecaja (u slučaju antropogeno odsječenog rukavca/mrtvaje), te ekološke karakteristike u prethodnom stadiju veće protočnosti (u slučaju prirodno odsječenog rukavca/mrtvaje). Navedeno se odnosi na:

- vrstu staništa koja se može očekivati na širem području,
- povezanost rukavca/mrtvaje i poplavnog područja,
- prisutnost i vrstu vegetacije u koritu, na obalama i povezanom poplavnom području,
- intenzitet fluvijalnih procesa (pronos i taloženje nanosa te erozija).

Kad je poznato referentno stanje, mogu se postaviti ciljevi koji se žele postići implementacijom mjere, a na koje direktno utječu ostali faktori, prvenstveno antropogeni, poput načina korištenja zemljišta, prisutne infrastrukture, vrijednosti područja itd. Ovisno o antropogenim faktorima, rješenja obnove kreću se u vrlo velikom rasponu. Primjerice, u jednom slučaju projekt može uključivati potpuno omogućavanje fluvijalnih procesa erozije i taloženja nanosa, bez stabilizacije korita/obale te nesmetani razvoj i mijenjanje tlocrtnog položaja vodotoka, uz razvoj širokog pojasa riparijske vegetacije. Navedeno će biti moguće ostvariti na području gdje se uz reintegrirani rukavac ne nalazi visokovrijedna infrastruktura/zemljište. U drugom slučaju, erozija neće biti poželjna budući da se uz obalu obnovljenog rukavca može nalaziti vrijedna infrastruktura koju nije moguće premjestiti. U tom slučaju će implementacija mjere uključivati i stabilizaciju obale, odnosno lokalno zaustavljanje erozije. Iako ovdje projekt poprima karakteristike sive, odnosno klasične mjere zaštite od štetnog djelovanja vode, moguće ga je prilagoditi kako bi se mogao smatrati mjerom zelene infrastrukture. Navedeno se može postići omogućavanjem rasta riparijske vegetacije, korištenjem bioloških vodogradnji za stabilizaciju obale, stvaranjem mikrostaništa koja će poboljšati stanišne uvjete za organizme poput riba i rakova i drugo.

Iako se obnovom i reintegracijom rukavaca i mrtvaja obnavlja povijesna situacija u krajobrazu, treba imati na umu da se krajobraz ekološki i morfološki kontinuirano prilagođava novim situacijama. U tom pogledu se razvijaju novi ekološki uvjeti i ekosustavi – kopneni i vodeni u rukavcima pa zatim i kopneni u mrtvajama koji će implementacijom mjere biti izgubljeni. To se posebice odnosi na stare mrtvaje u kojima se biocenoza u potpunosti prilagodila stanišnim uvjetima voda stajačica. Obnovom i reintegracijom rukavaca i mrtvaja dolazi do lokalnih promjena stanišnih uvjeta. Uvođenjem tečenja vode, kopnena staništa na trasi rukavaca i mrtvaja će nestati te će se na njima javiti vodena staništa – tekućice, dok će se na obalama stvoriti uvjeti za razvoj riparijskih staništa.

Ovisno o projektom definiranoj protočnosti, u mrtvajama može doći do izmjene vodenih staništa ukoliko se stajaća voda zamjenjuje tekućom. Pritom treba uzeti u obzir da su ekosustavi mrtvaja najčešće privremeni ekosustavi koji se javljaju u ranoj fazi odvajanja meandra od vodotoka. Iako mrtvaje općenito opstaju zbog prihranjivanja podzemnom vodom čije je vodno lice plitko zbog blizine vodotoka, njihova evolucija neminovno vodi nestanku uslijed siltacije [12] što znači i nestanak vodenog ekosustava. Studije bioekoloških rezultata reintegracije mrtvaja s glavnim vodotokom pokazuju unaprjeđenje

njihova ekološkog stanja te povećanje biološke raznolikosti prema Shannonovom indeksu [13, 14]. U obnovi i reintegraciji mrtvaja treba se zasebno pristupiti svakoj mrtvaji u skladu s njenim hidrološkim i ekološkim karakteristikama [12].

Brojni pozitivni ekološki učinci ove mjere izravno su uvjetovani razvojem, obnovom i/ili očuvanjem riparijske vegetacije koja stabilizira obale, smanjuje bočnu eroziju i povećava bioraznolikost područja. Reintegracijom rukavaca i mrtvaja, između njih i glavnog toka formiraju se otoci. Kada se ova mjera provodi na poljoprivrednim površinama, ako se ne planira premošćivanje novih rukavaca, otoci bi trebali biti izuzeti iz poljoprivrednih površina te se na njima očekuje sukcesija vegetacije i stvaranje novih staništa. Kod manjih i užih otoka, to će biti riparijska staništa dok se kod većih otoka mogu razviti i šumska staništa. Takva primjena mjere prije svega se može očekivati u slučaju pristupa prostor za rijeku (eng. *room for the river*).

Obnova i reintegracija rukavaca i mrtvaja može uključivati uklanjanje tla i vegetacije s njihovih trasa budući da se radi o trajnoj prenamjeni površina. Ukoliko je područje pošumljeno, obnovom se stvaraju novi šumski rubovi kojima se povećava mogućnost nastanka šteta na sastojinama uslijed nepovoljnih vremenskih prilika poput vjetera i djelovanja vode uslijed kojih dolazi do erozija obala [15].

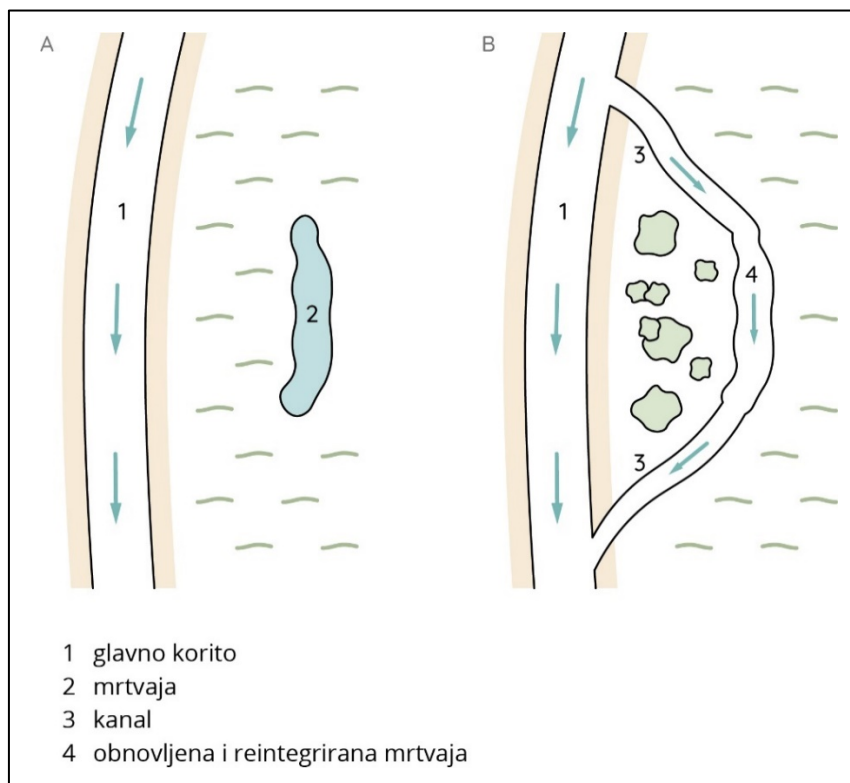
U pojedinim slučajevima mjera može uključivati i izgradnju ustava na početnom i/ili završnom dijelu rukavca/mrtvaje, kojima se ulazak i izlazak vode može dodatno kontrolirati, što s aspekta lokalne zaštite od poplava predstavlja važnu značajku. No budući da rukavci i mrtvaje predstavljaju važna staništa za brojne organizme, primjerice mrjestilišta i rastilišta riba, zatvorenost ustava može uzrokovati negativne utjecaje na njihov životni ciklus i populacije, prvenstveno u vidu onemogućavanja migracije unutar/izvan obnovljenog toka te ih je generalno potrebno izbjegavati. Izgradnja ustava opravdana je jedino u situacijama kada je tehničko rješenje i rad moguće prilagoditi životnim ciklusima i zahtjevima vodenih organizama prisutnih na području implementacije mjere. U određenim slučajevima bit će moguće uz ustave izgraditi i riblje staze kojima se održavaju povoljni stanišni uvjeti i mogućnost migracije riba. Detaljni opisi ustava i ribljih staza, kao pratećih mjera zelene infrastrukture, dani su u zasebnim poglavljima (Knjiga 5, poglavlja 1.7 i 1.8).

### 1.2.1.5 Vrste radova

Mjera obnove i reintegracije rukavaca i mrtvaja s vodotokom najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

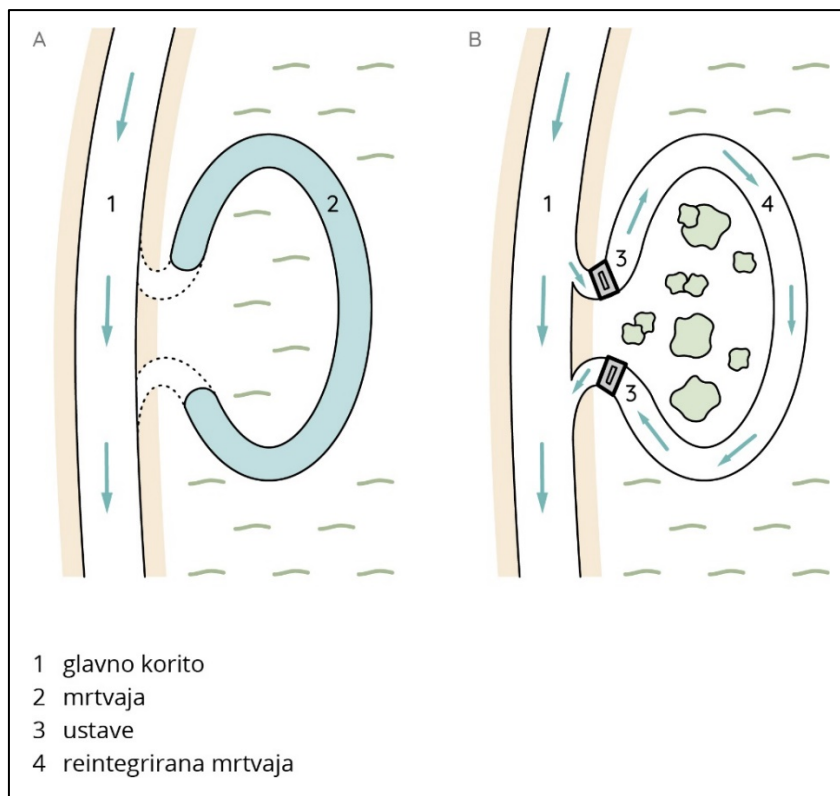
- uklanjanje sedimentnog i biološkog materijala iz rukavca/mrtvaje i uređenje korita rukavca/mrtvaje;
- uklanjanje pregrada kojima su pregrađeni rukavci i mrtvaje neposredno uz vodotok;
- izgradnja kanala kojima se povezuju mrtvaje s vodotokom kada se ne nalaze neposredno uz vodotok;
- izgradnja ustava na početku i/ili završetku rukavca/mrtvaje;
- stabilizacija obale reintegriranih dijelova vodotoka;
- izgradnja praga u glavnom toku.

Na slikama u nastavku (Slika 11 do Slika 13) prikazani su shematski prikazi obnove i reintegracije mrtvaja i rukavaca s vodotokom dok su opisi navedenih radova dani u tekstu ispod slike. Ustave prikazane na slikama su jedna od mogućih rješenja i nisu obavezne, što je pojašnjeno u tekstu u nastavku.

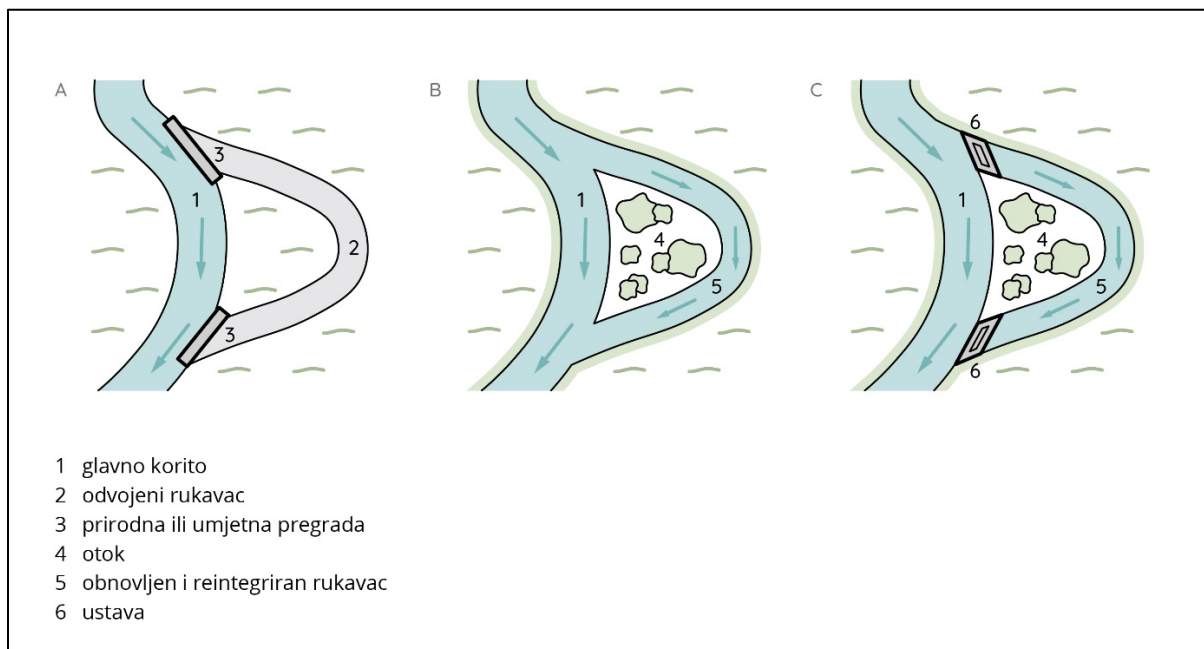


**Slika 11. Obnova i reintegracija mrtvaje koja se ne nalazi neposredno uz vodotok**





Slika 12. Obnova i reintegracija mrtvaje koja se nalazi neposredno uz vodotok



Slika 13. Obnova i reintegracija rukavca s vodotokom

## Uklanjanje sedimentnog i biološkog materijala iz rukavca/mrtvaje i uređenje korita rukavca/mrtvaje

Bez obzira je li rukavac/mrtvaja odvojen od glavnog toka prirodnim ili antropogenim procesima, kota dna njegova korita će općenito biti viša od kote dna glavnog toka uslijed prirodnih procesa taloženja sedimenta i/ili antropogenog zatrpavanja odvojenog rukavca/mrtvaje s jedne strane te konstantnog fluvioerozijskog djelovanja vodotoka s druge strane. Budući da u mrtvajama prevladavaju procesi taloženja nanosa, njihovo je dno obično prekriveno sedimentom uslijed kojeg dolazi do njihova oplićivanja.

Kako bi se osigurali uvjeti za tečenje vode i formirao optimalan protjecajni profil obnovljenog rukavca/mrtvaje, potrebno je ukloniti materijal istaložen u rukavcu odnosno izmuljivanje kojim se mrtvaja produbljuje i priprema za tečenje vode. Sniženje kote dna na ulaznom dijelu rukavca/mrtvaje od vitalnog je značaja za osiguravanje dotoka vode iz glavnog korita dok je sniženje kote dna na izlaznom dijelu ključno za osiguranje izlaza vode u glavno korito. Prije uklanjanja sedimenta potrebno je provesti analize fizikalno-kemijskih karakteristika sedimenta. Ispitivanja se provode na parametre propisane relevantnim zakonodavstvom kako bi se utvrdila pogodnost odlaganja sedimenta na poljoprivrede površine. Ukoliko se pokaže da sediment nije pogodan za tu namjenu, potrebno je izraditi dokumentaciju u svrhu zbrinjavanja sedimenta na način da ne dođe do onečišćenja okoliša.

Raspon sniženja kota dna rukavca/mrtvaje, i posljedično količina uklonjenog materijala, ovisit će o projektiranom vodnom režimu obnovljenog rukavca/mrtvaje. Sukcesivni uzdužni pad korita obnovljenog toka osigurat će tečenje vode istim i dvostruki (ulazni i izlazni) spoj s glavnim koritom. Obale rukavca/mrtvaje potrebno je formirati u što je moguće blažem nagibu.

Ovisno o željenom riječnom režimu, obnovljeni tok se može planirati kao stalno ili periodično protočan samo tijekom visokog vodostaja. U slučaju stalne protočnosti, kota dna na ulaznom i izlaznom dijelu te uzdužni pad korita trebaju se sniziti na razine koje će osigurati dubinu vode u rukavcu koju je potrebno ostvariti pri malim vodama [6]. U slučaju periodično plavljenog rukavca/mrtvaje, kota dna kanala snizit će se na razinu koja će osigurati dotok vode samo tijekom visokog vodostaja pri čemu se ulaz vode može regulirati pragovima. Visina kote dna u oba slučaja određuje se sukladno riječnom režimu i godišnjem kretanju visine vodostaja kako bi se spriječilo produženo trajanje niskog vodostaja u rukavcu/mrtvaji uslijed kojeg bi zbog smanjenja brzine toka dolazilo do značajnog taloženja nanosa te ubrzanog oplićivanja rukavca/mrtvaje. Neovisno, planira li se stalno ili periodično plavljen rukavac/mrtvaja, kod projektiranja vodnog režima treba uzeti u obzir ekološka obilježja područja te moguće utjecaje na postojeće i buduće ekosustave.

Kod reintegracije rukavaca i mrtvaja, posebice u slivu Dunava i donje Drave treba uzeti u obzir mogućnost pojave ledostaja koji može dovesti do ledenih poplava [11]. Naime, u plićim koritima zbog smanjene protočnosti može doći do zaleđivanja vode koje djeluje kao fizička prepreka pri nailasku nakupina leda iz uzvodnog dijela koji se počnu nabijati jedna pod drugu stvarajući nepropusnu ledenu barijeru. To dovodi do brzog podizanja vodostaja uzvodno te izlivanja iz korita [10]. Stoga je u obnovi rukavaca i mrtvaja potrebno definirati i osigurati dotok vode koji će omogućiti protočnost i smanjiti rizik od zaleđivanja i pojave ledenih poplava.

Pri uređenju korita rukavca/mrtvaje širina dna određuje se s obzirom na veličinu protoka koji je potrebno ostvariti, nagibima obala uz razmatranje uvjeta za razvoj riparijske vegetacije te financijskim parametrima količine i zbrinjavanja materijala iz iskopa [6]. U slučajevima suženja u obnovljenim rukavcima/mrtvajama koja mogu utjecati na tečenje vode i djelovati kao 'usko grlo', može biti potrebno širenje kanala kako bi se spriječilo izlivanje vode tijekom visokog vodostaja i koje može dovesti do nepoželjnih poplava u okolnom području, posebice ako se radi o poljoprivrednim ili izgrađenim površinama [16].

### **Uklanjanje pregrada kojima su pregrađeni rukavci i mrtvaje neposredno uz vodotok**

Odsijecanje rukavaca i meandara od glavnog korita, u kojima su se formirale mrtvaje, najčešće se provodilo izgradnjom pregrada od krupnog kamenog materijala. Kako bi se omogućilo tečenje u rukavcu odnosno meandru s mrtvajom, pregrade je potrebno ukloniti. Uklonjeni se materijal može koristiti za stabilizaciju obala ukoliko se očekuje njihova erozija, iako se svakako preporučuje primjena bioloških rješenja stabilizacije gdje god bi ona mogla biti učinkovita.

### **Izgradnja kanala kojima se povezuju mrtvaje s vodotokom kada se ne nalaze neposredno uz vodotok**

Budući da životni ciklus mrtvaja teži njihovu prostornom smanjenju uslijed siltacije, starije mrtvaje mogu biti udaljenije od vodotoka te se njihova reintegracija s glavnim koritom ne može provesti prokopavanjem spoja. U tim je slučajevima, posebice u poljoprivredno obrađivanim područjima, ponekad nemoguće detektirati povijesnu trasu meandra iz kojeg su nastale. U takvim slučajevima bit će potrebna izgradnja kanala kojima će se ostvariti ulaz i izlaz vode u mrtvaju.

### **Izgradnja ustava na početku i/ili završetku rukavca/mrtvaje**

Nakon uklanjanja sedimentnog i biološkog materijala i snižavanja kote dna rukavaca/mrtvaja, na ulazima i izlazima istih može biti uputno izgraditi ustave kako bi se bolje kontrolirao ulaz/izlaz vode. Ustave su hidrotehničke građevine koje služe za kontrolirano propuštanje vode i upravljanje vodnim režimom. Mogu uvelike doprinijeti u smanjenju opasnosti od poplava, no često uzrokuju nepovoljne ekološke učinke, prvenstveno kroz ometanje ili onemogućavanje migracija vodenih organizama, stoga ih je generalno potrebno izbjegavati. Izgradnja ustava opravdana je jedino u situacijama kada je tehničko rješenje i rad ustave moguće prilagoditi životnim ciklusima i zahtjevima vodenih organizama prisutnih na području implementacije mjere, a korist s aspekta smanjenja opasnosti od poplava značajna. U određenim slučajevima bit će moguće uz ustave izgraditi i riblje staze kojima se održavaju povoljni stanišni uvjeti i mogućnost migracije riba. Detaljni opisi ustava i ribljih staza, kao pratećih mjera zelene infrastrukture, dani su u zasebnim poglavljima ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlja 1.7 i 1.8).

## Stabilizacija obale reintegriranih dijelova vodotoka

Ovisno o utvrđenim značajkama prirodnog erozijsko-akumulacijskog djelovanja vodotoka, ulazne i izlazne dijelove može biti potrebno stabilizirati kako ne bi došlo do ponovnog odsijecanja rukavca ili mrtvaje. Stabilizacija obala može biti potrebna i na drugim dijelovima korita ovisno o hidrološkim, hidrauličkim i pedološkim karakteristikama. Ipak, stabilizaciju bi obala trebalo izbjegavati kako bi se omogućila prirodna dinamika odnosno procesi erozije i taloženja nanosa. U tom je pogledu vrlo važan element u projektiranju modeliranje budućih procesa na lokaciji provedbe mjere. Ukoliko model ukaže na potrebu za stabilizacijom određenog dijela obnovljenog rukavca/mrtvaje kako bi se osigurala njegova funkcija i zaštita okolnog zemljišta, prije svega treba razmotriti primjenu bioloških vodogradnji i razvoja riparijske vegetacije, opisane u zasebnim poglavljima ovih Smjernica (Knjiga 3, poglavlje 1.3 Riparijska vegetacija; Knjiga 5, poglavlje 1.1 Obaloutvrda). Učinci takvih mjera na bioraznolikost manje su negativni od sivih, odnosno klasičnih rješenja poput armirano-betonskih obaloutvrda. Za izgradnju modificiranih obaloutvrda moguće je koristiti biljni materijal uklonjen iz samog rukavca/mrtvaje, primjerice vrbovo pruće (*Salix* sp.). Treba naglasiti kako će odabir najprikladnije mjere zelene ili sive infrastrukture te mogućnost primjene ponajprije ovisiti o specifičnim obilježjima lokacije zahvata.

## Izgradnja praga u glavnom toku

U slučajevima značajnog produbljenja glavnog korita vodotoka uslijed erozije dna, obično kao posljedica regulacije vodotoka i prekida pronosa nanosa izgradnjom brana uzvodno, reintegracija rukavaca/mrtvaja iskopom sedimenta neće biti primjenjiva. U tom slučaju može se pristupiti izgradnji pragova u glavnom koritu kojima se povećava razina vode i na taj način omogućuje utjecanje i istjecanje vode u obnovljeni rukavac [3]. Budući da se radi o vodotoku sa značajno poremećenim hidromorfološkim procesima, upitno je koliko će reintegracija rukavca/mrtvaje u ovom slučaju biti opravdana, te bi prvi korak svakako trebao biti rješavanje problema manjka nanosa i produbljenja korita. Izgradnja poprečnih pragova u vodotocima generalno se treba izbjegavati zbog negativnog utjecaja na ekološke i hidromorfološke karakteristike vodotoka. Navedeno rješenje može biti prihvatljivo jedino u specifičnim situacijama, gdje će korist s aspekta smanjenja opasnosti od poplava biti značajna. Opis pragova kao prateće mjere zelene infrastrukture dan je u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.3).

## Izvedba radova

Svi prethodno navedeni radovi predstavljaju uobičajene radove u vodnom gospodarstvu te ih je moguće izvoditi prema dosadašnjoj praksi. Same radove je moguće izvoditi kopnom i/ili plovnom mehanizacijom, ovisno o karakteristikama lokacije. Prilikom odabira tehnologije izvođenja radova potrebno je obratiti pozornost na mogućnost ostvarenja transportnih i pristupnih putova te na način postupanja s materijalom iz iskopa rukavca. Posebna ograničenja izvođenja radova, specifična za konkretne lokacije implementacije mjere mogu se odrediti tijekom postupaka procjena utjecaja zahvata na okoliš i ekološku mrežu.

### 1.2.1.6 Održavanje mjere

Kako bi se održala funkcionalnost obnovljenih rukavca u pogledu smanjenja opasnosti od poplava te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, neophodno je redovito provoditi praćenje stanja obnovljenog rukavca/mrtvaje. Praćenje stanja uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i taloženje nanosa) te eventualnu identifikaciju kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji od željenih, odnosno projektiranih. Ukoliko projekt uključuje hidrotehničke građevine za stabilizaciju obale, ustave i druge, praćenje stanja treba uključivati i provjeru stabilnosti istih. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projektnih rješenja. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva vezanih uz ODV i uz usluge ekosustava, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem direktno ovisi o karakteristikama projekta, a može uključivati održavanje riparijske vegetacije, sanaciju hidrotehničkih građevina za stabilizaciju korito, ustave i druge, održavanje odgovarajuće dubine korita, uklanjanje nanosa biljnih ostataka na kritičnim mjestima i sl. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja.

Izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete, što može uključivati stabilizaciju obale na kojoj dolazi do erozije intenzivnije od željene, odnosno projektirane.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.2.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 22) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 22) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice Standardna kalkulacija radova u vodogradnji).



Tablica 22. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop rukavca/mrtvaje	m <sup>3</sup>
2.2	Uređenje ulaza i izlaza rukavca/mrtvaje	m <sup>3</sup>
2.3	Uklanjanje elemenata postojeće sive infrastrukture	m <sup>3</sup>
2.4	Izgradnja modificirane obaloutvrde	m <sup>3</sup>
2.5	Izgradnja praga	m
<b>3</b>	<b>ARMIRANO-BETONSKI RADOVI</b>	
3.1	Izgradnja ustave	m <sup>3</sup>

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere obnove rukavaca i mrtvaja čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi. Naime, područja odsječenih rukavaca i mrtvaja često su prenamijenjena te se ona na neki način koriste (npr. poljoprivreda ili urbani razvoj). Obnovom rukavaca i mrtvaja trenutni način korištenja područja djelomično ili u potpunosti više neće biti moguć pa je navedeno potrebno kompenzirati vlasnicima/korisnicima područja, pri čemu će kompenzacijski trošak značajno varirati ovisno o namjeni zemljišta.

### 1.2.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 23) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 10) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.



Tablica 23. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

## 1.2.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.2.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute štete na materijalnim dobrima i od izbjegnute štete zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute štete u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings& key recommendations*, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 24) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [3, 4], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 24. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Reintegracijom rukavaca i mrtvaja u vodotok povećava se njegova duljina čime se povećava njegov akumulacijski kapacitet za vode koje pristižu površinskim otjecanjem.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	Povećanjem akumulacijskog kapaciteta za vode koje pristižu površinskim otjecanjem smanjuje se njihova akumulacija izvan vodotoka, a time i brzina površinskog otjecanja.
kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode	Reintegracijom rukavaca i mrtvaja u vodotok povećava se njegova duljina, a time i kapacitet za skladištenje vode.
smanjenje brzine toka	Reintegracijom rukavaca i mrtvaja u vodotok povećava se raščlanjenost korita čime se povećava hrapava površina koja usporava tok.
povećanje evapotranspiracije	Obnovom i reintegracijom rukavaca/mrtvaja povećava se površina slobodnog vodnog lica s kojeg voda evaporira. U slučaju vegetacije na obalama obnovljenog toka doći će do povećanja transpiracije.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Infiltracija vode u tlo i prihrana podzemne vode povećava se s povećanjem površine interakcije između površinske i podzemne vode, odnosno povećanjem omočenog oboda.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Uslijed povećanja površine interakcije između površinske i podzemne vode povećava se kapacitet tla za skladištenje vode tijekom visokog vodostaja. Taj je učinak veći u neposrednoj blizini vodotoka i opada s udaljenošću od vodotoka.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.2.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 25) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [3, 4, 8, 17, 18], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 25. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Mjera doprinosi poboljšanju kvalitete staništa za vodene i o vodenim ekosustavima ovisne organizme. Značajnost utjecaja ovisi o postojećem stanju vodotoka i prisutnim antropogenim pritiscima. Povećanjem ukupne duljine vodotoka, uključujući duljinu rukavaca i mrtvaja, povećava se i površina staništa za vodene i o vodi ovisne organizme.  S druge strane, implementacijom mjere u rukavcu/mrtvaji može doći do promjena postojećih stanišnih uvjeta (kopno, stajaćica) u tekućicu, ovisno o karakteristikama projekta. Generalno, navedeni utjecaj neće biti značajan budući da u slučaju obnove rukavca/mrtvaje niskog stupnja antropogene izmijenjenosti dolazi do zamjene jednog prirodnog/doprirnog staništa drugim. Značajnost utjecaja direktno ovisi o ekološkim karakteristikama lokacije zahvata.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Reintegracijom rukavaca i mrtvaja s vodotokom ne ometa se odvijanje prirodnih fluvijalnih procesa dok se istovremeno povećava omeđeni obod, lateralna povezanost i interakcija s podzemnom vodom uslijed čega se očekuje pozitivan utjecaj na sve hidromorfološke elemente.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Obnova i reintegracija rukavaca i mrtvaja neće značajnije utjecati na stanje osnovnih fizikalno-kemijskih i kemijskih elemenata i specifičnih onečišćujućih tvari. Međutim, ako je mjera popraćena promjenama u zemljišnom pokrovu i razvojem riparijske vegetacije, koja stvara buffer zonu u kretanju tvari između vodotoka i okolnog zemljišta, može doći do povećanja sposobnosti tla i pokrova za apsorpcijom, filtriranjem, pročišćavanjem i transformiranjem onečišćenja i onečišćujućih tvari. Pritom bi funkcionalno područje vodotoka trebalo biti najmanje 50 m širine kako bi zadržalo ispiranje u vodotok većine tvari s poljoprivrednih površina (von Bluecher, 2010).
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima. .

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela (odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu), izravno utječe na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*).

Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [19].

Budući da se implementacijom mjere obnove rukavaca i mrtvaja mogu očekivati i značajni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.2.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 26) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [3, 4, 8, 20, 21], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 26. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbe biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Obnovom rukavaca i mrtvaja povećava se raznolikost vodenih staništa i direktno omogućuje povećanje bioraznolikosti, a čime dolazi i do povećanja vrijednosti opskrbnih biotičkih usluga ekosustava. Povećanjem duljine vodotoka povećava se i površina staništa za vodene biocenozе.  Značajnost koristi od mjere ovisi o dimenzijama projekta, stanju okolnog područja koje izravno utječe na ekološke značajke i stanje vodotoka. Značajno degradirano okolno područje umanjuje korist mjere, primjerice intenzivna poljoprivreda i ostali izvori onečišćenja, uklonjena riparijska vegetacija i slično. Ukoliko je mjera popraćena revitalizacijom riparijske vegetacije, promjenom načina korištenja
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
1.2.2. genetski materijal životinja	zemljišta i sl., odnosno dodatnim mjerama kojima se povećava „prirodnost“ šireg područja i smanjuje antropogeni pritisak, vrijednosti usluga ekosustava se povećavaju.
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Korist od mjere ovisi o stanju okolnog područja koje direktno utječe na ekološke značajke i stanje vodotoka. Značajnost koristi od mjere uvjetovana je razvojem/obnovom/očuvanjem riparijske vegetacije koja stabilizira obale i smanjuje bočnu eroziju. Riparijska vegetacija osim toga djeluje i kao buffer zona s funkcijama apsorpcije, filtriranja, pročišćavanja i transformiranja onečišćenja i onečišćujućih tvari s okolnih poljoprivrednih ili izgrađenih površina. Ukoliko je mjera popraćena promjenom u zemljišnom pokrovu okolnog područja, odnosno dolazi do povećanja „prirodnosti“ područja, korist od mjere će biti veća.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Ovisno o trenutnom stanju korita i riparijske vegetacije, mjerom se smanjuje brzina toka što može dovesti do smanjenja erozije i povećanja sedimentacije. S druge strane, mjera dovodi do povećanja površine obale vodotoka podložne eroziji. Razvoj/obnova/očuvanje riparijske vegetacije ključna je za pružanje usluge kontrole erozije. Ukoliko je mjera popraćena promjenama u zemljišnom pokrovu, razvojem riparijske vegetacije i buffer zona, obnovom/izgradnjom močvara te pošumljavanjem, pospješuje se smanjenje brzine toka i povećanje kapaciteta (volumen) vodotoka za skladištenje vode, čime se pruža usluga regulacije hidrološkog ciklusa i toka vode te smanjuje opasnost od poplava.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Reintegracijom rukavaca i mrtvaja povećava se duljina vodotoka i povećava površina vodenih staništa za divlje biljke i životinje. Poboljšanje stanja vodenog ekosustava i povećanje raznolikosti vodenih staništa direktno utječe na povećanje bioraznolikosti. Korist od mjere ovisi o stanju okolnog područja koje direktno utječe na ekološke značajke i stanje vodotoka. Bitan element je razvoj/obnova/očuvanje riparijske vegetacije, kao važnog prijelaznog staništa između kopnenog i vodenog.
2.2.5. svojstva vode	Poboljšanje stanja vodenog ekosustava direktno utječe na povećanje bioraznolikosti, čime dolazi i do povećanja kakvoće vode djelovanjem živih organizama prisutnih u njoj. Riparijska vegetacija djeluje kao buffer zona s funkcijama apsorpcije, filtriranja, pročišćavanja i transformiranja onečišćenja i onečišćujućih tvari s okolnih poljoprivrednih ili izgrađenih površina. Stoga značajnost učinka mjere ovisi o popratnim mjerama razvoja/obnove/očuvanja riparijske vegetacije i općenito promjene načina korištenja zemljišta te smanjenja antropogenog pritiska.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Tekuća voda i riparijska vegetacija smanjuju temperaturne amplitude i povećavaju toplinski osjet ugodne u svojoj neposrednoj blizini. Stoga značajnost učinka mjere ovisi o popratnim mjerama razvoja/obnove/očuvanja riparijske vegetacije.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Povećanjem bioraznolikosti i ekoloških vrijednosti vodotoka, povećava se i vrijednost svih kulturoloških biotičkih usluga ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisit će o pratećim mjerama, prije svega razvoju/obnovi/očuvanju riparijske vegetacije,
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	te mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Reintegracijom rukavaca i mrtvaja s vodotokom povećava se kapacitet (volumen) vodotoka za skladištenje vode.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Mjerom se povećava volumni kapacitet vodotoka za prijem vode tijekom poplavnih događaja, a distribucijom vodenog toka na više kanala se uslijed hrapavosti korita smanjuje brzina toka i njegovo erozijsko djelovanje. S druge strane povećava se ukupna površina obala podložnih bočnoj eroziji.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Obnovom i reintegracijom rukavaca i mrtvaja s vodotokom povećavaju se hidrološka raznolikost krajobraza kao i vodno-kopnene kontaktne zone (obale) čime se unaprjeđuju kulturološke abiotičke usluge ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisi o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

Nakon monetizacije koristi koje pružaju ekosustavi prisutni na području implementacije mjere, moguće je procijeniti koja korist se može očekivati nakon implementacije mjere, a što svakako doprinosi opravdanju odabira mjere. Nakon implementacije mjere, praćenjem promjena u ekosustavima i njihovim uslugama, moguće je utvrditi koja je stvarna monetarna korist od implementacije mjere.

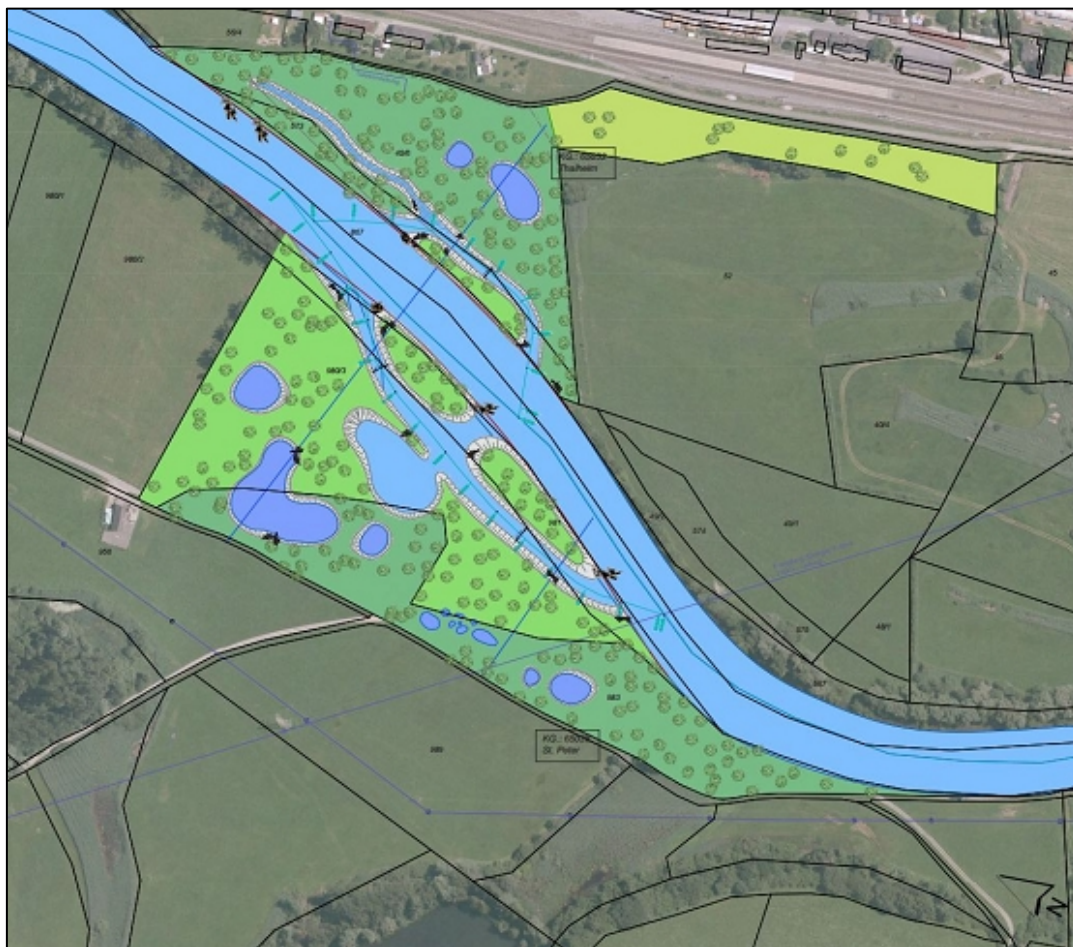


## 1.2.3 Primjeri mjere

### 1.2.3.1 Obnova povremeno plavljenih rukavaca i njihovo ponovno spajanje na glavni tok rijeke Mure u Austriji

Povijesno je rijeku Muru u Austriji obilježavala kompleksna hidromorfologija s brojnim rukavcima, plitkim zonama i šljunčanim sprudovima. Od kraja 19. stoljeća, rijeka je regulirana na način da su rukavci odvojeni od glavnog toka i isušivani kako bi se stvorile obradive površine. Na rijeci su uz to izgrađene i brojne hidroelektrane koje su značajno utjecale na transport sedimenta. Sve je to dovelo do promjene hidrodinamičkih, hidromorfoloških i stanišnih uvjeta u vodotoku i na naplavnim ravnicama [22].

Između 2003. i 2016. u gornjem toku rijeke Mure u Štajerskoj u sklopu dva LIFE projekta (Murerleben I i II) izvedene su intervencije kojima je sedam rukavaca obnovljeno i ponovno spojeno s glavnim vodotokom. U tu je svrhu otkupljeno 17 ha nekadašnje naplavne ravnice na kojima je došlo do obnove riparijske vegetacije. Ciljevi projekta obuhvaćali su unaprjeđenje vodenih staništa, obnovu prirodne hidromorfološke dinamike i unaprjeđenje prirodne zaštite od poplava kroz povećanje retencijskog kapaciteta naplavnih ravnica [22]. Na slici u nastavku (Slika 14) prikazana je obnova i reintegracija rukavaca s rijekom Murom kod Thalheima.



**Slika 14. Kartografski prikaz obnove rukavaca u gornjem toku rijeke Mure kod Thalheima [23]**

Projekt je uključivao proširenje glavnog korita na više lokacija, iskopavanje zatrpanih rukavaca i njihovo spajanje s glavnim koritom (ulazi i izlazi), uklanjanje postojećih obaloutvrda, obnovu mrtvaja i formiranje bara s izravnim napajanjem iz plitke podzemne vode. Tim su zahvatima značajno proširena riparijska staništa s aluvijalnim šumama te je rijeka dobila dodatni prostor za akumulaciju poplavnih voda. Morfološki monitoring po provedbi projekta pokazao je da dolazi do daljnjeg prirodnog oplićivanja i proširenja korita [22]. Slika u nastavku (Slika 15) prikazuje obnovljene rukavce na dionici toka kod Lässer Aua. Zahvatima se na preko 90 km vodotoka poboljšala longitudinalna povezanost i raznolikost staništa za ihtiofaunu [22].



**Slika 15. Zračni snimak obnovljenih rukavaca u gornjem toku rijeke Mure kod Lässer Aua [22]**

Ukupna vrijednost projekta iznosila je 4.900.000 € od čega je 50% financirano EU sredstvima, a ostatak od nacionalne i regionalne vlade te manjih projektnih partnera kao što su općine i vlasnici ribolovnih prava [22].

### **1.2.3.2 Obnova rukavaca i proširenje korita na rijeci Dravi**

Obnova rukavaca i proširenje korita na rijeci Dravi planirana je u sklopu projekta "DRAVA LIFE – Integralno upravljanje rijekom" od 2015. godine (oznaka LIFE14NAT/HR/000115-DRAVA LIFE). Projekt predviđa obnovu starih i kreiranje novih rukavaca na sedam lokacija duž rijeke Drave u cilju povećanja dinamičkih hidromorfoloških procesa koji će potaknuti stvaranje novih riječnih staništa i doprinijeti zaštiti od poplava [6]. Ukupna duljina



planiranih obnovljenih rukavaca iznosi 12,6 km dok je duljina toka rijeke Drave na kojima će se odvijati radovi 15,9 km. Predviđeni radovi uključuju čišćenje i pripremu terena, krčenje šiblja i drugog raslinja, strojni iskop i prijevoz materijala, strojno uređenje pokosa, izgradnju modificiranih obaloutvrda u obliku drvenih sanduka s vrbovim šibljem (*Salix* sp.), uklanjanje pragova, oblaganje ulaza kamenom oblogom te iskop novog kanala [15]. Zahvatima se očekuje ublažavanje rizika od poplava s obzirom na to da će doći do povećanja protoka kroz obnovljene rukavce i time rasterećenja matičnog toka prilikom prolaska velikog vodnog vala [15]. U vrijeme izrade ovih Smjernica projekt još nije bio proveden.

U sklopu projekta Mudro upravljanje vodama za očuvanje riječnih i poplavnih staništa duž rijeke Drave (WISEDRAVALIFE; oznaka LIFE17 NAT/HU/000577) planirana je obnova rukavca Heresznye smješten je na lijevoj obali u inundaciji rijeke Drave u Općini Ferdinandovac. Planirani zahvat provodio bi se na duljini toka rukavca od oko 830 m u Republici Hrvatskoj te oko 40 m u Republici Mađarskoj. Radi se o periodično plavljenom rukavcu u koji je omogućen ulaz vode tek za vodostaje više od 45%-tnog trajanja uslijed praga nastalog od naplavina nanosa, granja i otpada. Zahvatom bi se uklonio ulazni prirodni prag te bi se produbilo korito rukavca. Očekuje se da bi provedbom zahvata došlo do unaprjeđenja protočnosti i ublažavanja rizika od poplava [7]. U vrijeme izrade ovih Smjernica projekt još nije bio proveden.

#### 1.2.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Saldi-Caromile, K., Bates, K.K., Skidmore, P., Barent, J., Pineo, D. (2004.): *Stream Habitat Restoration Guidelines*, Washington Departments of Fish and Wildlife and Ecology, U.S. Fish and Wildlife Service, Olympia
- [2] Kranjčev, R. (1998): Bare, mrtvice i rukavci koprivničko-đurđevačkog dravskog zaobalja: Zemljopisno-ekološki prikaz krajolika Podravine, *Podrav. Zb. 1998*, 227–236
- [3] *Reconnection of Oxbow Lakes and Similar Features*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/reconnection-oxbow-lakes-and-similar-features>
- [4] *Restoration and Reconnection of Seasonal Streams*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/restoration-and-reconnection-seasonal-streams>
- [5] *Green Infrastructure and Flood Management: Promoting Cost-Efficient Flood Risk Reduction via Green Infrastructure Solutions*, European Environment Agency, Luxembourg, ISBN 9789292138943, 2017.
- [6] Ekonerg d.o.o. (2020): *Glavna ocjena prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu: Obnova rukavca i proširenje korita na rijeci Dravi na lokacijama: Otok Virje (C.1) i Stara Drava Varaždin (C.2)*, Zagreb
- [7] *Floodplains: a natural system to preserve and restore*, EEA Report, No 24/2019, 2019.
- [8] *Re-Meandering*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/re-meandering>
- [9] Piégay, H., Darby, S.E., Mosselman, E., Surian, N. (2005): A Review of Techniques Available for Delimiting the Erodible River Corridor: A Sustainable Approach to Managing Bank Erosion, *River Res. Appl.* 2005, 21, 773–789, doi:10.1002/rra.881

- [10] Geonatura d.o.o. (2019): Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat: Uređenje korita rijeke Drave, Zagreb
- [11] *Prethodna procjena rizika od poplava — Republika Hrvatska: Vodno područje rijeke Dunav i jadransko vodno područje*, Hrvatske vode, Zagreb, 2013.
- [12] Fisher, J., Stratford, C. (2008): Does Reconnection Mean Restoration for an Oxbow Lake, Hungary?, *Int. J. River Basin Manag.*, 6, 201–211, doi:10.1080/15715124.2008.9635348
- [13] Seidel, M., Voigt, M., Langheinrich, U., Hoge-Becker, A., Gersberg, R.M., Arévalo, J.R., Lüderitz, V. (2017): Re-Connection of Oxbow Lakes as an Effective Measure of River Restoration, *Clean - Soil, Air, Water*, 45, doi:10.1002/clen.201600211
- [14] Obolewski, K., Glińska-Lewczuk, K., Ožgo, M., Astel, A. (2016): Connectivity Restoration of Floodplain Lakes: An Assessment Based on Macroinvertebrate Communities, *Hydrobiologia*, 774, 23–37, doi:10.1007/s10750-015-2530-8.
- [15] Vita Projekt d.o.o. (2021.): *Studija o utjecaju na okoliš za projekt Drava LIFE: Integralno upravljanje rijekom*, Zagreb
- [16] *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-Based Management Approaches for Water-Related Infrastructure Projects*, UNEP, ISBN 978-92-807-3404-1, 2014.
- [17] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [18] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [19] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [20] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [21] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [22] Golfieri, B., Mason, E., Goltara, A., Silver, E. (2017): *Benefits of European River Restoration Schemes: An Analysis of 13 Case Studies Aiming to Integrate Improvement of Ecological Conditions and Flood Risk Mitigation*, Mestre
- [23] *Inner-Alpine River Basin Management on the Upper River Mur: Mur[Er]Leben 2003-2016*, Office of the State Government of Styria, Graz, 2015.

### 1.3 Obnova poplavnog područja

Poplavno područje je prostor uz vodotok koji je povremeno plavljen. Zbog svog obično značajnog kapaciteta za privremeni prihvata poplavne vode, poplavna područja predstavljaju iznimno važan i često zanemaren element u sustavima zaštite od poplava [1]. Prirodna funkcionalnost poplavnog područja, koja uključuje prihvata vode koju korito vodotoka ne može prihvatiti tijekom nailaska vodnog vala te polagano ispuštanje vode nazad u korito kad to hidrološki uvjeti omoguće, iznimno je važna i korisna karakteristika u kontekstu zaštite od poplava [2].

U prošlosti su poplavna područja isušivana, odvajana nasipima od vodotoka i prenamjenjivana u poljoprivredne površine budući da su pedološke karakteristike poplavnog područja obično vrlo povoljne za poljoprivrednu proizvodnju. Poplavna područja su također prenamijenjena i degradirana radi urbanizacije, razvoja industrije i riječnog prometa. Slijedom navedenog, obnova poplavnog područja mora se provesti kroz sagledavanje mogućih područja na cijelom slivu, a u konačnici se za obnovu odabiru područja koja imaju najmanje troškove kompenzacija korisnicima zemljišta i najveće učinke na ukupnu obranu od poplava na slivu. Prema tome, prednost treba dati područjima koja su pod šumama i pašnjacima te manje vrijednim poljoprivrednim površinama.

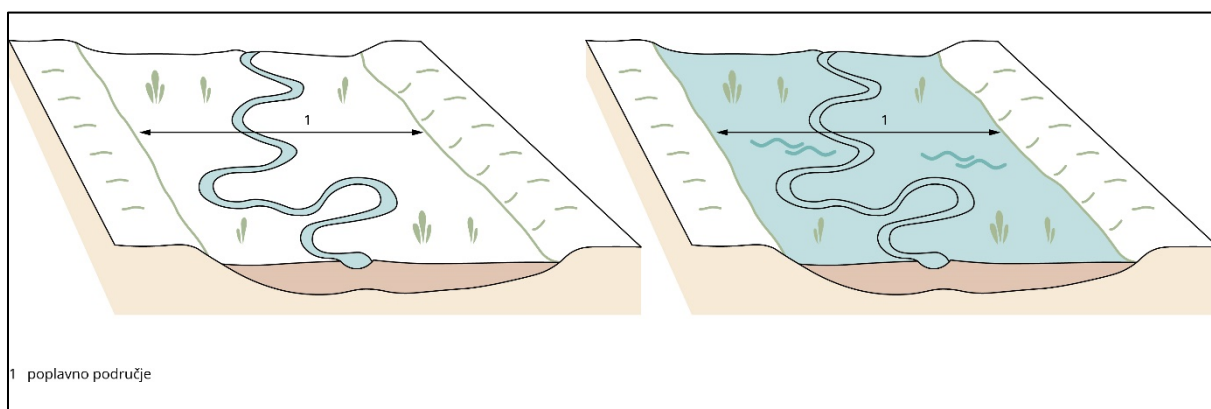
Obnova poplavnog područja je najsloženiji i najzahtjevniji oblik mjere zelene infrastrukture, budući da se tom mjerom zadire u prava velikog broja korisnika prostora obuhvaćenog mjerom. Izrazito visoki kompenzacijski troškovi zahtijevaju uključivanje u provedbu mjere i korisnika nizvodnih područja koji će imati nižu razinu rizika od poplava uz manje troškove održavanja vlastitih sustava zaštite od štetnog djelovanja voda. Ovo je posebno važno kada se radi o prekograničnim slivovima te u takva rješenja trebaju biti uključene sve države na slivu na kojem se primjenjuje ova mjera.

Primjer očuvanog poplavnog područja u Republici Hrvatskoj, Kopački rit, prikazan je na slici u nastavku (Slika 16), dok je shematski prikaz poplavnog područja prikazan na sljedećoj slici (Slika 17).





**Slika 16. Ušće Drave u Dunav i poplavno područje Kopačkog rita između rijeka (autor: Mario Romulić)**

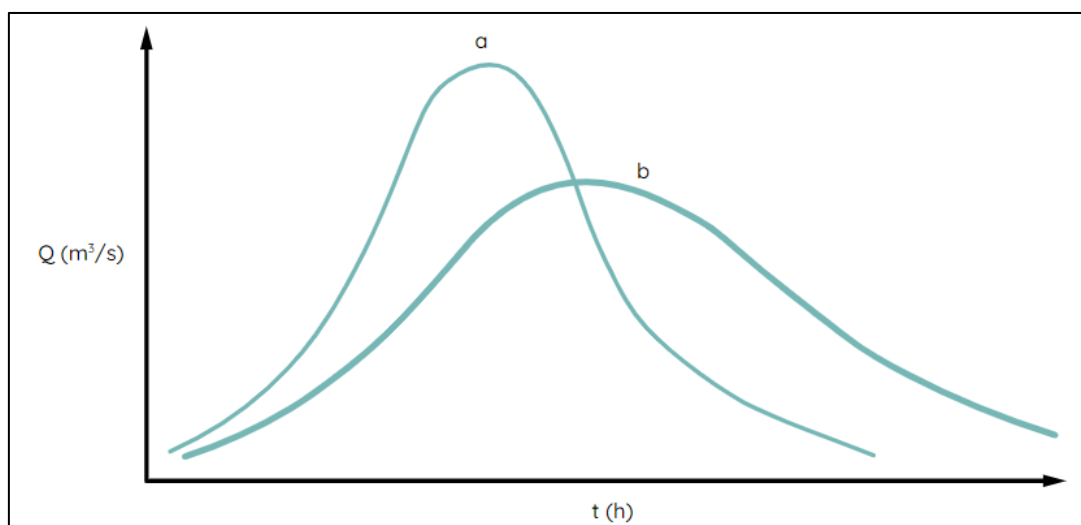


**Slika 17. Poplavno područje**

Vodotok i poplavno područje neodvojivi su i lateralno povezani elementi riječnog sustava između kojih se odvija izmjena vode, sedimenta, živih organizama i nutrijenata. Poplavna područja predstavljaju buffer zonu između sliva i vodotoka te karakteristike poplavnog područja direktno ovise o karakteristikama vodotoka i sliva. Zbog njihove povezanosti i međuovisnosti, sliv, poplavno područje i vodotok potrebno je promatrati kao jednu cjelinu [3].



Na slici u nastavku (Slika 18) prikazan je hidrogram vodnog vala za regulirani vodotok odnosno vodotok odvojen nasipima od poplavnog područja (krivulja a) i vodotok s funkcionalnim poplavnim područjem (krivulja b) [2]. Iz navedene slike može se vidjeti učinak funkcionalnog poplavnog područja – u vodotoku bez poplavnog područja dolazi do brže pojave vršnih protoka dok je u vodotoku s povezanim funkcionalnim poplavnim područjem porast protoka sporiji, vršni protoci su niži i duljeg trajanja te se isto tako protoci sporije snižavaju. Osim smanjenja vodnog vala i intenziteta poplavnog događaja, navedeno djelovanje može biti vrlo značajno i iz razloga što pruža više vremena za pripremne i evakuacijske mjere ukoliko su potrebne.



**Slika 18. Hidrogram vodnog vala – učinak poplavnog područja [2]**

Obnova poplavnog područja je mjera zelene infrastrukture kojom se odvojeno poplavno područje ponovno povezuje s vodotokom i time doprinosi zaštiti od poplava nizvodnih područja, a ujedno i povećava vrijednost usluga ekosustava koje poplavno područje pruža [1]. Obnova se provodi na način da se: 1) poveća kapacitet područja za prihvatanje poplavne vode i 2) unaprijedi način prolaska vode kroz poplavno područje [4]. Navedeno se postiže povećanjem funkcionalne površine i volumena poplavnog područja te povećanjem hrapavosti poplavnog područja [2]. Pri tome je ključno pronaći balans između navedena dva pristupa budući da povećanje volumena bez povećanja hrapavosti može intenzivirati otjecanje i povišiti vršne protoke nizvodno, dok prevelika hrapavost može uzvodno prouzročiti uspor, povišenje vodostaja i plavljenje branjenog područja. Mjeru zelenom infrastrukturom čine dodatne koristi do kojih dolazi njezinom implementacijom: poboljšanje infiltracije vode u podzemlje, povećanje kapaciteta tla za prihvatanje vode, poboljšanje kakvoće vode, smanjenje intenziteta difuznog onečišćenja, povećanje bioraznolikosti kroz povećanje kvalitete i vrsta staništa te povećanje vrijednosti usluga ekosustava koje poplavno područje prirodno pruža [1, 3].

Važan aspekt obnove poplavnog područja je kumulativni utjecaj, budući da obnova jednog poplavnog područja može u manjoj mjeri smanjiti opasnost od poplava, dok obnova više poplavnih područja na istom slivu može rezultirati značajnim pozitivnim utjecajem. Iz navedenog je razloga utjecaj implementacije mjere potrebno sagledati na razini znatno većoj od projektnog područja, često na razini čitavog sliva [2].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

### 1.3.1 Tehnički opis

#### 1.3.1.1 Projektiranje mjere

Obnovu poplavnog područja potrebno je planirati uz primjenu holističkog pristupa te u obzir uzeti sve relevantne aspekte stanja poplavnog područja prije značajnih antropogenih utjecaja poput hidrologije, geomorfologije, ekologije, pedologije, kao i postojeće stanje uključujući način korištenja zemljišta, prisutnu infrastrukturu, ljudske djelatnosti, pritiske i kvalitetu okoliša. Uz holistički, potrebno je primijeniti i ekosustavni pristup koji podrazumijeva upravljanje ljudskim djelatnostima na temelju najboljih dostupnih spoznaja o ekosustavima i njihovoj dinamici i procesima te održivog korištenja dobara i usluga, čime se osigurava zadržavanje ukupnog antropogenog opterećenja na razini koja omogućava postizanje i održavanje dobrog stanja okoliša. Budući da karakteristike poplavnog područja ovise o karakteristikama i procesima znatno šireg područja, a ujedno i utjecaji obnove poplavnog područja nisu ograničeni samo na područje implementacije, kod planiranja mjere potrebno je sagledati znatno veći prostor od lokacije implementacije mjere, a često i čitav sliv [3]. Učinci implementacije mjere ovise o stupnju izloženosti stanovništva i infrastrukture poplavama, kao i o samim karakteristikama projekta implementacije mjere i načinu na koji su prostorne specifičnosti poplavnog područja iskorištene za smanjenje opasnosti od poplava [4].

Planiranje mjere i prijedlozi rješenja često će biti u sukobu s postojećim načinom korištenja poplavnog područja, stoga je pronalazak balansa između njih također bitan element u planiranju mjere. Ekosustavnim pristupom potiče se generiranje većeg broja usluga ekosustava poplavnog područja što je upravo suprotno od čestih dosadašnjih praksi gdje se favorizira samo jedna korist, primjerice intenzivna poljoprivredna proizvodnja [3].

Prilikom projektiranja obnove poplavnog područja u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre. Poplave se opisuju prema povratnom periodu – što je veća poplava, to je i dulji njezin povratni period. Modeli koji analiziraju utjecaj klimatskih promjena na povratni period vodostaja vodotoka predviđaju promjene u povratnim periodima [3].

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere obnove poplavnog područja.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 27) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje optimalnog rješenja obnove poplavnog područja. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge

daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 27. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i methodska podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi vodotoka uz koji se planira obnova poplavnog područja: na lijevoj i desnoj obali;
- unutar poplavnog područja;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala i na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 28).

Tablica 28. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja šireg područja zahvata te u svrhu određivanja povezanosti površinskih i podzemnih voda
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene unutar poplavnog područja, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Obuhvat istraživanja kao i skupine flore i faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama šireg područja. Istraživanja će u većini slučajeva biti potrebno provesti za skupine vodenih organizama poput riba, školjkaša i rakova, kao i organizama ovisnih o vodi poput ptica, gmazova i vodozemaca. Prisutna flora i fauna te ekološki ciljevi implementacije mjere direktno uvjetuju tehničke karakteristike mjere poput nagiba obale, prisutnosti i vrste vegetacije i drugo.

### Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta obnove jezera potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 29) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

Tablica 29. Podloge potrebne za proračune

podloga	opis
geodetska snimka	obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere; obuhvatiti područje vodotoka i poplavnog područja
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka i poplavnog područja	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom vodotoka i poplavnog područja na kojima su označene razine malih, srednjih i velikih voda te uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode se u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima na obala vodotoka i unutar poplavnog područja; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta na lokaciji zahvata
podaci o oborinama (ako ne postoje mjerenja na vodotoku i slivu na kojem se obnavlja poplavno područje)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na vodotoku uz koji se obnavlja poplavno područje
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku uz koji se obnavlja poplavno područje

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračuna navedene u tablici u nastavku (Tablica 30). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 30. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati krivulju trajanja protoka i vodostaja na dionici vodotoka uz koju je predviđena obnova poplavnog područja;</li> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka uz koju je predviđena obnova poplavnog područja.</li> </ul>
<p>Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka i poplavnog područja nakon povezivanja;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja poplavnog područja na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojeće i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa u vodotoku i povezanom poplavnom području;</li> <li>proračun globalne stabilnosti korita vodotoka nakon obnove i povezivanja poplavnog područja;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
<p>Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost korita – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.</li> </ul>
<p>Za nasute građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti uzvodnog i nizvodnog pokosa;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje.</li> </ul>
<p>Za armirano-betonske građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>stabilnost protiv izdizanja;</li> <li>stabilnost na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije, hidraulički lom tla;</li> <li>globalna stabilnost temeljnog tla;</li> <li>dimenzioniranje konstrukcije.</li> </ul>



Rješenje obnove poplavnog područja odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u postojećem i projektnom stanju u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidrološkim postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Kao rezultate proračuna potrebno je prikazati dubine tečenja, visine vodnog lica, brzine i posmična naprezanja.

### 1.3.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Mjeru obnove poplavnog područja moguće je implementirati na prostorima na kojima se u prošlosti nalazilo ili se još uvijek nalazi prirodno formirano poplavno područje. Primjenjivost mjere ovisi o površini sliva i obično se ne primjenjuje na površinama manjima od 1.000 ha, budući da se na malim slivovima ni ne razvijaju značajnija poplavna područja. Površina poplavnog područja koje se želi obnoviti ne bi trebala biti manja od 10 ha. Mjeru je moguće implementirati na svim dionicama vodotoka, no najčešće se primjenjuje na srednjim i donjim dijelovima toka gdje se obično i formiraju poplavna područja. Tehnička ograničenja u vidu pedoloških karakteristika nisu definirana [1].

Glavni ograničavajući faktor za implementaciju mjere je trenutni način korištenja prostora, iako je mjeru moguće u teoriji implementirati na svim područjima bez obzira na način korištenja. Mjeru će svakako biti jednostavnije implementirati ukoliko je poplavno područje pod šumama i pašnjacima ili ako se poplavno područje koristi u poljoprivredne svrhe, dok će u slučaju prisutnosti visoko urbaniziranog područja implementacija biti praktički neizvediva. U svakom slučaju, što je potreban veći stupanj promjene načina korištenja zemljišta i zemljišnog pokrova iz antropogenog u prirodno/doprirodno, u pravilu će i korist od implementacije mjere biti veća. Uz prostorna ograničenja vezana uz ljudske djelatnosti, geomorfološke karakteristike područja kao što su nadmorska visina, nagibi, vertikalna raščlanjenost reljefa i druge, također izravno definiraju dostupni obuhvat poplavnog područja za obnovu i kapacitet za prihvat poplavne vode [1].

Provedba obnove poplavnih područja kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.3.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 31 do Tablica 33) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere obnove poplavnog područja.

Tablica 31. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	<p>U fazi planiranja obnove poplavnih područja velika se pažnja treba posvetiti pronosu nanosa i procesu sedimentacije. Naime, implementacijom mjere dolazi do promjene procesa sedimentacije u vodotoku zbog povećanog taloženja sedimenta na poplavnom području umjesto pronosa tog sedimenta u koritu vodotoka, što može rezultirati i pozitivnim i negativnim učincima. Pozitivan učinak odnosi se na pojačano taloženje sedimenta na poplavnom području čime se smanjuje taloženje i zatrpavanje na neželjenim mjestima u koritu vodotoka. Međutim, suprotno tome, manjak pronosa nanosa u vodotoku može rezultirati neželjenim morfološkim promjenama u koritu, produbljivanjem korita, snižavanjem razine podzemne vode te degradacijom vrijednih biljnih i životinjskih staništa.</p> <p>Ovisno o količini nanosa koji se taloži na poplavnom području, u duljem vremenskom periodu potrebno je predvidjeti/planirati iskapanje sedimenta i tzv. pomlađivanje poplavnog područja kako bi se zadržala njegova funkcionalnost.</p>
hidrološki režim površinskog i podzemnog toka	<p>Na poplavno područje voda može dolaziti iz vodotoka, površinskim otjecanjem sa sliva uslijed velikih količina oborina ili visokim razinama podzemne vode. Interakcija između navedenih izvora plavljenja određuje na koji način poplavno područje produljuje i snižava vršne protoke vodotoka. O količini vode koja dolazi sa sliva i/ili iz podzemlja na poplavno područje direktno ovisi kapacitet poplavnog područja za prihvatanje vode iz vodotoka, točnije veći dotok sa sliva i/ili podzemlja znači i manji kapacitet za prihvat poplavne vode iz vodotoka.</p>
led	<p>Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledostaj, uspor vode i pojačano izlivanje vode u poplavno područje uslijed čega kapacitet poplavnog područja može biti premašen i uzrokovati ledene poplave na širem projektnom području. Iz tog razloga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.</p>
vrijeme zadržavanja vode na poplavnom području	<p>Utječe na fizikalne, kemijske i ekološke procese na poplavnom području, što utječe na usluge ekosustava koje područje može pružati.</p>
opasnost od poplava šireg područja implementacije mjere	<p>Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje se izrađuju temeljem dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja, a koje prikazuju poplavne površine i dubine vode sadašnjeg i projektnog stanja za različite povratne periode. Vodostaj i protok vodotoka, poplavna površina i dubina poplavne vode te propagacija vodnog vala funkcionalni su parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere na smanjenje opasnosti od poplava.</p>

Tablica 32. Hidraulički projektni parametri

hidraulički projektni parametar	opis
hrapavost poplavnog područja	<p>Hrapavost je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi terena i stanju obraštenosti poplavnog područja. Obraštenost je ključan faktor budući da viša vegetacija kao što su šikara i drveće, znatno povećava hrapavost, iako će konkretan učinak ovisiti i o drugim faktorima poput gustoće, čvrstoće i sl. Uz obraštenost, na hrapavost utječu i morfološki elementi poput mrtvaja (povećavaju) i nasipa (smanjuju), ali i drugi elementi poput mostova, zidova i sl. koji djeluju kao prepreke u otjecanju.</p> <p>Hrapavost se opisuje Manningovim koeficijentom hrapavosti. Povećanjem koeficijenta hrapavosti smanjuje se brzina tečenja i protok vode kroz poplavno područje, ali se povisuje vodno lice pa je stanje obraštenosti važan element koji je potrebno uzeti u obzir za uspješno funkcioniranje poplavnog područja u obrani od poplava.</p>

odnos između volumena poplavnog područja i dotoka poplavne vode	Najvažniji faktor budući da o njemu ovisi korist od mjere. Dimenzije poplavnog područja trebaju biti proporcionalne veličini vodotoka.
---	--

**Tablica 33. Oblikovni i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib poplavnog područja i vodotoka	Nagib poplavnog područja i vodotoka jedan je od glavnih faktora kod određivanja kapaciteta područja za prihvat poplavne vode. Blagi uzdužni nagibi smanjuju vršne protoke te ih vremenski produljuju, za razliku od većih nagiba koji mogu čak i dodatno intenzivirati poplavni događaj nizvodno.
tlocrtni oblik vodotoka	Obnovom prirodnog, krivudavog toka vodotoka koji je u prošlosti reguliran prokopima, smanjuje se brzina tečenja i produljuje trajanje vodnog vala u samom koritu, što utječe i na povećanje kapaciteta poplavnog područja za prihvat poplavne vode.
površina i dubina poplavnog područja	Parametri koji utječu na kapacitet (volumen) poplavnog područja za prihvat poplavnih voda.
kota krune ljetnog nasipa	Potrebno je projektirati kotu krune ljetnog nasipa na način da je omogućeno prelijevanje vode na poplavno područje za vrijeme velikih voda.
trase glavnih nasipa	Projektiranjem trasa glavnih nasipa definiraju se granice i površina funkcionalnog poplavnog područja te odjeljuje poplavno od branjenog područja.

### 1.3.1.4 Ekološki aspekti mjere

Utjecaj poplavnog područja na smanjenje opasnosti od poplava u direktnoj je vezi s geomorfološkim karakteristikama područja, primjerice prisutnosti meandara, rukavaca, mrtvaja, povremenih i stalnih stajaćica i drugih elemenata. Geomorfološke karakteristike ujedno direktno utječu i na ekološke karakteristike područja, poput raznolikosti staništa te vrsta i vrijednosti usluga ekosustava koje područje pruža. Pod utjecajem abiotičkih faktora, na poplavnom području razvijaju se specifični kompleksi ekosustava i staništa, od kojih su najznačajniji močvare, travnjaci, šume, manja periodički ili stalno protočna vodna tijela i stajaćice. Prirodno poplavno područje često se sastoji od mozaika navedenih staništa, s izraženim dinamičnim procesima vegetacijske sukcesije i promjena u staništima. Ova staništa iznimno su bitna za brojne organizme, poput ptica koje ovdje pronalaze gnjezdilišta i hranilišta, riba kojima su poplavna područja vrlo važna mrjestilišta i odrastališta, vodozemce koji su životnim ciklusom često vezani uz eutrofne vode prisutne na poplavnim područjima te sisavce poput velikih herbivora, koji ispašom i gaženjem utječu na vegetacijsku sukcesiju te također doprinose održavanju velike bioraznolikosti područja.

Ljudske djelatnosti na slivu uvelike definiraju kakvoću vode i opterećenja odnosno razinu difuznog onečišćenja. Poplavna područja mogu značajno doprinijeti poboljšanju kakvoće vode budući da putem biogeokemijskih procesa sudjeluju u transportu, transformaciji, pohranjivanju i uklanjanju kemijskih spojeva i tvari, poput nutrijenata i teških metala. Kakvoća vode i svojstva tla direktno utječu na ekološke karakteristike područja, pri čemu vrlo važnu ulogu imaju ciklusi dušika, ugljika, fosfora i elemenata u tragovima [2]. Za poboljšanje kakvoće vode u vodotoku, odnosno smanjenje difuznog onečišćenja koje sa sliva dospije u vodotok, važan element je riparijska vegetacija, pogotovo drvenasta, koja uz navedeno sudjeluje i u stabilizaciji obala vodotoka, smanjenju intenziteta erozije te smanjenju ispiranja čestica tla s okolnog područja, pogotovo ako se radi o antropogeno

izmijenjenom području poput poljoprivrednih površina. Riparijska vegetacija kao specifično kontaktno područje između vodotoka i poplavnog područja vrlo je važno stanište budući da pruža specifične uvjete za brojne organizme. Stoga obnova i povećanje površine riparijske vegetacije treba biti sastavni dio mjere obnove poplavnog područja.

Da bi se mjera mogla smatrati zelenom infrastrukturom, mora sadržavati elemente rješenja kojima se poboljšavaju ekološke karakteristike i usluge ekosustava poplavnog područja u odnosu na postojeće stanje, odnosno elemente rješenja vraćanja područja u prirodno/doprirodno stanje. Stoga je već u ranim fazama projekta bitno odrediti referentno stanje područja implementacije mjere kako bi se moglo analizirati u kojoj mjeri je referentno stanje moguće vratiti i odabrati optimalno rješenje obnove. Referentno stanje uključuje ekološke karakteristike koje bi područje imalo u prirodnom/doprirodnom stanju, odnosno bez značajnih negativnih antropogenih utjecaja. Navedeno uključuje podatke o:

- staništima, flori i fauni poplavnog područja,
- povezanosti vodotoka i poplavnog područja,
- intenzitetu fluvijalnih procesa (pronos i taloženje nanosa te erozija).

Kad je poznato referentno stanje, mogu se postaviti optimalni ciljevi koji se žele postići implementacijom mjere, a na koje direktno utječu antropogeni faktori poput načina korištenja zemljišta, prisutne infrastrukture, vrijednosti područja itd.

### 1.3.1.5 Vrste radova

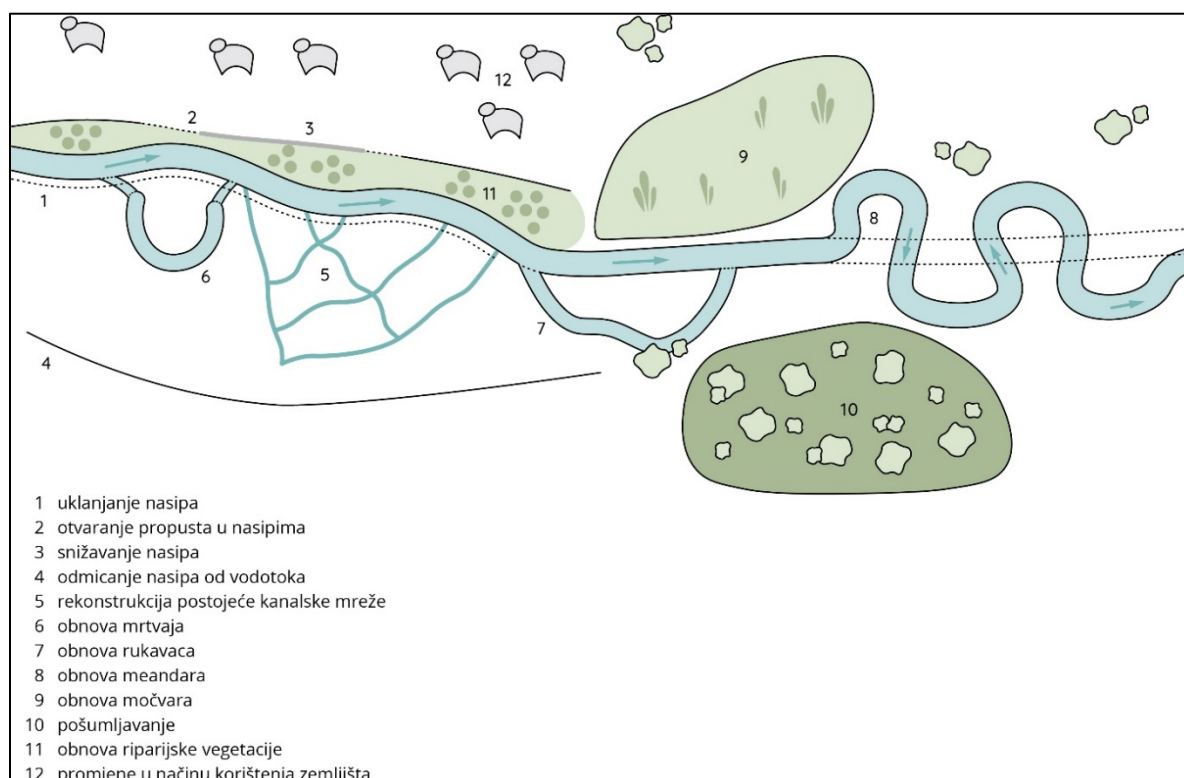
Na poplavno područje voda može dolaziti iz vodotoka, površinskim otjecanjem sa sliva tijekom velikih količina oborina ili visokim razinama podzemne vode [2]. Mjera obnove poplavnog područja prvenstveno služi za prihvat poplavne vode iz vodotoka, dok mjere za smanjenje površinskog otjecanja treba provoditi na razini čitavog sliva, uključujući i na poplavnom području [1].

Obnova poplavnog područja može uključivati čitav niz aktivnosti, između ostalih i izgradnju sive infrastrukture poput nasipa, obaloutvrda, pregrada i drugih sličnih građevina. Uključivanje sive infrastrukture u projekt obnove poplavnog područja nije isključeno, budući da ona može u značajnoj mjeri doprinijeti obnovi poplavnog područja i njegovom funkcioniranju, te su u tom slučaju koristi koje uzrokuje siva infrastruktura značajno veće od negativnih posljedica. Pritom valja tražiti načine da siva infrastruktura komplementira zelenu infrastrukturu u smislu unaprjeđenja funkcije obrane od poplava dok istodobno omogućuje pružanje usluga ekosustava. Ovisno o ograničavajućim faktorima i željenim rezultatima, moguć je velik broj aktivnosti u sklopu projekta obnove poplavnog područja. Obnova poplavnog područja najčešće uključuje sljedeće vrste radova [1, 4]:

- uklanjanje nasipa, otvaranje propusta u nasipima, snižavanje nasipa i/ili odmicanje nasipa od vodotoka;
- rekonstrukcija postojeće kanalske mreže;
- ponovno povezivanje odvojenih vodnih tijela unutar poplavnog područja s vodotokom (obnova rukavaca, mrtvaja i meandara);
- obnova močvara;

- iskop sedimenta i snižavanje kote poplavnog područja;
- promjene u načinu korištenja zemljišta;
- pošumljavanje;
- obnova i razvoj riparijske vegetacije;
- obnova i razvoj autohtone vegetacije;
- uklanjanje invazivnih biljnih vrsta.

Na slici u nastavku (Slika 19) prikazan je shematski prikaz obnove poplavnog područja, dok su opisi navedenih radova dani u tekstu ispod slike.



**Slika 19. Obnova poplavnog područja**

### Uklanjanje nasipa, otvaranje propusta u nasipima, snižavanje nasipa i/ili odmicanje nasipa od vodotoka

Volumen poplavnog područja, odnosno kapacitet područja za prihvatanje poplavne vode ključan je element implementacije mjere s aspekta smanjenja rizika od poplava. Ukoliko je poplavno područje od vodotoka odvojeno nasipima, što je obično slučaj, nasipe će biti potrebno ukloniti, sniziti im visinu, otvoriti propuste u njima i/ili ih premjestiti na veću udaljenost od vodotoka. Odabir rješenja isključivo ovisi o načinu korištenja i realnim mogućnostima širenja poplavnog područja. Rekonstrukcijom/uklanjanjem nasipa osigurava se kontakt vodotoka i poplavnog područja, omogućuje plavljenje poplavnog područja i povećava kapacitet za prihvat poplavne vode [1]. Navedeni radovi ne zahtijevaju dodatna razmatranja u odnosu na postojeću praksu planiranja i izvođenja. Kako je već



navedeno, iznimno je važno pronaći balans između povećanja kapaciteta za prihvata vode i povećanja hrapavosti područja, budući da povećanje volumena bez povećanja hrapavosti može intenzivirati otjecanje i povisiti vršne protoke nizvodno, dok prevelika hrapavost može predstavljati barijeru otjecanju vode te uzvodno prouzročiti uspor, povišenje vodostaja i plavljenje branjenog područja.

### **Rekonstrukcija postojeće kanalske mreže**

Na poplavnim područjima često je prisutna mreža melioracijskih kanala, primjerice za odvodnju poljoprivrednih površina, koju će potencijalno biti potrebno rekonstruirati. Iako se radi o antropogenom elementu, kanali u poplavnom području mogu biti vrlo važni budući da povećavaju kapacitet poplavnog područja za prihvat poplavne vode, a ujedno doprinose povećanju krajobrazne raznolikosti i povećanju raznolikosti staništa. Rekonstrukcija kanalske mreže podrazumijeva radove s ciljem povećanja volumena i smanjenja brzine otjecanja, a uključuje produbljenje i proširenje, promjenu tlocrtnog oblika kanala (povećanje zavojitosti) i povećanje hrapavosti razvojem riparijske vegetacije. Pri tome treba težiti pronalasku balansa između navedenih radnji kako bi se osigurala zadovoljavajuća funkcionalnost kanala, a ujedno omogućilo formiranje vrijednih doprirodnih staništa.

### **Ponovno povezivanje odvojenih vodnih tijela unutar poplavnog područja s vodotokom (obnova rukavaca, mrtvaja i meandara)**

Obnova i ponovno povezivanje rukavaca, mrtvaja i meandara s vodotokom također je bitan element povećanja kapaciteta poplavnog područja za prihvat vode [1]. Obnova meandara i rukavaca/mrtvaja opisana je u zasebnim poglavljima budući da se radi o mjerama koje se mogu provoditi i samostalno (Knjiga 2, poglavlja 1.1 i 1.2).

### **Obnova močvara**

Obnova močvara opisana je u zasebnom poglavlju budući da se radi o mjeri koja se može provoditi i samostalno (Knjiga 2, poglavlje 1.7).

### **Iskop sedimenta i snižavanje kote poplavnog područja**

Snižavanje kote poplavnog područja uklanjanjem odnosno iskopom sedimenta učinkovita je mjera povećanja kapaciteta poplavnog područja. Ovisno o pedološkim i geološkim karakteristikama područja, iskopom sedimenta može se postići infiltracija površinske vode u podzemlje, čime se dodatno pozitivno utječe na ublažavanje rizika od poplava povećanjem prihvatnog kapaciteta za vodu, a ujedno se i doprinosi obnovi zaliha podzemne vode.

Prije uklanjanja sedimenta potrebno je provesti analize fizikalno-kemijskih karakteristika sedimenta. Ispitivanja se provode na parametre propisane relevantnim zakonodavstvom kako bi se utvrdila pogodnost odlaganja sedimenta na poljoprivrede površine. Ukoliko se pokaže da sediment nije pogodan za tu namjenu, potrebno je izraditi dokumentaciju u svrhu zbrinjavanja sedimenta na način da ne dođe do onečišćenja okoliša.

## Promjene u načinu korištenja zemljišta

Jedan od najvažnijih elemenata obnove poplavnog područja je promjena u načinu korištenja zemljišta. Način korištenja zemljišta direktno utječe na površinsko otjecanje, stoga degradacija prirodnog/doprirodnog zemljišnog pokrova u pravilu negativno utječe na hidrološki režim te povećava opasnost od poplava. Ljudske aktivnosti poput sječe šuma, urbanizacije i povećanja površina pokrivenih nepropusnim materijalima, intenzivne poljoprivrede i odvodnjavanja poljoprivrednih površina, isušivanja močvara i drugo, smanjuju kapacitet područja za prihvat vode te u isto vrijeme intenziviraju površinsko otjecanje, što rezultira većim i bržim dotokom vode u vodotok u situacijama topljenja snijega i/ili većih količina oborina, te posljedično i većim vršnim protocima vodotoka. U isto vrijeme, regulacija i stabilizacija vodotoka također doprinosi bržem protjecanju vode i povećanju vršnih protoka [2]. Promjena načina korištenja zemljišta uključuje vraćanje područja u prirodno/doprirodno stanje, pri čemu je najvažniji element obnova autohtone vegetacije i povećanje hrapavosti područja te omogućavanje procjeđivanja vode u podzemlje. Osim snižavanja intenziteta površinskog otjecanja, navedene aktivnosti doprinose i povećanju bioraznolikosti područja te vrijednosti usluga ekosustava.

## Pošumljavanje

Pošumljavanje je jedan od načina promjene korištenja zemljišta kojim se vrlo učinkovito povećava hrapavost poplavnog područja te smanjuje brzina površinskog otjecanja. Glavna manjkavost ove aktivnosti je relativno dugo vremensko razdoblje koje je potrebno da bi se razvila šuma, iako se koristi šumskog pokrivača u smanjenju opasnosti od poplava pojavljuju nekoliko godina nakon sadnje i povećavaju s rastom i razvojem vegetacije do stadija zrelosti šume. Prirodna visoka vegetacija poplavnog područja, poput drveća i grmlja ima značajno veću hrapavost od primjerice travnjaka i poljoprivrednih površina. Povećavanjem hrapavosti područja dolazi do snižavanja vršnih protoka i ujedno njihovog vremenskog produljenja [1, 2]. No svakako treba naglasiti kako o vrsti šume i načinu gospodarenja značajno ovisi koeficijent hrapavosti. Primjerice, plantažno uzgajane i održavane šume, u kojima su stabla u pravilnim redovima na jednakim međusobnim udaljenostima, posebice ako se čisti i uklanja grmlje, nemaju velik utjecaj na povećanje otpora tečenja [5]. Povećanjem površine pod šumama povećava se i evapotranspiracija, dok formiranje šumskog tla značajno pridonosi povećanju infiltracije vode u podzemlje.

## Obnova i razvoj riparijske vegetacije

Obnova poplavnog područja svakako treba uključivati i očuvanje, obnovu ili razvoj riparijske drvenaste vegetacije. Uz ekološke koristi od riparijske vegetacije navedene u prethodnom poglavlju (1.3.1.4 Ekološki aspekti mjere), ona također doprinosi povećanju hrapavosti i usporavanju površinskog otjecanja [1, 2]. Obnova riparijske vegetacije obrađena je kao zasebna mjera u ovim Smjernicama (Knjiga 3, poglavlje 1.3).

## Obnova i razvoj autohtone vegetacije

Omogućavanje rasta i razvoja autohtone vegetacije je mjera promjene načina korištenja zemljišta koja doprinosi povećanju bioraznolikosti područja, no ovisno o vrsti vegetacije, može u velikoj mjeri doprinijeti i povećanju hrapavosti područja i vremenskom zadržavanju vode na poplavnom području. Hrapavost vegetacije ovisi o njezinim dimenzijama i visini te koeficijentu krutosti, koji predstavlja složen parametar u kojeg su uključeni gustoća, elastičnost, oblik i savitljivost vegetacije. Osim samih biljaka, njihovi odumrli dijelovi također mogu značajno utjecati na koeficijente hrapavosti [5].

### Uklanjanje invazivnih biljnih vrsta

Uklanjanje invazivnih biljnih vrsta je popratna aktivnost koja ne pridonosi smanjenju rizika od poplava, no svakako ju je poželjno uključiti u projekt obnove poplavnog područja zbog velikih problema koje invazivne biljne vrste izazivaju. To može uključivati negativne utjecaje na autohtonu vegetaciju i posredno smanjenje njene funkcije u smanjenju opasnosti od poplava. Poplavna područja i priobalna zona izrazito su izloženi invazivnim vrstama budući da vodotoci predstavljaju vrlo važne koridore za širenje invazivnih vrsta.

#### **1.3.1.6 Održavanje mjere**

Kako bi se održala funkcionalnost poplavnog područja u pogledu smanjenja opasnosti od poplava te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, neophodno je redovito provoditi praćenje stanja obnovljenog poplavnog područja. Praćenje stanja potrebno je definirati prema aktivnostima koje projekt obnove uključuje, no svakako treba uključivati utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i taloženje nanosa) te identifikaciju eventualno kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji od željenih, odnosno projektiranih. Ukoliko projekt uključuje hidrotehničke građevine za stabilizaciju obale, pregrade, nasipi i slično, praćenje stanja treba uključivati i provjeru stabilnosti istih. Ukoliko projekt uključuje obnovu i razvoj vegetacije, potrebno je pratiti njezino stanje i razvoj.

Praćenje stanja treba provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projektnih rješenja. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje projektom postavljenih ciljeva vezanih uz ODV i uz usluge ekosustava, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem direktno ovisi o karakteristikama projekta, a može uključivati održavanje vegetacije, uklanjanje sedimenta, sanaciju hidrotehničkih građevina, održavanje odgovarajuće dubine vodotoka i vodnih tijela unutar poplavnog područja, uklanjanje nanosa biljnih ostataka na kritičnim mjestima i sl. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja. Jedna od mogućnosti održavanja područja je tradicionalno ekstenzivno stočarstvo, koje je ujedno i održivi način korištenja poplavnog područja, gdje stoka ispašom i gaženjem sudjeluje u održavanju vegetacije [2].

Izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete, što može uključivati stabilizaciju obale na kojoj dolazi do erozije intenzivnije od željene, odnosno projektirane, te izvanredno provođenje redovitih mjera uslijed nepredviđenih okolnosti, poput

ekstremnih poplavnih događaja i njihovih posljedica koje se odnose na velike količine nanosa, oštećenja na vegetaciji i slično.

Sastavni dio projekta obnove poplavnog područja treba biti plan upravljanja istim, kojim će se definirati mjere vezane uz korištenje i upravljanje poplavnim područjem, te poželjne i nepoželjne aktivnosti [1, 3]. Zbog svoje velike površine, obnova poplavnih područja može biti dio Planova upravljanja vodnim područjima i/ili slivovima [4].

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.3.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 35) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 35) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice Standardna kalkulacija radova u vodogradnji).

Tablica 34. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Uređenje vodotoka i melioracijskih kanala	m <sup>3</sup>
2.3	Uklanjanje postojeće sive infrastrukture (obaloutvrde, nasipa)	m <sup>3</sup>
2.4	Izgradnja vodogradnji koje spadaju u domenu „zelene“ infrastrukture	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>ARMIRANO-BETONSKI RADOVI</b>	
3.1	Izgradnja sive infrastrukture (propusti, ustave)	m <sup>3</sup>

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>4</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
4.1	Nabava i sadnja grmlja	kom
4.2	Nabava i sadnja drveća	kom

Ukupni građevinski troškovi procjenjuju se na 10% ukupne investicije [1].

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere obnove poplavnog područja čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

Obnovom poplavnog područja trenutni način korištenja područja djelomično ili u potpunosti više neće biti moguć, te je navedeno potrebno kompenzirati vlasnicima/korisnicima područja, pri čemu će kompenzacijski trošak značajno varirati ovisno o namjeni zemljišta. U slučaju korištenja poplavnog područja u poljoprivredne svrhe, umjesto potpunog prekida poljoprivredne proizvodnje, moguće je promijeniti vrstu usjeva te uzgajati vrste prilagođene periodičnom plavljenju [4].

Implementacija mjere na urbaniziranim ili industrijskim područjima znači i više troškove otkupa zemljišta. U tablici u nastavku (Tablica 34) prikazani su prosječni troškovi otkupa zemljišta po vrsti zemljišta i po vrsti prisutnih objekata [1].

**Tablica 35. Prosječni troškovi otkupa zemljišta [1]**

vrsta troška otkupa	jed. mjera	jed. cijena [€]
<b>po vrsti zemljišta</b>		
za stanovanje	ha	700.000
za industriju	ha	24.000
za rekreaciju	ha	12.000
za poljoprivredu s visoko vrijednim usjevima	ha	10.000
<b>po vrsti objekta</b>		
kuća	objekt	100.000
farma	objekt	250.000
tvrtka	objekt	250.000
troškovi uklanjanja	zahvat	30.000

Radi uvida u moguće očekivane ukupne troškove obnove poplavnog područja, prosječni ukupni trošak obnove poplavnog područja izračunat je na temelju četiri provedena projekta u Europi na rijekama Rajni, Scheldte (2 projekta) i Dunavu. Ukupni trošak obnove poplavnog područja uključuje troškove otkupa zemljišta, izgradnje i sanacije te troškove održavanja. Trošak otkupa zemljišta jedan je važnijih elemenata jer ovisi o lokaciji, namjeni i drugim svojstvima zemljišta, a ponekad može premašiti cijenu građevinskih radova. Svakako je bitno napomenuti kako otkup zemljišta nije jedina opcija.



Poljoprivrednike je primjerice moguće poticati na uzgoj usjeva koji su otporni ili im je životni ciklus usklađen s dinamikom plavljenja, pri čemu će troškovi biti svakako manji [4].

Ukupni prosječan trošak obnove poplavnog područja iz analiziranih projekata iznosi oko 150.000 €/ha. Cijena otkupa zemljišta i kompenzacije kretala se između 10.000 €/ha i 700.000 €/ha, dok je prosječna cijena iznosila 53.000 €/ha. Cijena radova kretala se između 130.000 €/ha i 360.000 €/ha. Navedeni podaci pokazuju kako trošak implementacije mjere može značajno varirati, a u prilog tome ide i bitno različit podatak o trošku obnove poplavnog područja na donjem Dunavu, koji je iznosio 5.000 €/ha, uključujući troškove otkupa zemljišta i troškove radova [4]. Prema nešto starijem izvoru podataka (2012.) prosječna cijena obnove poplavnog područja u Europskoj uniji iznosi oko 260.000 €/ha [6].

### 1.3.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova, koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 36) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 36) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 36. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Troškovi održavanja ove mjere su specifični i najviše ovise o području zaposjedanja i utjecaja mjere. Prema nekim iskustvima procjenjuju se na 0,5% do 1,5% ukupnih investicijskih troškova, što u odnosu na ukupni prosječni trošak implementacije mjere od oko 150.000 €/ha iznosi oko 1.000 €/ha [4].

### 1.3.1.9 Isplativost mjere

Prema podacima Europske komisije [7], na razini Europske unije analizirana su četiri pristupa rješavanja problema zaštite od poplava te je uspoređena njihova učinkovitost i troškovna isplativost. U analizu su uključeni i utjecaji klimatskih promjena, dok su ostale usluge ekosustava izostavljene. Analizirana su sljedeća četiri pristupa: ojačavanje postojećih nasipa, obnova poplavnih područja, mjere smanjenja štete na građevinama i preseljenje stanovništva. Obnova poplavnih područja pokazala se kao najisplativiji pristup s troškovnog i društvenog aspekta. Ključni zaključci su sljedeći:

- za svaki uloženi 1 € ušteda će iznositi od 2,90 do 3,50 €;
- smanjenje ekonomske štete iznositi će od 64 do 82%;
- smanjenje udjela ugroženog stanovništva iznositi će od 63 do 81%.

Obnova poplavnih područja ekonomski je najisplativiji pristup u većini NUTS2 regija i zemalja EU. Procjenjuje se da bi primjena ovog pristupa na EU razini zahtijevala investiciju od 2,5 milijarde €/godina do 2100. godine. Takva investicija smanjila bi gospodarske štete s 33,0 milijarde €/godina na 9,6 milijardi €/godina, odnosno za 71%. Do kraja stoljeća ukupan broj izloženih stanovnika smanjio bi se s 338.000 na 100.000 odnosno za 70%.

Prema pripadnoj literaturi, navedeni zaključak vrijedi i za Republiku Hrvatsku. Analiza je pokazala da je omjer koristi i troškova u periodu do 2100. godine te uz očekivani porast prosječne globalne temperature za 2°C, najveći za obnovu poplavnih područja (4,0), zatim mjere smanjenja štete na građevinama (3,2), ojačavanje postojećih nasipa (1,5) i najmanji za preseljenje stanovništva (<1). Ovisno o scenariju klimatskih promjena (porast temperature za 1,5, 2 i 3 °C do 2100. godine), smanjenje godišnje štete od poplava iznosi od 89% (porast za 1,5 °C) do 96% (porast za 3 °C). Usporedbe radi, smanjenje godišnje štete od poplava ojačavanjem postojećih nasipa kreće se između 56 i 73%. Ovdje treba naglasiti kako ostale usluge ekosustava nisu uključene u analizu, čime bi omjer koristi i troškova dodatno porastao u korist obnove poplavnih područja [7].

Navedene analize su međutim samo pokazatelj opravdanosti ove vrste mjere zelene infrastrukture, ali se za svaki pojedini slučaj treba provesti cjelovita analiza varijanata i isplativosti izabranog rješenja prema načelima i metodologiji koja je prikazana u Knjizi 1 ovih smjernica, u poglavlju 2 „Pristup i metodologija“.

### 1.3.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavljju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.3.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings& key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 37) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih vrsta koristi [1], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 37. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Veličina poplavnog područja direktno utječe na kapacitet poplavnog područja za zadržavanje i usporavanje površinskog otjecanja.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	Uz karakteristike oborinskih događaja poput količine i intenziteta oborina i/ili intenziteta topljenja snijega, zemljišni pokrov i način korištenja prostora glavni su faktori koji utječu na površinsko otjecanje i na značajnost utjecaja implementacije mjere. Kapacitet za zadržavanje i usporavanje površinskog otjecanja veći je ukoliko mjera uključuje promjene u pokrovu zemljišta i razvoj vegetacije. Pošumljavanje, uređenje depresija i manjih vodnih tijela, ograničavanje intenzivnog korištenja poplavnog područja i slične aktivnosti također značajno pridonose koristi od implementacije mjere.
kapacitet (volumen) područja za prihvata vode	Implementacijom mjere značajno se pridonosi kapacitetu prostora za prihvat vode. Ukoliko mjera uključuje aktivnosti poput uklanjanja nasipa ili otvaranja propusta u istima, obnovu rukavaca, kanala i mrtvaja, povećavanje površine poplavnog područja, sniženje kota pri čemu dolazi do povećavanja volumena i produljenje vremena zadržavanja poplavne vode npr. povećavanjem hrapavosti vegetacijom, kapacitet poplavnog područja za prihvat vode može se značajno povećati.
smanjenje brzine toka	Usporavanje brzine toka pri visokom vodostaju postiže se povećavanjem hrapavosti na poplavnom području, prvenstveno promjenom načina korištenja prostora i razvojem vegetacije.

korist	pojašnjenje
povećanje evapotranspiracije	Ukoliko je mjera popraćena promjenama u načinu korištenja zemljišta, npr. promjena iz intenzivno korištenih poljoprivrednih površina ili urbanog područja u šumsko/močvarno područje, povećat će se i evapotranspiracija. Navedeno može rezultirati određenim mikroklimatskim promjenama, primjerice povećanjem vlažnosti područja.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Promjene u načinu korištenja zemljišta i zemljišnog pokrivača poput povećanja površina pod šumama i močvarama te sporije površinsko otjecanje mogu dovesti do povećanja infiltracije u tlo i prihrane podzemnih voda. Intenzitet infiltracije u tlo i prihrane podzemne vode ovisi o geološkim i pedološkim karakteristikama te hidrološkim karakteristikama vodonosnika.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Promjene u načinu korištenja zemljišta poput povećanja površina pod šumama i močvarama, mogu dovesti do povećavanja količine organske tvari u tlu i time povećati kapacitet tla za skladištenje vode. Uklanjanje antropogenih nepropusnih ili slabo propusnih elemenata na površini tla povećat će propusnost tla, a time i kapacitet tla za prihvat vode.
smanjenje erozije	Obnovom poplavnog područja uspostavlja se ravnoteža između procesa erozije i taloženja nanosa. Erozijski procesi se smanjuju, kao i pronos i taloženje nanosa u koritu nizvodno, dok se povećava sedimentacija na poplavnom području.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### 1.3.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 38) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [1, 8, 9], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 38. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Implementacijom mjere očekuje se značajan pozitivan utjecaj na biološke elemente stanja vodnog tijela. Pozitivan utjecaj posljedica je poboljšanja kvalitete kopnenih i vodenih staništa, povezanosti vodotoka i poplavnog područja, smanjenja antropogenog utjecaja kroz promjenu načina korištenja poplavnog područja i smanjenja difuznog onečišćenja koje doprije do vodotoka.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Vraćanjem vodotoka u prirodno/doprirodno stanje, povezivanjem s poplavnim područjem i omogućavanjem odvijanja prirodnih fluvijalnih procesa značajno se pozitivno utječe na sve hidromorfološke elemente.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Promjenama u zemljišnom pokrovu i načinu korištenja zemljišta, npr. promjena iz intenzivno korištenih poljoprivrednih površina u šumsko/močvarno područje, može se očekivati smanjenje izvora onečišćenja, a time i smanjenje koncentracija onečišćujućih tvari. Vegetacija je vrlo bitna u kontekstu smanjenja koncentracije onečišćujućih tvari. Razvojem vegetacije, obnovom/izgradnjom močvara te pošumljavanjem značajno se povećava sposobnost tla i pokrova za apsorpcijom, filtriranjem, pročišćavanjem i transformiranjem onečišćenja i onečišćujućih tvari.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [10].

Budući da se implementacijom mjere obnove poplavnog područja mogu očekivati i značajni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se



očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjena hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.3.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 39) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [1, 11, 12], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 39. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može doći do smanjenja navedenih usluga ekosustava, ukoliko mjera uključuje prenamjenu prostora koji se prije koristio za proizvodnju hrane, materijala ili energije (poljoprivreda, stočarstvo, plantaže i sl.) u prostore koji tome ne služe (močvara, zaštitna šuma i sl.). Ovdje je potrebno naglasiti da se ne radi o apsolutnom gubitku usluga ekosustava, budući da je navedene djelatnosti moguće smjestiti na prostor izvan poplavnog područja (npr. zapuštena i neobrađivana poljoprivredna područja), dok je poplavno područje moguće smjestiti jedino tamo gdje se prirodno nalazi – uz vodotok.
1.1.2. kultivirane vodene biljke za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.3. kultivirane kopnene životinje za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.4. kultivirane vodene životinje za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Ukoliko je mjera popraćena promjenama u zemljišnom pokrovu, poboljšanjem svojstava tla, razvojem riparijske vegetacije i buffer zona, obnovom/izgradnjom močvara te pošumljavanjem, značajno se povećava sposobnost tla i pokrova za apsorpcijom, filtriranjem, pročišćavanjem i transformiranjem onečišćenja i onečišćujućih tvari.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Mjerom se omogućuje odvijanje prirodnih procesa erozije i taloženja nanosa u vodotoku, te povećanje taloženja sitnog nanosa na poplavnom području, što rezultira smanjenjem transporta nizvodno i sedimentacije u vodotoku. Implementacijom mjere značajno se pridonosi kapacitetu prostora za prihvata vode te time smanjenju opasnosti od poplava.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Poboljšanje stanja poplavnog područja i povezanost s vodotokom direktno utječe na povećanje bioraznolikosti i povećanje kvalitete vodenih, kopnenih i prijelaznih staništa.
2.2.4. regulacija kvalitete tla	Promjena načina korištenja zemljišta, npr. iz intenzivno korištenih poljoprivrednih površina u šumsko/močvarno područje, i općenito smanjenje antropogenog pritiska značajno povećava kvalitetu tla. Talozenje nanosa na poplavnom području također doprinosi povećanju količine organske tvari i kvaliteti tla.
2.2.5. svojstva vode	Promjena načina korištenja zemljišta i posljedično smanjenje difuznog onečišćenja koje doprije u vodotok pozitivno utječe na poboljšanje kakvoće vode.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Ukoliko je mjera popraćena pošumljavanjem većih površina, mogu se očekivati manji utjecaji na lokalnu klimu kroz povećanje evapotranspiracije i vlažnosti. Na ovaj način mjera može utjecati i na smanjenje ekstremnih temperatura zraka. Prisutnost vegetacije i promjena načina korištenja zemljišta, npr. iz intenzivno korištenih poljoprivrednih površina u šumsko/močvarno područje, pozitivno utječe na ublažavanje klimatskih promjena budući da područje u tom slučaju predstavlja ponor stakleničkih plinova.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Povećanjem bioraznolikosti i ekoloških vrijednosti poplavnog područja, povećava se i vrijednost svih kulturoloških biotičkih usluga ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisit će o pratećim mjerama, prije svega razvoju/obnovi/očuvanju šumske riparijske vegetacije, te mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Obnovom poplavnog područja pozitivno se utječe na kakvoću površinske vode.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Mjerom se omogućuje odvijanje prirodnih procesa erozije i taloženja nanosa u vodotoku, te povećanje taloženja sitnog materijala na poplavnom području, što rezultira smanjenjem transporta nizvodno i sedimentacije u vodotoku.

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
	Implementacijom mjere značajno se pridonosi kapacitetu prostora za skladištenje vode te time smanjenju rizika od poplava.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Povećanjem „prirodnosti“ povećava se i vrijednost svih kulturoloških abiotičkih usluga ekosustava. Obnovom i reintegracijom meandara, rukavaca i mrtvaja s vodotokom povećavaju se hidrološka raznolikost krajobrazza kao i vodno-kopnene kontaktne zone (obale) čime se unaprjeđuju kulturološke abiotičke usluge ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisi o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

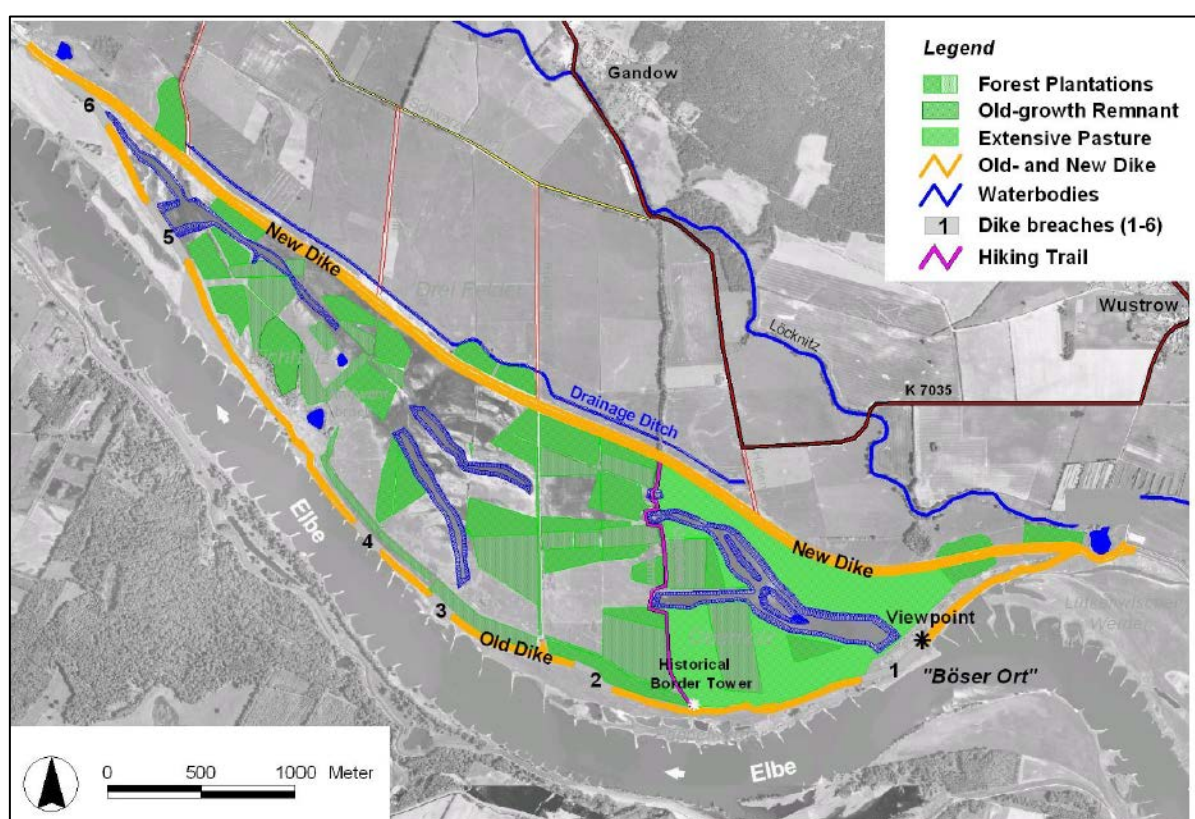
### **1.3.3 Primjer mjere – obnova poplavnog područja rijeke Labe u Njemačkoj [13]**

Projektno područje nalazi se na donjem dijelu srednjeg toka rijeke Labe (njem. Elba) u Njemačkoj, u blizini gradića Lenzen, otprilike na istoj zračnoj udaljenosti jugoistočno od Berlina i sjeverozapadno od Hamburga. Na ovom dijelu toka Labe ima karakteristike nizinske rijeke s blagim meandriranjem i prosječnim protokom od 680 m<sup>3</sup>/s. Dolina Labe na ovoj dionici preobražena je u mozaik pašnjaka i poljoprivrednih površina, dok su prije značajnih antropogenih utjecaja područje karakterizirale velike površine poplavnih šuma. Na ovoj dionici Labe 80-90% prirodnog poplavnog područja danas je nasipima odvojeno od rijeke. Uz navedeno, korito je stabilizirano iznimno velikim brojem regulacijskih pera.

Na lokaciji projekta poplavno područje odvojeno je od rijeke nasipom koji je izgrađen uz samo korito rijeke. Olakotna okolnost kod planiranja projekta bila je ta što je nasip zbog svoje starosti već bio predviđen za rekonstrukciju, stoga se otvorila idealna prilika za razmatranje kvalitetnijih rješenja, kako s aspekta zaštite od poplava, tako i poboljšanja stanja vodnog tijela i bioraznolikosti te općenito primjene efikasnijeg i integriranog pristupa rješavanju problema zaštite od poplava.

Glavni cilj projekta bila je obnova poplavnog područja, a što je uključivalo otvaranje propusta u postojećem nasipu, izgradnju novog nasipa na udaljenosti do 1,3 km od rijeke i pošumljavanje 80 ha poplavnog područja, uključujući stvaranje mreže manjih šumskih cjelina koje će poslužiti kao osnova za širenje i obnovu autohtone aluvijalne šume. Uz navedeno, projekt je uključivao i formiranje 45 ha manjih vodnih tijela, pri čemu je materijal iz iskopa korišten za izgradnju novog nasipa. Osim obnove poplavne šume, projekt je uključivao i obnovu travnjačkih staništa, uključujući 70 ha ekstenzivnih pašnjaka. Nakon provedbe projekta područje se u najvećoj mogućoj mjeri prepustilo prirodnim procesima.

Na slici u nastavku (Slika 20) prikazani su detalji projekta, dok je na slici u nastavku (Slika 21) prikazana aviosnimka projektnog područja.



Slika 20. Projektno područje nakon projekta obnove [13]





**Slika 21. Obnovljeno poplavno područje prepušteno prirodnim procesima [13]**

Projekt je proveden u razdoblju od 2002. do 2011. godine. Izgrađen je novi nasip duljine 6,1 km, na udaljenosti do 1,3 km od rijeke. Iskopom materijala za izgradnju nasipa iz poplavnog područja stvorena su manja vodna tijela koja doprinose krajobraznoj raznolikosti poplavnog područja, povećavaju raznolikost staništa i općenito bioraznolikost te također doprinose zaštiti od poplava povećavajući volumen vode koju poplavno područje može retenirati. Na starom nasipu otvoreno je šest propusta duljine između 200 i 500 m, čime je uklonjeno 20% njegove ukupne duljine (duljina starog nasipa iznosila je 7,4 km). Trenutno oko 30% godišnjeg protoka rijeke prolazi kroz poplavno područje. Na obnovljenom poplavnom području formirane su pješačke i biciklističke staze, čime je područje dobilo i kulturološku vrijednost. Praćenje stanja okoliša nakon završetka projekta pokazalo je značajno povećanje bioraznolikosti, prvenstveno ptica i riba. Budući da je projektno područje prepušteno prirodnim procesima, ono je još uvijek u razvojnom stadiju i do formiranja stabilnog ekosustava trebat će proći još dulje vremensko razdoblje.

U godinama nakon završetka projekta uočeni su i određeni problemi do kojih može doći u budućnosti. Naime, akumulacijski procesi na poplavnom području su dominantni, dok su



erozijski procesi slabije izraženi. Glavni razlog smanjenoj eroziji su stabilizirane obale Labe, na kojima je izgrađen čitav niz pera upravo kako bi se zaustavila bočna erozija obala, što rezultira odvijanjem samo dubinske erozije, erozije dna. Za očekivati je intenziviranje procesa taloženja materijala na poplavnom području i njegovim izdizanjem i zatrpavanjem, čime se značajno smanjuje ili u konačnici potpuno gubi prirodna i željena funkcija poplavnog područja. Stoga će u budućnosti biti potrebno razmotriti mogućnosti reaktivacije erozijskih procesa.

### 1.3.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] *Floodplain restoration and management*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/floodplain-restoration-and-management>
- [2] *How to use floodplains for flood risk reduction*, Ecoflood Guidelines, European Commission, 2006.
- [3] *Floodplains: a natural system to preserve and restore*, EEA Report, No 24/2019, 2019.
- [4] *Green Infrastructure and Flood Management, Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions*, EEA Report No 14/2017, 2017.
- [5] Bonacci, O. (2001): Utjecaj priobalne vegetacije na hidrološke procese, *Hrvatska vodoprivreda*, X (103), 24-29
- [6] Stella Consulting (2012): *Costs, benefits and climate proofing of natural water retention measures (NWRM)*, Final report, European Commission
- [7] Dottori, F., Mentaschi, L., Bianchi, A., Alfieri, L., Feyen, L. (2020): *Adapting to rising river flood risk in the EU under climate change*, EUR 29955 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-12946-2, doi:10.2760/14505, JRC118425
- [8] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [9] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [10] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [11] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [12] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [13] Damm, C. (2013): *Ecological restoration and dike relocation on the river Elbe, Germany*, Scientific Annals of the Danube Delta Institute, vol. 19, 79-86
- [14] Revital Integrative Naturraumplanung GmbH (2021): *Sava River restoration from Brežice to Rugvica – feasibility study*, EuroNatur

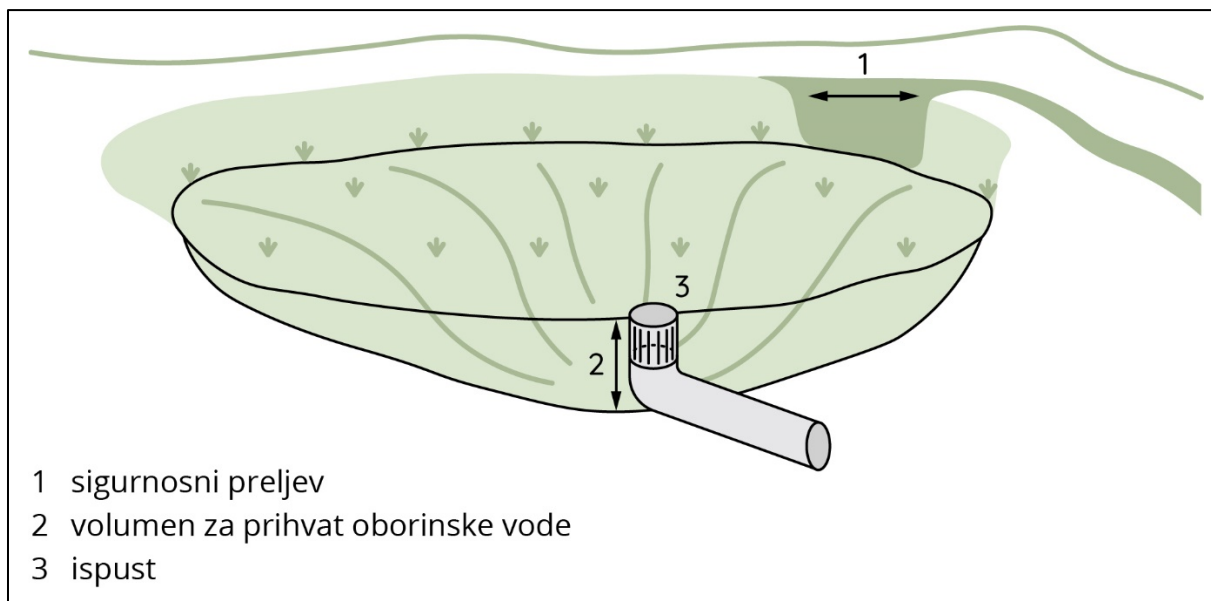
## 1.4 Retencijski bazeni i bare

Retencijski bazeni i bare su prirodna ili umjetna udubljenja koje služe za privremenu pohranu oborinske vode i smanjenje intenziteta površinskog otjecanja. U daljnjem prikazu mjere preporuka je korištenje prirodnih depresija za implementaciju mjere, no ukoliko to nije moguće, retencijski bazen i bara razmatrat će se i kao građevine koje zahtijevaju umjetni iskop udubljenja u terenu.

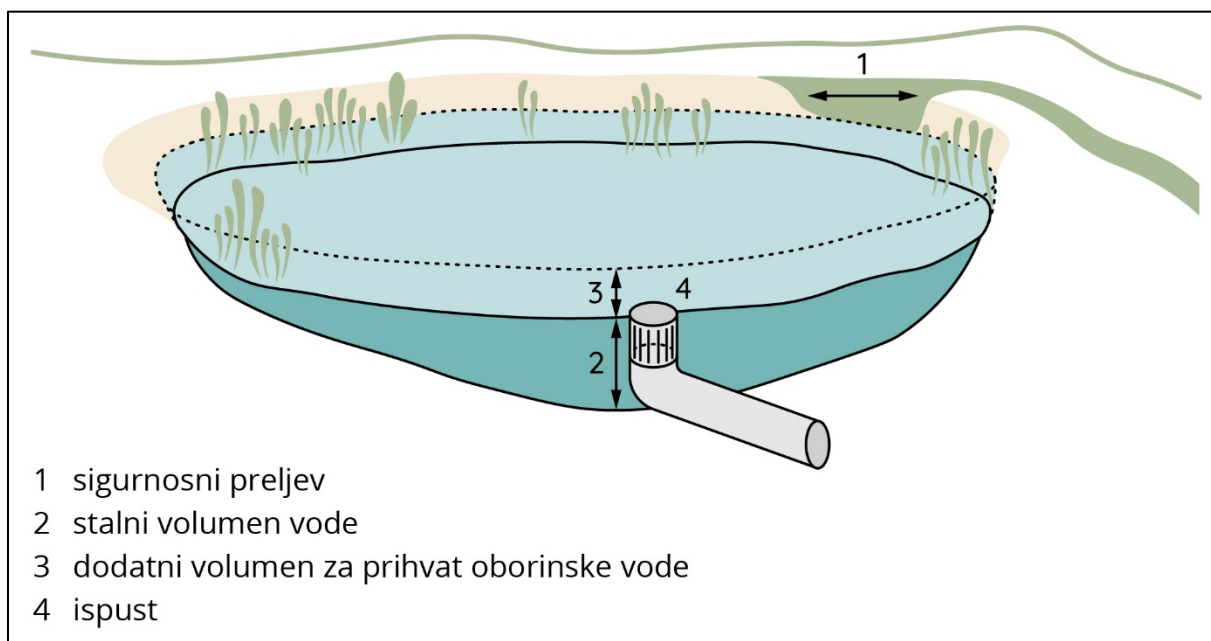
Na antropogenim područjima poput izgrađenih ili poljoprivrednih površina, na kojima zbog malog koeficijenta hrapavosti i smanjene mogućnosti procjeđivanja vode u tlo i podzemlje dolazi do povećanja intenziteta površinskog otjecanja, nakon obilnijih oborina ili topljenja snijega često dolazi do povećanja opasnosti od poplava. Pojačani površinski dotok oborinske vode u vodotok, osim što povisuje vršne protoke u vodotoku i time povećava opasnost od poplava, ujedno i intenzivira erozijske procese u vodotoku. Povećanje intenziteta površinskog otjecanja često stvara probleme i u urbanim sustavima odvodnje [1].

Mjera se može implementirati u urbanom području kao dio integralnog sustava oborinske odvodnje (eng. *Sustainable Urban Drainage Systems*), ali i kao zasebna mjera smanjenja intenziteta površinskog otjecanja izvan sustava oborinske odvodnje, nevezana uz urbana područja [2]. Mjera opisana u ovim Smjernicama odnosi se na poplave uzrokovane oborinama u ruralnim područjima.

Na slikama u nastavku dani su shematski prikazi retencijskog bazena (Slika 22) i bare (Slika 23). Princip djelovanja retencijskih bazena/bara je isti – privremeno reteniraju oborinsku vodu te je polagano ispuštaju u recipijent (vodotok ili podzemlje). Razlika između navedenih građevina je u tome što su retencijski bazeni u periodu bez oborina suhi, dok su bare tijekom cijele godine ispunjene vodom [1]. Navedena razlika proizlazi iz mogućnosti njihove primjene i dodatnih koristi koje građevine mogu pružati. Uvjetno, bare kao antropogeni zahvati (uređene depresije ispunjene vodom) mogu se još nazivati i malim retencijama.



Slika 22. Shematski prikaz retencijskog bazena



Slika 23. Shematski prikaz bare

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.4.1 Tehnički opis

### 1.4.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere izgradnje retencijskih bazena i bara.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 40) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 40. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

## Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na lokaciji planiranih retencijskih bazena/bara;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala i na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 41).

**Tablica 41. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja na slivnom području te u svrhu određivanja povezanosti površinskih i podzemnih voda.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Obuhvat istraživanja kao i skupine flore i faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama užeg područja implementacije. U slučaju implementacije na značajno antropogeno degradiranom staništu istraživanja vjerojatno neće biti potrebna.

## Podloge za potrebe proračuna

Za izgradnju retencijskih bazena/bara potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 42) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 42. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere
situacijski prikaz, karakteristični poprečni profili obala i uzdužni profili retencijskog bazena/bare	poprečni profili s prikazom obale i razine velike vode te uzdužni profili s ucrtanim dnom korita, obalama i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koristi materijal preuzet iz nalazišta na lokaciji zahvata
podaci o oborinama	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
količina sedimenta	podaci o karakteristikama i debljini sloja istaloženog sedimenta na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode



## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 43). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Prilikom projektiranja retencijskih bazena i bara u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na pojavnost i intenzitet oborina.

**Tablica 43. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun površinskog otjecanja sa sliva koji se drenira u retencijski bazen/baru;</li> <li>ukoliko se voda iz retencijskog bazena/bare odvodi u obližnji vodotok, potrebno je definirati krivulju trajanja protoka i vodostaja na dionici vodotoka na kojoj je predviđen spoj;</li> <li>ukoliko se voda iz retencijskog bazena/bare odvodi u obližnji vodotok, potrebno je definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđen spoj;</li> </ul>
<p>Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – ukoliko se voda iz retencijskog bazena/bare odvodi u obližnji vodotok, provesti analize utjecaja retencijskog bazena/bare na razine vodnih lica i protoka u pripadnom vodotoku prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>globalne stabilnosti korita retencijskog bazena/bare;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina retencijskog bazena/bare.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračuni kojima se dokazuje da će građevinska konstrukcija tijekom njenog građenja i trajanja ispunjavati zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti u dijelu u kojem tlo i voda utječu na tu građevinsku konstrukciju;</li> <li>proračuni se provode na kritičnim poprečnim presjecima za pojedinu opciju temeljenja, a uvažavaju uslojenost tla iz geotehničkog presjeka tla;</li> <li>provede se temeljem podataka o veličini i prostornoj raspodjeli mehaničkih svojstava temeljnog tla, temeljne stijene, rastresitog građiva i podzemne vode, utvrđenih odgovarajućim geomehaničkim istražnim radovima.</li> </ul>
<p>Za nasute građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti pokosa obala;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje.</li> </ul>
<p>Za armirano-betonske građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> </ul>

#### proračuni

- analiza deformacija;
- stabilnost protiv izdizanja;
- stabilnost na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije, hidraulički slom tla;
- globalna stabilnost temeljnog tla;
- dimenzioniranje konstrukcije.

### 1.4.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Za implementaciju mjere potrebna je relativno velika površina blagog reljefa s malim nagibom terena ( $<30^\circ$ ). Prilikom planiranja mjere treba uzeti u obzir topografiju i prirodne krajobrazne elemente koji se mogu koristiti za privremeno reteniranje vode (najniži dijelovi projektnog područja, mikrodepresije i sl.), kako bi se omogućilo gravitacijsko otjecanje vode do retencijskog bazena/bare, a čime se može značajno smanjiti obujam potrebnih građevinskih radova. Veličina slivnog područja nije ograničavajući faktor za implementaciju mjere, no kako bi mjera bila zadovoljavajuće učinkovitosti, dimenzije retencijskog bazena/bare treba prilagoditi veličini slivnog područja. Ovisno o veličini i karakteristikama slivnog područja i opasnosti od oborinskih poplava, moguće je razmotriti izgradnju više odvojenih retencijskih bazena/bara.

Za implementaciju mjere nisu definirana geografska i klimatska ograničenja [1, 3]. Način korištenja zemljišta također nije ograničavajući faktor budući da je mjeru moguće implementirati na područjima različitih namjena (urbana, ruralna, poljoprivredna, šumska, travnjaci). Ukoliko se mjera planira na prirodnom/doprirodnom području, potrebno je odabrati lokaciju na kojoj se ne nalaze ekološki vrijedna, ugrožena i/ili rijetka staništa.

Od pedoloških i geoloških ograničenja svakako je potrebno istaknuti neprimjenjivost mjere na tlima gdje reteniranje vode i infiltracija vode u podzemlje mogu uzrokovati nestabilnosti i neželjene padinske procese, npr. klizišta. Stoga je u fazi planiranja mjere neophodno provjeriti karakteristike tla geomehaničkim istražnim radovima. Ograničenja u vidu propusnosti tla nisu značajna i prvenstveno ovise o mogućnosti onečišćenja vodonosnika infiltracijom površinske vode. Izvedba retencijskih bazena i bara moguća je s propusnim ili nepropusnim dnom. Nepropusno dno najčešće se izvodi kako bi se izbjeglo onečišćenje podzemne vode prilikom infiltracije u podzemlje, pri čemu retencijski bazen/bara omogućuju zadržavanje onečišćujućih tvari, a propusno dno u slučajevima u kojima se na slivnom području retencijskog bazena/bare ne nalaze značajniji izvori onečišćenja ili se već prethodno odvija određeno pročišćavanje površinskog dotoka oborinske vode. Odabir vrste dna ovisi i o recipijentu (vodotok ili podzemlje) te karakteristikama tla [1]. Područja s visokom razinom podzemne vode pogodnija su za planiranje bara zbog mogućnosti održavanja stalne razine vode u bari [2].

Retencijski bazeni i bare su mjere zelene infrastrukture koje je osim za smanjenje rizika od poplava, ujedno moguće iskoristiti i u druge svrhe. U sušnom periodu retencijski bazeni mogu se koristiti kao rekreacijsko područje, dok se bare mogu planirati uz razvoj autohtone vodene i riparijske vegetacije i time doprinijeti povećanju raznolikosti staništa i općenito bioraznolikosti područja implementacije [1].

Provedba izgradnje retencijskih bazena i bara kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od

poplava", uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.4.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 44 do Tablica 46) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere.

**Tablica 44. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
količina sedimenta	Nanos koji dospije površinskim otjecanjem sa sliva u retencijski bazen/baru uzrokuje njegovo zatrpavanje pa su informacije o karakteristikama i debljini sloja istaloženog sedimenta na lokaciji zahvata veoma važne za shvaćanje procesa sedimentacije i određivanja efikasnog plana održavanja i čišćenja retencijskog bazena/bare.
hidrološki režim površinskog toka	Na temelju izračuna površinskog otjecanja, dimenzionira se i odabire optimalno tehničko rješenje s odgovarajućim korisnim volumenom za prihvat oborinskih voda. Izgradnjom retencijskog bazena/bara dolazi do promjena u hidrološkom režimu površinskog toka jer dolazi do povećanja zadržavanja vode u udolinama, u ovom slučaju bazena i bara, a smanjuje se površinsko otjecanje sa slivnih površina. Ukoliko se retenirana voda ispušta u vodotok, dolazi i do promjena u otjecanju u pripadnom vodotoku na način da se produljuje trajanje vodnog vala jer se voda iz bazena/bare pušta u korito vodotoka kada je ono sposobno prihvatiti tu vodu, odnosno kada prođe opasnost od poplave. Takvim promjenama u hidrološkom režimu smanjuje se opasnost od poplava na području implementacije mjere te na nizvodnom području.
hidrološki režim podzemnog toka	Podaci o razini podzemne vode predstavljaju važan projektni parametar kod dimenzioniranja propusnog retencijskog bazena budući da maksimalna razina podzemne vode treba biti minimalno 1 m ispod kote dna retencijskog bazena kako bi se osigurao nesaturirani vodonosni sloj za prihvat infiltrirane vode [4]. Razina vode u bari direktno ovisi o razini podzemne vode pa se prilikom projektiranja treba obratiti pozornost da tehničko rješenje ne prouzroči značajne promjene u razini podzemne vode.
opasnost od oborinskih poplava na slivnom području implementacije mjere	Opasnost od poplava opisuje se kartama opasnosti od poplava koje prikazuju poplavne površine i dubine vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Analiza opasnosti od oborinskih poplava pokazuje koja bi se vrsta oborina u smislu količine, trajanja i intenziteta mogla očekivati i kamo bi površinska voda mogla teći i nakupljati se tijekom pojave obilnih oborina. Stoga su volumen retencijskog bazena/bare, protok vode kroz ispust, poplavne površine i dubine vode funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere za smanjenje opasnosti od poplava.
količina i intenzitet oborina na slivnom području	O njima ovisi dimenzioniranje retencijskog bazena/bare i njihov učinak ublažavanja površinskog otjecanja.
veličina sliva	Dimenzioniranje građevine ovisi o veličini sliva jer veća slivna područja daju veće količine oborina pa time nastaje i veća količina vode koja se pohranjuje u retencijskom bazenu/bari.

Tablica 45. Hidraulički projektni parametri

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi funkcionalnost mjere u smanjenju opasnosti od poplava. Do promjene kapaciteta može doći uslijed promjena poprečnog profila i hrapavosti korita. Primjerice, povećanje hrapavosti korita rastom vegetacije može uzrokovati smanjenje efektivnog kapaciteta i povišenje vodnog lica.
erodibilnost korita	Važan parametar koji utječe na nastajanje nanosa i njegovo taloženje u koritu retencijskog bazena/bare, čime se smanjuje korisni volumen i kapacitet za pohranu vode tijekom velikih oborinskih događaja. Erodibilnost se prije svega javlja u zoni fluktuacije vode između minimalne i maksimalne visine vodenog stupca. U projektiranju je potrebno poduzeti dostupne mjere, ovisno o materijalu podloge, kako bi se erodibilnost minimizirala.
protok vode kroz ispusnu građevinu	Reguliranjem najvećeg protoka koji se ispušta iz retencijskog bazena/bare uz pomoć zatvarača smanjuje se opasnost od poplava na području implementacije mjere te na nizvodnom području. Ispuštanje vode se provodi kontrolirano kada je korito vodotoka u koji se ispušta voda sposobno prihvatiti i provesti tu vodu.
maksimalna razina vode u retencijskom bazenu/bari	Važan parametar za dimenzioniranje bazena/bare i određivanje kote krune sigurnosnog preljeva. Retencijski bazen i baru potrebno je projektirati i dimenzionirati tako da [4]: <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimalna visina stalnog vodenog stupca u bari iznosi 2 m kako bi se izbjegla stratifikacija bare;</li> <li>• minimalna visina ukupnog vodenog stupca u bari iznosi 1,2 m;</li> <li>• maksimalna visina vodenog stupca u retencijskom bazenu iznosi 3 m.</li> </ul>

Tablica 46. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib pokosa obala	Nagib je bitan parametar koji determinira prisutnost biljnih i životinjskih zajednica te ga je potrebno uskladiti s ekološkim ciljevima implementacije mjere, posebice prilikom implementacije bare. Kako bi se osigurala raznolikost mikrostanišnih uvjeta, nagib pokosa obale bare trebao bi biti promjenjiv. Maksimalni nagib pokosa obala kod retencijskog bazena iznosi 1:4, a kod bara 1:3 [4].
omjer dužine i širine	Omjer dužine i širine bare treba biti između 3:1 i 5:1, a retencijskog bazena između 2:1 i 5:1 [4].
površina i volumen	Kako bi izvedena građevina bila funkcionalna, potrebno je veličinu pripadnih parametara uskladiti s veličinom slivnog područja koje se drenira prema građevini.
stabilizacija obala	Ukoliko se proračunima dokaže potreba za stabilizacijom obala, preporuča se primjena bioloških rješenja stabilizacije poput modificiranih obaloutvrda (Knjiga 5, poglavlje 1.1). Za njihovu izgradnju preporuča se korištenje biološkog materijala s lokacije zahvata, nastalog iskopom i čišćenjem terena.
biološki materijal	Za uređenje pokosa obala bazena preporuča se korištenje humusa s lokacije zahvata, dok je prilikom izgradnje bare uobičajena sadnja autohtone vegetacije za vode stajačice uz odabir vrsta koje pospješuju pročišćavanju vode prilikom dotjecanja u baru.

#### 1.4.1.4 Ekološki aspekti mjere

Retencijski bazeni kao zatravljene i redovito održavane građevine koje su najveći dio vremena suhe, ne pružaju značajnije mogućnosti razmatranja elemenata koji bi mogli

doprinijeti povećanju bioraznolikosti i usluga ekosustava područja implementacije. Stoga je retencijske bazene, ukoliko se nalaze u blizini naselja, potrebno planirati na način da se koriste kao rekreacijska područja i time doprinose povećanju kulturoloških usluga ekosustava. Uz adekvatno krajobrazno uređenje i sadnju visoke vegetacije (grmlje i drveće) na rubovima retencijskog bazena može se povećati ambijentalna vrijednost područja.

S druge strane, bare su stalna vodna tijela, projektirana tako da uključuju dodatni volumen za zadržavanje vode za vrijeme oborina/topljenja snijega. S obzirom na stalno prisutnu vodu, moguće ih je planirati kao prirodne/doprirodne plitke stajačice. Pri tome je glavni element razvoj autohtone vodene i riparijske vegetacije koja pruža nekoliko dodatnih koristi – sudjeluje u zadržavanju onečišćujućih tvari u zoni bare i pročišćavanju vode, osigurava stanište životinjskim vrstama i povećava bioraznolikost područja te stabilizira obalu bare. S druge strane, vegetacija može smanjiti efektivni volumen bare što je svakako potrebno uzeti u obzir prilikom planiranja. Osim vegetacije, određena fauna poput mikroorganizama, riba i dr. također može značajno utjecati na uklanjanje nutrijenata iz vode i time povećati njezinu kakvoću, a ujedno smanjiti potrebu za održavanjem, povećati vizualni doživljaj bare i stvoriti ekosustav koji uz određene ljudske intervencije može biti održiv.

Retencijski bazeni i bare s nepropusnim dnom mogu značajno doprinijeti smanjenju difuznog onečišćenja koje površinskim otjecanjem sa sliva dospije u podzemne vode ili vodotok. U tablici u nastavku (Tablica 47) navedene su vrijednosti raspona uspješnosti retencijskih bazena/bara u uklanjanju odnosno zadržavanju onečišćujućih tvari iz vode koja dolazi površinskim otjecanjem sa sliva [1]. Istaloženi sediment je potrebno redovito uklanjati kako bi se održala funkcionalnost retencijskog bazena/bare.

**Tablica 47. Uspješnost uklanjanja onečišćujućih tvari iz vode koja površinski otječe [1]**

	suspendirana tvar	fosfor	dušik	metali
postotak uklanjanja onečišćujućih tvari [%]	30-90	14-70	15-45	26 -54

Zbog stalne prisutnosti vode, bare mogu predstavljati pogodna mjesta za razvoj komaraca, stoga njihova primjena može biti ograničena na urbanijim područjima, gdje će s društvenog i zdravstvenog aspekta vjerojatnije biti primjerenija izgradnja retencijskog bazena [1]. Navedeni aspekt je svakako potrebno uzeti u obzir prilikom planiranja.

Ukoliko se mjera planira na prirodnom/doprirodnom području, potrebno je odabrati lokaciju na kojoj se ne nalaze ekološki vrijedna, ugrožena i/ili rijetka staništa.

#### 1.4.1.5 Vrste radova

Mjera izgradnje retencijskih bazena i bara najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- iskop retencijskog bazena/bare;
- izgradnja nasipa (po potrebi)



- stabilizacija pokosa obala;
- izgradnja upusnih, ispusnih i sigurnosnih građevina;
- sadnja autohtone vegetacije.

### Iskop retencijskog bazena/bare

Preporuka je mjeru implementirati na prirodnim depresijama u terenu, međutim i takva implementacija može zahtijevati određene iskopne radove. Obujam radova i količina iskopa ovisi o tome u kolikoj mjeri su topografija i prirodni krajobrazni elementi (najniži dijelovi projektnog područja, mikrodepresije i sl.) iskorišteni za izgradnju retencijskog bazena/bare. Tipična dubina retencijskog bazena/bare iznosi oko 3-5 m, a volumen oko 500-5.000 m<sup>3</sup>, međutim dimenzije je potrebno prilagoditi površini slivnog područja tako da navedene vrijednosti mogu biti i veće [1].

Dno retencijskog bazena/bare potrebno je planirati sa što manjim nagibom ili bez nagiba, kako bi se osigurati veći retencijski kapacitet, pospješila infiltracija u podzemlje kod propusnih dna i smanjio rizik od erozije. Navedeno će ujedno smanjiti brzinu površinskog otjecanja sa sliva te pospješiti zadržavanje odnosno onemogućiti ispiranje onečišćujućih tvari u vodotok [1].

Za formiranje nepropusnog dna retencijskog bazena ili bare, potrebno je izvođenje nepropusnog sloja na dnu građevine. Navedeno se može izvesti polaganjem sloja geomembrane, ali se preporuča izvođenje prirodnijeg rješenja postavljanjem sloja vlažne gline koju karakterizira plastičnost i vododrživost [5].

Prilikom izvođenja radova posebnu pažnju treba posvetiti dnu propusnog retencijskog bazena kako ne bi došlo do zbijanja tla i smanjenja njegove propusnosti, pa je preporuka nakon završetka radova dodatno razrahliti sloj tla debljine 15 cm na dnu retencijskog bazena kako bi se dobila porozna površina [4].

Ukoliko su vode koje gravitiraju retencijskom bazenu/bari značajno opterećene onečišćujućim tvarima, što ovisi o karakteristikama i načinu korištenja slivnog područja, projektom izgradnje bara i propusnog retencijskog bazena poželjno je predvidjeti prethodno pročišćavanje oborinske vode uzvodno od lokacije zahvata, ili dodatnu zonu uz retencijski bazen/baru koja će služiti za istu vrhu. Projektom izgradnje bare poželjno je predvidjeti i plitku zonu uz rub bare širine 1-4 m s vodenim i priobalnim biljnim vrstama koje također imaju funkciju biološkog filtera za pročišćavanje vode [4].

### Izgradnja nasipa (po potrebi)

Iako se preporuča implementacija mjere na prirodnoj depresiji, u nekim slučajevima izgradnja nasipa bit će neizbježna. Ukoliko je za prikupljanje vode potrebna izgradnja nasipa, preporuča se korištenje zemljanog materijala s lokacije zahvata, kako ne bi došlo do ispiranja onečišćujućih čestica iz nasipa u reteniranu vodu [4]. Nasipi trebaju biti projektirani tako da konstrukcijom odolijevaju hidrostatičkim i hidrodinamičkim djelovanjima vode, da budu stabilni i vodonepropusni.

## Stabilizacija pokosa obale

Budući da je obala retencijskih bazena izložena povremenom djelovanju voda, a pokosi se izvode s blagim nagibom, pokosi obala najčešće se štite primjenom humusnog materijala i travnate vegetacije (*Poaceae* sp.). Za izgradnju se koristi humusni materijal iz iskopa koji se prethodno osušio na privremenoj deponiji te travnata vegetacija (*Poaceae* sp.) otporna na povremeno plavljenje. Ukoliko nije drugačije određeno projektom, debljina humusnog sloja iznosi minimalno 25 cm.

Na primjeru bare situacija je nešto drugačija zbog stalnog djelovanja vode i strmijih nagiba pokosa obala. Ovisno o potrebama stabilizacije odabire se materijal, pri čemu je važno imati na umu kako stabilizacija obale drvenastom vegetacijom ujedno doprinosi i povećanju ekoloških i ambijentalnih vrijednosti prostora. Stabilizaciju je također moguće provesti biološkim vodogradnjama koje su opisane u zasebnoj knjizi u ovim Smjernicama (Knjiga 5). Za njihovu izgradnju moguće je korištenje biološkog materijala s lokacije zahvata koji nastaje iskopom i čišćenjem terena.

## Izgradnja upusnih, ispusnih i sigurnosnih građevina

Postoji nekoliko opcija dovoda vode u retencijski bazen/baru i odvoda u recipijent (vodotok ili podzemlje).

Ulaz odnosno dotok vode u retencijski bazen/baru moguće je ostvariti uz pomoć točkastih građevina poput kanala ili cijevi, međutim takva rješenja najčešće se primjenjuju u urbanim sredinama, dok se ulaz vode na ruralnom području ostvaruje održavanjem visine obale koja dopušta prelijevanje uslijed površinskog otjecanja vode po okolnom terenu [6]. U slučaju u kojem se regulira ulaz u retencijski bazen/baru, potrebno ga je izvesti na način da dolazi do disipacije energije vode i smanjenja erozije koji utječe na nastanak sedimenta i time smanjenje volumena za prihvatanje oborinske vode. Navedeno se može postići stabilizacijom dovodnog kanala postavljanjem sloja lomljenog kamenog materijala ili potapanjem ulazne cijevi [4].

Ispuštanje vode iz bazena/bare moguće je izvesti pomoću ispusnih cijevi u obližnji vodotok. Za male slivne površine do 3 ha, veličina promjera ispusne cijevi iznosi manje od 150 mm kako bi se postiglo sporije ispuštanje vode nakon što prođe opasnost od poplava, no mali promjer cijevi ima veće šanse za začepljenjem te zahtijeva redovito održavanje [1].

Izlaz, odnosno odvod vode najčešće se izvodi s opremom za kontrolirano ispuštanje vode, npr. zatvaračima i zapornicama. Moguća je i kombinacija cijevi za ispuštanje vode kod manjih događaja i kanala s preljevnim pragom kod većih oborinskih događaja. Umjesto takve kombinacije, moguće je izvesti veći broj cijevnih ispusta. Ispust je potrebno izvesti na najdubljoj točki bazena, odnosno neposredno iznad maksimalne razine stalne vode bare, a rešetke na ulaznom i izlaznom otvoru cijevnog ispusta izvode se samo ako su neophodne. Kod izgradnje nepropusnog retencijskog bazena obavezna je izgradnja odvodnih građevina zbog nepropusnog dna, dok je kod propusnog retencijskog bazena odvodnja oborinske vode ostvarena infiltracijom u podzemlje pa ispusna građevina može biti izgrađena u funkciji evakuacijskog/sigurnosnog objekta. Propusni retencijski bazen potrebno je projektirati tako da se polovica volumena vode isprazni unutar 24 h kako bi se oslobodio prostor za skladištenje vode u slučaju oborinskih događaja dužeg trajanja [4].

Dodatni elementi koje retencijski bazen/baru mogu sadržavati su:

- sigurnosni preljev u blizini ispusta koji se koristi za prelijevanje vode koja premašuje projektirani kapacitet bazena/bare ili u slučaju začepjenja ispusta;
- pristup za održavanje i sigurnosni pojas oko bazena/bare širine minimalno 3,5 m.

### Sadnja autohtone vegetacije

Tijekom izgradnje retencijskog bazena najčešće se primjenjuje sadnja travnate vegetacije (*Poaceae* sp.) na pokosima i na dnu korita, ali postoji opcija i sadnje autohtone visoke vegetacije u prostoru bazena jer korijenje povećava propusnost tla čime se povećava i infiltracija vode u podzemlje. Viša vegetacija ujedno doprinosi estetici čime prostor postaje privlačniji za odmor i rekreaciju.

Vodena i riparijska vegetacija važan je element izgradnje bare budući da pruža nekoliko dodatnih koristi – sudjeluje u zadržavanju onečišćujućih tvari u zoni bare i pročišćavanju vode, osigurava stanište životinjskim vrstama i povećava bioraznolikost područja te stabilizira obalu bare.

#### **1.4.1.6 Održavanje mjere**

Kako bi se održala funkcionalnost retencijskog bazena/bare u pogledu smanjenja opasnosti od poplava, neophodno je provoditi redovite mjere pregleda stanja i održavanja. Mjere održavanja najčešće uključuju iskop istaloženog sedimenta, održavanje vegetacije (košnja, sječa) i čišćenje upusnih i ispusnih građevina. Potrebno je regulirati lokacije za odlaganje materijala od čišćenja. Učestalost praćenja stanja i održavanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projektnog rješenja. Ukoliko mjera služi i kao mjera za pročišćavanje vode, praćenje stanja će trebati provoditi kontinuirano uz redovitije kontroliranje debljine i svojstva sedimenta. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva vezanih uz ODV i uz usluge ekosustava, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa. Generalno se predlaže praćenje stanja provoditi svaka tri mjeseca.

Preporuka je redovito, po mogućnost jednom godišnje, provoditi praćenje i mjerenje debljine sloja istaloženog nanosa koji površinskim otjecanjem sa sliva dospije u retencijski bazen/baru. Na taj način dobiva se jasna slika o procesu sedimentacije i određuje efikasni plan održavanja i čišćenja retencijskog bazena/bare od istaloženog sedimenta.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti u Knjizi 1 podpoglavlje 2.3.7 poglavlja „Metodologije za izradu i korištenje Smjernica“).

### 1.4.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1 kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 48) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 48) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice Standardna kalkulacija radova u vodogradnji).

Tablica 48. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop retencijskog bazena/bare	m <sup>3</sup>
2.2	Uređenje ulaza i izlaza	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>ARMIRANO-BETONSKI RADOVI</b>	
3.1	Izgradnja ulaznih/izlaznih objekata sive infrastrukture	m <sup>3</sup>
<b>4</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
4.1	Nabava i sijanje trave	m <sup>2</sup>
4.2	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
4.3	Nabava i sadnja grmlja	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

Radi uvida u moguće očekivane ukupne troškove, uzeti su dostupni podaci za slične projekte prema kojima prosječna cijena izgradnje mjere iznosi oko 44.000 €/ha. Troškovi su puno veći ukoliko je za realizaciju projekta potreban veliki opseg radova koji pripadaju sivoj infrastrukturi, poput izgradnje dovodnih kanala [1].

### 1.4.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova, koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 49) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod troškovnika izvođenja glavnih radova, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 49) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 49. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje niskog raslinja i grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Prema dostupnim podacima, prosječna cijena održavanja mjere iznosi oko 60 €/ha/god [1].

### 1.4.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.



### 1.4.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings& key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 50) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [1-3, 5], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 50. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Retencijski kapacitet jednak je volumenu retencijskog bazena. Kod bara retencijski kapacitet jednak je volumenu bare umanjenom za volumen stalno prisutne vode.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	Reteniranjem vode smanjuje se brzina površinskog otjecanja. Procjenjuje se da smanjenje brzine otjecanja iznosi između 15% i 30%, no točna vrijednost je specifična za svaki projekt.
kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode	Mjera nije primjenjiva za pohranjivanje poplavne vode iz vodotoka.
smanjenje brzine toka	
povećanje evapotranspiracije	Mjera implementacije bazena zanemarlivo utječe na povećanje evapotranspiracije budući da se voda u njima kratko zadržava. Povećanje evaporacije je nešto značajnije kod bara u kojima se voda trajno zadržava te se grije pod utjecajem osunčanja.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Direktno ovisi o tehničkom rješenju (može uključivati propusnu ili nepropusnu podlogu), geološkim karakteristikama i razini podzemne vode.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Taloženjem organske tvari u retencijskom bazenu/bari povećava se kapacitet tla za skladištenje vode.

## Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

### 1.4.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 51) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [1-3, 5, 7, 8], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 51. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Bare kao stalna umjetna vodna tijela koja nisu povezana s vodotokom ne utječu na njegovu ocjenu bioloških elemenata. Retencijski bazeni također ne utječu na biološke elemente.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Smanjenje intenziteta površinskog otjecanja sa sliva tijekom obilnijih oborina može smanjiti intenzitet erozije u vodotoku.
2.2. kontinuitet rijeke	Mjera nema utjecaj na kontinuitet rijeke.
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	Tehničko rješenje može uključivati zamke za sediment, kojima se smanjuje pronos nanosa površinskim otjecanjem sa sliva u vodotok. Navedeno može biti izraženo na antropogeno utjecanom području implementacije mjere (npr. poljoprivredne površine sl.), s kojeg se površinski ispiru značajne količine sedimenta u vodotok.
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• režim kisika</li> <li>• sadržaj iona</li> <li>• pH, m-alkalitet</li> <li>• hranjive tvari</li> </ul>	Retencijski bazeni i bare mogu predstavljati učinkovite mjere za zadržavanje i uklanjanje onečišćujućih tvari iz vode, pri čemu vegetacija može značajno doprinijeti uspješnosti pročišćavanja vode.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nesintetske</li> <li>• sintetske</li> <li>• ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [9].

Budući da se implementacijom mjere izgradnje retencijskih bazena/bara mogu očekivati i određeni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela kroz smanjenje intenziteta erozije i unosa sedimenta u vodotok, može se očekivati i zanemarivo smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu kojem je površinsko otjecanje gravitiralo prije implementacije mjere.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.4.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 52) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [1-3, 5, 10, 11], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 52. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Retencijski bazeni ne predstavljaju važno stanište za žive organizme. Bare budući da mogu uključivati vodenu i riparijsku vegetaciju mogu pružati stanište za vodene i o vodi ovisne organizme te doprinijeti povećanju bioraznolikosti područja. Vrijednost navedenih usluga ekosustava ovisi o prisutnim staništima i njihovoj kvaliteti prije implementacije mjere.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Retencijski bazeni i bare mogu predstavljati učinkovite mjere za zadržavanje i uklanjanje onečišćujućih tvari iz vode, pri čemu vegetacija može značajno doprinijeti uspješnosti pročišćavanja vode.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Vegetacija prisutna u barama može doprinijeti smanjenju pronosa nanosa površinskim otjecanjem u vodotok. Bare s vodenom vegetacijom i karakteristikama močvara mogu pridonijeti boljoj povezanosti površinske i podzemne vode.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Retencijski bazeni ne predstavljaju važno stanište za žive organizme. Bare budući da uključuju vegetaciju mogu pružati stanište vodenim i o vodi ovisnim organizmima te doprinijeti povećanju bioraznolikosti područja. Vrijednost navedenih usluga ekosustava ovisi o stanju područja prije implementacije mjere.
2.2.5. svojstva vode	Retencijski bazeni i bare mogu predstavljati učinkovite mjere za zadržavanje i uklanjanje onečišćujućih tvari iz vode, pri čemu vegetacija može značajno doprinijeti uspješnosti pročišćavanja vode.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Bare s prisutnom vegetacijom mogu predstavljati „zelena“ središta u urbanim područjima, povećavaju dojam „prirodnosti“ područja i doprinose njegovoj estetskoj privlačnosti.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Retenirana voda može se koristiti u različite svrhe, primjerice navodnjavanja.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Tehničko rješenje može uključivati zamke za sediment, kojima se smanjuje pronos nanosa površinskim otjecanjem u vodotok. Navedeno može biti izraženo na antropogeno utjecanom području implementacije mjere (npr. poljoprivredne površine sl.), s kojeg se površinski ispiru značajne količine sedimenta u vodotok. Mjera doprinosi smanjenju rizika od poplava, čija korist ovisi o tehničkom rješenju i karakteristikama površinskog otjecanja na slivu.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Bare zbog stalne prisutnosti vode i povećanja dojma „prirodnosti“ područja mogu povećati estetsku privlačnost područja. Retencijski bazeni pružaju mogućnost korištenja u rekreativne svrhe.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

#### 1.4.3 Primjer mjere – obnova bare u naselju Goče u Sloveniji [12]

U sklopu projekta "1001 krška bara, 1001 priča o životu" (eng. "1001 karst ponds, 1001 stories of life"), 2005. godine izvedeni su radovi obnove bare koja se nalazi na udaljenosti oko 1 km od naselja Goče u Sloveniji. U prošlosti su se bare koristile kao izvor vode za ljude i stoku na ruralnim područjima, međutim uslijed napuštanja tradicionalne poljoprivrede i korištenja zemljišta, bare su zapuštene, prepuštene sukcesiji i zatrpavanju. Budući da su bare na krškom području efikasne u zadržavanju vode i obrani od poplava, a uz to predstavljaju vrijedna staništa za biljne i životinjske vrste, njihova obnova prepoznata je kao korisna mjera zelene infrastrukture.



Radovi obnove bare započeli su u ožujku 2005. godine, a uključivali su sljedeće:

- čišćenje bare od otpada i zarasle vegetacije;
- iskop istaloženog materijala;
- zbijanje gline na dnu bare odgovarajućom mehanizacijom za ostvarivanje vodonepropusnosti;
- krajobrazno uređenje okolnog područja;
- izgradnja ispusne građevine za reguliranje razine vode u bari;
- punjenje bare vodom.

Ciljevi projekta bili su poboljšanje sustava zaštite od poplava i povećanje bioraznolikosti. Uz navedeno, projekt je bio važan u smislu informiranja lokalnog stanovništva o vrijednostima kulturnoj i prirodnoj baštini. Ovaj primjer projekta pokazuje kako se prirodni krajobrazni elementi poput zapuštenih bara mogu koristiti za projekte smanjenja površinskog otjecanja sa sliva.

Na slici u nastavku (Slika 24) prikazana je bara tijekom izvođenja radova, dok je na sljedećoj slici (Slika 25) prikazana bara nakon provedbe projekta.



**Slika 24. Prikaz bare tijekom izvođenja radova [12]**



Slika 25. Prikaz bare nakon projekta obnove [12]

#### 1.4.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] *Basins and ponds*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/basins-and-ponds>
- [2] Stella Consulting (2012): *Costs, benefits and climate proofing of natural water retention measures (NWRM)*, European commission, DG Environment
- [3] *Detention basins*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/detention-basins>
- [4] Ciria (2007): *The SuDS manual (C697)*, London
- [5] *Retention ponds*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/retention-ponds>
- [6] *Natural Flood Management Handbook*, Scottish Environment Protection Agency, 2015.
- [7] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [8] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [9] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [10] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [11] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [12] *Natural small water retention measures – Case Studies*, Global Water Partnership Central and Eastern Europe, 2015.

[13] Interreg projekt RAINMAN: <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/RAINMAN.html>, <https://rainman-toolbox.eu/>

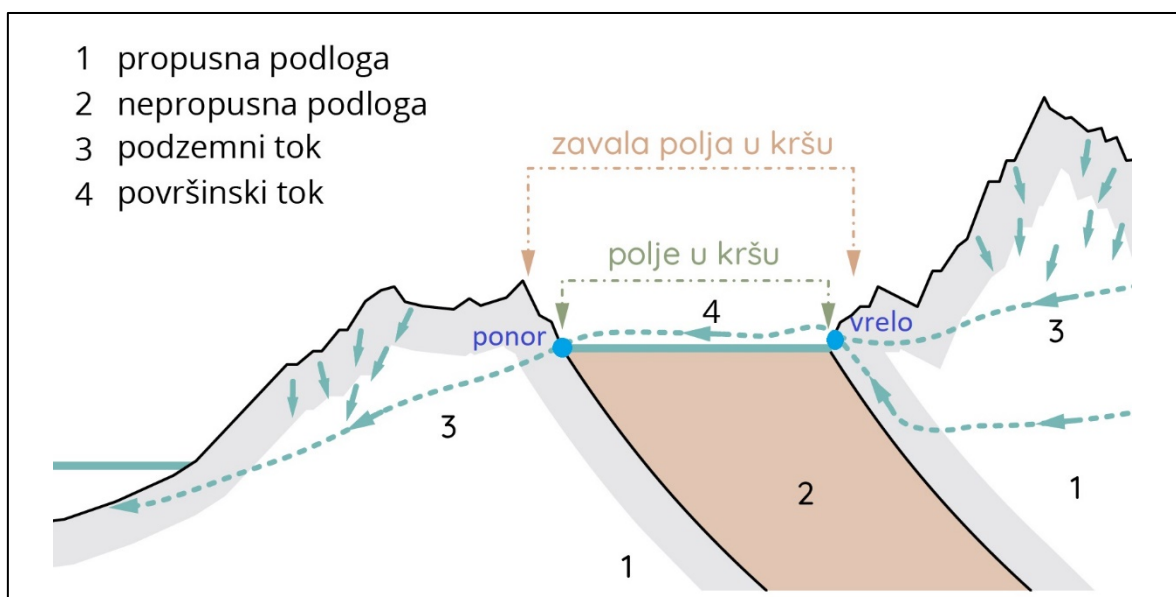
[14] *Floodplains: a natural system to preserve and restore*, EEA Report, No 24/2019, 2019.

[15] *Stormwater Best Management Practice Design Guide, Volume 3, Basin Best Management Practices*, U.S. Environmental Protection Agency, 2004.



## 1.5 Ponorske zone

Ponorske zone specifična su područja u kršu u kojima dolazi u poniranja površinskog toka u vodopropusno podzemlje. Najčešće se javljaju u zavalama polja u kršu koja su oblikovana kombiniranim krškim i fluvijalnim procesima te su kao takve zastupljene po čitavoj Primorskoj i Gorskoj Hrvatskoj. Zavale polja u kršu su konkavni reljefni oblici koji nastaju na kontaktu propusne i nepropusne podloge ili nanosom nepropusnog materijala preko propusne podloge. Ta se nepropusna podloga preoblikuje denudacijskim i akumulacijskim djelovanjem hidrometeoroloških pojava i pedogenetskim procesima stvarajući plodno tlo na dnu zavale [1]. Stoga se dno zavale—koje nema krška obilježja—naziva poljem u kršu (Slika 26). Zbog nepropusne podloge, poljima u kršu često teku jedna ili više tekućica koje, ovisno o obliku zavale, poniru na kontaktu s propusnom podlogom, obično u nižim dijelovima zavale, ili površinski istječu iz zavale te utječu u susjednu zavalu koja se formirala na nižoj nadmorskoj visini. Iako su poplave moguće i u ovom drugom slučaju, one se mnogo češće javljaju u zavalama u kojima tekućice poniru budući da u njima voda nema fizičkog površinskog izlaza iz zavale. Ti se dijelovi zavala nazivaju ponorskim zonama. U slučajevima kad je nepropusna podloga nastala taloženjem nepropusnog materijala preko propusne podloge i u samom se koritu mogu formirati manje ponorske zone kojima se—u manjem obujmu—tekuća voda procjeđuje u krško podzemlje.



Slika 26. Shematski prikaz zavale polja u kršu

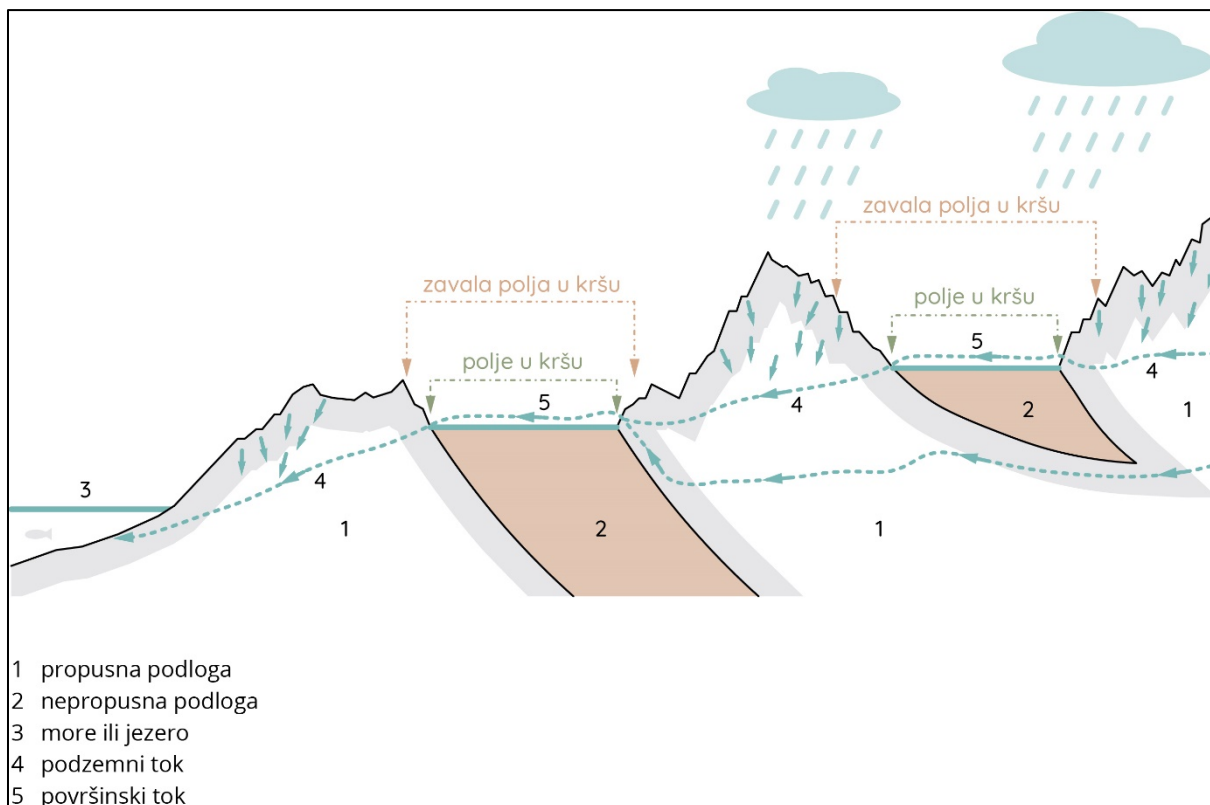
Plavljenje u zavalama polja u kršu javlja se uslijed kombinacije intenzivnih kiša ili naglog otapanja snijega i (a) povišenja razine vodnog lica, (b) nedovoljnog upojnog kapaciteta podzemlja da prihvati/upije višak vode unutar zavale, te (c) estavela (ponora koji za visoke razine vodnog lica postaju vrela) [2]. U zavalama su upravo polja najpodložnija poplavama zbog svoje nepropusne podloge. Obujam i dinamika poplava ovise o nizu hidrometeoroloških i hidrogeoloških faktora. Relevantni hidrometeorološki faktori su vrsta, količina, intenzitet i distribucija padalina, te faktori koji utječu na otapanje snijega (temperatura, osunčanost, vjetar). Relevantni hidrogeološki faktori su pak veličina slivnog

područja, geometrija vodonosnika te dimenzije i međupovezanost krških pora i pukotina [2]. Uslijed velikog broja ovih faktora rješenja i pristupi poplavama u zavalama polja u kršu ne mogu biti generički već bitno ovise o lokalnim uvjetima.

Poplave u zavalama polja u kršu obično se javljaju po ustaljenom prostornom i vremenskom obrascu što znači da su plavljeni približno isti dijelovi zavale i u približno istom dijelu godine. U vrijeme povećanog dotoka vode koje se javlja uslijed padalina, otapanja snijega i/ili podizanja razine vodnog lica, ponorske zone koje tipično odgovaraju najnižim dijelovima zavale postaju prirodne retencije [3]. S obzirom na ustaljeni prostorni i vremenski obrazac poplava, društveno–ekonomsko korištenje zavala je obično povijesno prilagođeno poplavama, no ekstremne poplave i dalje ugrožavaju ljudske živote i imovinu. Upravo su stoga potrebne mjere zaštite od ekstremnih poplava.

Klasični pristupi kontroli poplava u zavalama polja u kršu uključuju reguliranje otvorenih vodotoka, izgradnju kanala za dovod ili odvod voda, tunela za odvodnju te nasipa, proširenje ponora i druge mjere [4–8]. Međutim, s obzirom na hidrogeološka obilježja krškog sustava, zavale polja u kršu tipično su međusobno povezane te se voda iz jedne zavale procjeđuje u krško podzemlje gdje putem sustava pora i pukotina često otječe prema zavalama položenim na relativno nižim nadmorskim visinama gdje izviru na kontaktu propusne i nepropusne podloge te nastavljaju teći kao površinski vodotoci kroz polje u kršu (Slika 27). Stoga intervencije zahtijevaju razmatranje učinaka na šire krško područje. Primjer toga je tunel Rastok izgrađen 1985. godine za odvodnju suvišne vode iz Rastočkog polja u Vrgorsko polje, koji do 2021. godine nije funkcionirao zbog toga što hidrotehnički sustav u Vrgorskom polju nije adaptiran za prihvatanje dodatnog dotoka vode [7]. Pokušaji širenja ponora radi povećanja njegovog kapaciteta također su obično bili neučinkoviti budući da taj kapacitet ne ovisi tek o obujmu ponora već o čitavom sustavu pora i pukotina koje se na njega vežu i odvede vodu [8].





Slika 27. Kaskadni redosljed zavala polja u kršu

Primjeri mjera temeljenih na prirodi za prevenciju, kontrolu i ublažavanje rizika od poplava u krškim područjima iznimno su rijetki uslijed ograničene prostorne rasprostranjenosti krša na Zemlji kao i specifičnostima različitih krških područja. Postoji nekoliko rješenja upravljanja rizicima od poplava na krškim poljima koja su primjenjiva u specifičnim situacijama, primjerice korištenje gornjih krških horizonata kao podzemnih retencija, zahvati kojima se kontrolira istjecanje na estavelama i pojedinim izvorima krških vodotoka te zahvati na ponorima na gornjim horizontima u koje spada čišćenje ulaza i gornjih dijelova ponorskih zona. Primarna mjera uključuje redovito čišćenje i održavanje ponora radi osiguravanja njihova maksimalnog upojnog kapaciteta te će se ona u nastavku analizirati kao mjera zelene infrastrukture za obranu od poplava u krškim područjima. Primjere takve mjere u Hrvatskoj nalazimo u Ogulinu (Đulin ponor) [6], a u Europi u Zafarraya polju u Južnoj Španjolskoj [9]. Ta mjera uključuje redovito uklanjanje materijala koji vodotok nanese u ponor, a uključuje prirodni i antropogeni otpad, koji stvara barijeru u tečenju vode i dovodi do začepjenja ponora te tako smanjuje njegov upojni kapacitet [6]. Uz redovito čišćenje i održavanje ponora, ako uvjeti dopuštaju, na ulazu u ponor ili u koritu neposredno prije ponora može se ugraditi prepreka koja smanjuje količinu materijala, posebice onog većeg, koji se vodom nanese u ponorske kanale [10].

Dugotrajni učinak čišćenja ponora odnosno održavanja njegova upojnog kapaciteta postiže se postavljanjem prepreka (rešetaka) za naplavine (granje, trupci, krupni otpad) u koritu vodotoka neposredno prije ponora [10]. Rizik od ekstremnih poplava u poljima u kršu može se umanjiti i obnovom meandara ako je u prošlosti došlo do izravnivanja trase vodotoka i njegova kanaliziranja. Obnovom meandara povećava se duljina vodotoka, a time i

kapacitet vode koji on može primiti prije nego se dođe do razlijevanja izvan vodotoka. Dodatna mjera pri obnovi meandara može biti proširenje i produbljenje korita vodotoka kojim se također povećava njegov receptivni kapacitet za vodu [11]. Obnova meandara obrađena je kao zasebna mjera u ovim Smjernicama (Knjiga 2, poglavlje 1.1).

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.5.1 Tehnički opis

### 1.5.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere čišćenja i održavanja ponora.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje čišćenja i održavanja ponora (Tablica 53). Dani popis je okviran te ga je potrebno korigirati i dopunjavati ovisno o lokaciji primjene mjere. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostornom kontekstu implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 53. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalni ortofoto snimci (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>

tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metodska podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirani speleološki objekti (Katastar speleoloških objekata Republike Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se na arealu ponorske zone, i to: u speleološkom sustavu ponora te u koritu vodotoka neposredno prije ponora. Nadalje, potrebno je istražiti i utvrditi lokacije za odlaganje materijala od čišćenja ponora i korita vodotoka. Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 54).

**Tablica 54. Vrste potrebnih istražnih radova**

<b>vrste potrebnih istražnih radova</b>
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
<p>Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i općenitih mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u ponorskoj zoni.</p> <p>U sklopu hidrogeoloških istražnih radova potrebno je provesti bojanje krških vodotoka radi utvrđivanja lokacija poniranja i smjerova podzemnog otjecanja. Posebno su važna mjerenja izdašnosti izvora i kapaciteta ponora kod različitih hidroloških pojava i utvrđivanje njihovih maksimalnih vrijednosti.</p>
<b>speleološki istražni radovi</b>
<p>Budući da su ponori kompleksni speleološki objekti, za planiranje njihova čišćenja potrebni su speleološki nacrti koji izrađuju speleolozi na temelju topografskog snimanja speleološkog objekta.</p>
<b>biološki istražni radovi</b>
<p>Čišćenju ponora trebaju prethoditi biospeleološka istraživanja koja će odrediti tehničke karakteristike implementacije mjere poput dopuštenog osvjetljenja, buke i alata korištenih u čišćenju ponorskih speleoloških objekata. Drugi biološki istražni radovi odnose se na vodene organizme u površinskom vodotoku poput riba, školjkaša i rakova, kao i organizama ovisnih o vodi poput ptica, gmazova i vodozemaca.</p> <p>Također, potrebno je provesti posebna istraživanja i proračune za određivanje ekološki prihvatljivog protoka radi zaštite vrsta i staništa u krškom podzemlju.</p>

### Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta čišćenja i održavanja ponora potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna (Tablica 55).

**Tablica 55. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere; obuhvatiti područje vodotoka uzvodno od ponora
poprečni profili korita vodotoka neposredno prije ponora	poprečni profili na razmaku od 1-2 širine korita koji pokrivaju visine do razine velikih voda, posebno profili na mjestima na kojima je predviđena izgradnja rešetki
svojstva i parametri temeljnog tla	podaci o geološkoj građi lokacije
speleološki nacrti	nacrt i 3D prikaz dijela speleološkog objekta – ponora
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku i slivu uzvodno od ponora)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	protok i pronos nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o prostornoj i vremenskoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

### Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijanta rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 56). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 56. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati krivulju trajanja protoka i vodostaja na dionici vodotoka neposredno nizvodno od izvora i uzvodno od ponora;</li> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka neposredno nizvodno od izvora i uzvodno od ponora;</li> <li>rekonstruirati karakteristična hidrološka razdoblja i ranjivost tih pojava na promjene izazvane klimatskim promjenama.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž korita kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita koje uzrokuju nastanak nanosa, njegov daljnji pronos i taloženje u ponorskim zonama;</li> <li>pri protocima kod kojih se javlja tečenje sa slobodnim vodnim licem, protok u ponoru se može računati po analogiji sa protocima u otvorenom koritu;</li> </ul>

**proračuni**

- dinamička analiza transformacije vodnog vala - provesti analize utjecaja čišćenja ponora na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja).
- modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita vodotoka neposredno uzvodno od ponora;
- proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina (rešetki).

**proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti**

Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:

- stabilnost korita – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti predviđenih građevine (rešetki).

### 1.5.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Čišćenje i održavanje ponora primjenjivo je u svim ponorskim zonama u kojima ponori imaju stalni upojni karakter. U ponorskim zonama u kojima je krško podzemlje sezonski zasićeno vodom te vodno lice doseže površinu ulaza u ponor, ponor dobiva funkciju vrela iz kojeg počinje istjecati voda. Takvi se ponori nazivaju estavelama [12] i u njihovom slučaju ova mjera neće dati rezultata u smanjenju rizika od poplava. Manje pouzdane rezultate dat će i čišćenje ponora na relativno nižim nadmorskim visinama u kojima je razina vodnog lica sezonski plitka, uslijed čega je upojni kapacitet ponora minimalan bez obzira na njegovu pročišćenost.

Čišćenje ponora se može obavljati jedino u povoljnim hidrometeorološkim uvjetima budući da podizanje vodostaja uslijed velikih oborina ili naglog otapanja snijega izravno ugrožava i onemogućuje u radu osobe i opremu u speleološkim objektima [10]. Redovito čišćenje može se stoga planirati za relativno sušniji (ljetni) dio godine.

Kod čišćenja ponora treba uzeti u obzir da se često radi o teško pristupačnim terenima osjetljivih hidroekoloških obilježja. Stoga takvi zahvati trebaju uključivati stručne speleološke, biospeleološke kadrove i radnike za visinske radove koji su obučeni za tehnike spuštanja, penjanja i kretanja po često mračnim speleološkim objektima i mjere njihove zaštite [10].

Uslijed specifičnih uvjeta cirkulacije zraka, iz zdravstvenih i ekoloških razloga u nekim speleološkim objektima neće biti dopušteno korištenje alata s motorima s unutarnjim izgaranjem budući da može doći do akumulacije ugljikovog monoksida koji ugrožava ekosustav kao i osobe koje provode čišćenje ponora. U tim se situacijama preporuča korištenje električnih, pneumatskih i ručnih alata [10]. Korištenje pneumatskih alata pak može biti ograničeno prisutnošću organizama osjetljivih na buku – šišmiša.

Provedba čišćenja ponorskih zona kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim krškim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.



### 1.5.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 57 do Tablica 59) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere čišćenja i održavanja ponora.

**Tablica 57. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Nanos koji se taloži u ponoru čine vučeni, suspendirani ili lebdeći nanos i plivajuće tvari. S obzirom na to da je nanos jedan od ključnih čimbenika variranja upojnog kapaciteta ponora, informacije o njegovom pronosu (količini) ključne su za određivanje aktivnosti čišćenja i redovnog održavanja ponora.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. S obzirom na to da vodotok ponire u ponorskoj zoni, analiziraju se podaci s uzvodne stanice kako bi se odredio raspon protoka u odnosu na upojni kapacitet ponora. Implementacijom mjere povećava se kapacitet ponora za prihvata vode pa time dolazi do promjena u hidrološkom režimu površinskog toka i smanjenju rizika od poplava na području ponora i uzvodnoj dionici vodotoka.
hidrološki režim podzemnih voda	S obzirom na to da upojni kapacitet ponora značajno ovisi o razini vodnog lica podzemne vode koje značajnije varira u krškom nego u drugim vodonosnicima, podaci o razinama podzemne vode tijekom vlažnog razdoblja omogućit će procjenu učinka provedbe mjere.
opasnost od poplava šireg područja implementacije mjere	Opasnost od poplava opisuje se kartama opasnosti od poplava koje prikazuju poplavne površine i dubine vode trenutnog i saniranog stanja za različite povratne periode. Razina vode i protok u vodotoku s obzirom na upojni kapacitet ponora funkcionalni su parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere za smanjenje rizika i obranu od poplava.

**Tablica 58. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
upojni kapacitet ponora	Kapacitet ponora je funkcionalni parametar kojim se određuje svrha i učinak implementacije mjere u obrani od poplava. Čišćenjem istaloženog nanosa i otpada u ponoru, povećava mu se kapacitet i smanjuje rizik od poplava na području ponora i uzvodnoj dionici vodotoka.

**Tablica 59. Oblikovni i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
dimenzije rešetke	Vrsta i dimenzije rešetke ovisit će o veličini očekivanog materijala kojeg vodotok donosi. Dimenzije otvora rešetke trebaju biti takve da omogućavaju zaustavljanje većine materijala kao što su granje, trupci i ostali krupni otpad, dok istodobno osiguravaju protok vode, posebice u slučaju poplavnih valova.

### 1.5.1.4 Ekološki aspekti mjere

Kao speleološki objekti, ponori su specifična i osjetljiva staništa na kontaktu površinskih i podzemnih ekoloških uvjeta te mogu uključivati biocenoze vodenih i kopnenih organizama, među kojima se ističu šišmiši zaštićeni Zakonom o zaštiti prirode. Špiljski ekosustavi kojima ponori pripadaju mogu uključivati raznoliku i zaštićenu špiljsku faunu. U tom će pogledu za izvođenje mjere u pojedinim ponorima biti potrebno ishoditi odgovarajuća dopuštenja sukladno Zakonu o zaštiti prirode [10].

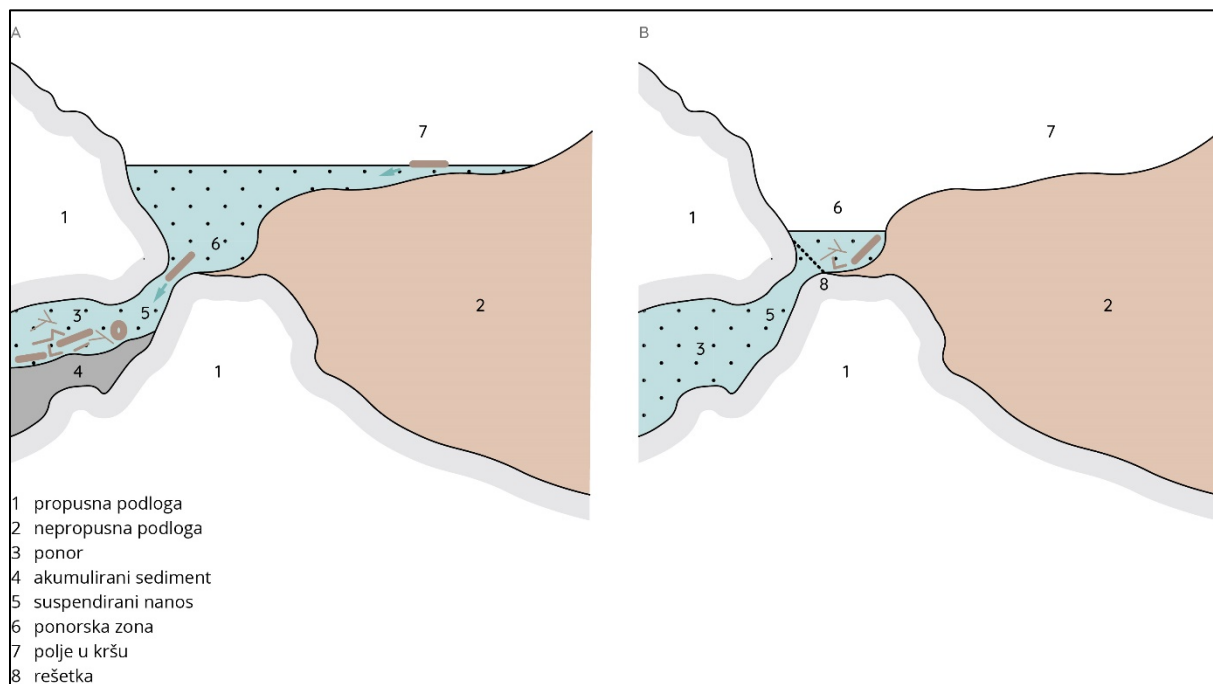
Čišćenjem i redovitim održavanjem ponora obnavlja se prirodna hidrološka funkcija speleološkog sustava čime se doprinosi održavanju prirodnih ekoloških uvjeta u krškom vodonosniku i površinskim staništima koja su hidrološkim funkcijama s njime povezana (vrela i vodotoci u zavalama polja u kršu smještenim na nižim nadmorskim visinama).

### 1.5.1.5 Vrste radova

Mjera čišćenja i redovitog održavanja ponorskih zona najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- postavljanje pristupnog puta u ponor;
- čišćenje ponora;
- postavljanje prepreka (rešetki) za zaustavljanje naplavina.

Shematski prikaz stanja ponorske zone prije i nakon čišćenja ponora i postavljanja prepreke za zaustavljanje naplavina te učinak na dubinu poplavne vode dan je na slici u nastavku (Slika 28).



**Slika 28. Shematski prikaz stanja ponorske zone prije i nakon čišćenja ponora i postavljanja rešetke**

## Postavljanje pristupnog puta u ponor

Ulazi u ponor često uključuju teško pristupačne kanjone. Za čišćenje i redovito održavanje ponora, uključujući izvlačenje otpada različitih dimenzija i mase, može biti potrebno postavljanje pristupnog puta koji bi omogućio lakši i sigurniji pristup ponoru. Pristupne konstrukcije sa stepenicama mogu se sidriti u zidove kanjona gdje oni nisu na direktnom udaru struje vode. Konstrukcije bi trebale biti otporne na potapanje i određeni protok vode [10].

## Čišćenje ponora

Čišćenje ponora obuhvaća uklanjanje istaloženih naplavina u speleološkom objektu. Veći komadi naplavljenog materijala kao što su trupci i otpad, mogu biti zaglavljani među stijenama te će biti potrebno njihovo odglavljanje. Pri čišćenju može biti potrebno usitnjavanje naplavljenog materijala, osobito trupaca i granja. U takvom je slučaju esencijalno poduzeti dostupne mjere sprječavanja da se odglavljeni i usitnjeni materijal vodom prenese dublje u speleološki sustav. Čišćenjem ponora trebalo bi doći do oporavka protočnosti odnosno obnavljanja prirodnog upojnog kapaciteta ponora [10].

## Postavljanje prepreka (rešetki) za zaustavljanje naplavina

Održavanje hidrološke funkcije ponora pretpostavlja sprječavanje daljnjeg unošenja naplavina, posebice krupnog materijala, u ponor čime se smanjuje njegov upojni kapacitet. Jedno od rješenja je postavljanje prepreka poput mreže ili rešetki za zaustavljanje naplavina odnosno krupnijeg materijala na ulazu u ponor ili u koritu neposredno ispred ulaza u ponor. Odabir prepreke ovisit će o širini ulaza ili kanjona te sili koju naplavine mogu generirati na mrežu tijekom velikih protoka. Na užim dijelovima ponekad će biti moguće postaviti čeličnu mrežu dok će u većini slučajeva biti potrebne robusne čelične rešetke [10].

Dizajn rešetke ovisit će o veličini očekivanog materijala kojeg vodotok nosi. Gustoća, odnosno dimenzije otvora rešetke trebaju biti takve da omogućavaju zaustavljanje većine materijala, primjerice granja, trupaca i ostalog krupnog otpada, dok istodobno osiguravaju protok vode, posebice u slučaju poplavnih valova. Krupni materijal u tim slučajevima najčešće pluta i ne onemogućava protok vode u dubljim dijelovima toka [10].

### **1.5.1.6 Održavanje mjere**

U svrhu održavanja upojnog kapaciteta ponora, vrlo je uputno provoditi čišćenje naplavina u ponorskoj zoni kod visokih voda kako bi što manje naplavina zaostalo na rešetkama ili mrežama odnosno ušlo u ponor u slučaju kada nisu postavljene rešetke ili mreže. Tu aktivnost provode obučeni kadrovi na prikladnim čamcima na način da se plutajuće naplavine guraju prema obalama odakle se mogu ukloniti mehanizacijom [10].

Redovito održavanje hidrološke funkcije ponora isto tako obuhvaća redovito čišćenje ponora tijekom sušnog razdoblja te čišćenje naplavljenog materijala kojeg su zadržale mreže ili rešetke. Nakon inicijalnog čišćenja ponora i izvlačenja naplavljenog materijala, redovito čišćenje ponora je aktivnost manjeg opsega kojom se osigurava maksimalni upojni

kapacitet ponora u svakom nadolazećem vlažnom razdoblju. Čišćenje mreža i rešetki od naplavljenog materijala bi se trebalo provoditi redovito nakon svakog smanjenja vodostaja kako bi se osigurala njihova obrambena funkcija i održavao protok vode prema ponoru.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti u Knjizi 1 podpoglavlje 2.3.7 poglavlja „Metodologije za izradu i korištenje Smjernica“).

### 1.5.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1 kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 60) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 60) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice Standardna kalkulacija radova u vodogradnji).

Tablica 60. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ARMIRAČKI RADOVI</b>	
2.1	Postavljanje pristupne konstrukcije sa stepenicama, izgradnja rešetke	kg
<b>3</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
3.1	Čišćenje ponora (vađenje trupaca, granja, otpada i sitnog materijala)	m <sup>3</sup>
<b>4</b>	<b>RAD SPECIJALIZIRANIH STRUČNJAKA</b>	
4.1	Speleolog	dan

### 1.5.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 61) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 61) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 61. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje naplavina u ponorskoj zoni kod visokih voda	m <sup>3</sup>
1.2	Čišćenje naplavina u ponoru i na rešetkama u sušnom razdoblju	m <sup>3</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.5.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavljju 2.3.6 u Tablici 6.

#### 1.5.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnute šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano



nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 62) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 62. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	S obzirom na narav krškog hidrogeološkog sustava, čišćenjem i redovitim održavanjem ponora osigurava se njegov maksimalni upojni kapacitet odnosno direktna prihrana podzemne vode.
smanjenje erozije i/ili taloženja nanosa	Dok mjera nema značajnog utjecaja na eroziju budući da su karbonatne stijene otporne na mehaničko trošenje, dovest će do značajnog smanjenja istaloženog nanosa u ponoru i ponorskoj zoni za što će biti ključno održavanje mjere, odnosno redovito održavanje ponora i ponorske zone.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

### **1.5.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 63) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [13, 14], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br.

96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 63. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Smanjenjem krupnog nanosa koji uključuje antropogeni otpad i onečišćujuće tvari u ponoru smanjit će se količina onečišćujućih tvari u ponorskoj vodi te se može očekivati određen pozitivan utjecaj na biološke elemente površinskog toka.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Čišćenjem i redovitim održavanjem ponora i ponorskih zona obnavlja se odvijanje prirodnih fluvijalnih procesa te se očekuje pozitivan utjecaj na sve hidromorfološke elemente.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Smanjenjem krupnog nanosa koji uključuje antropogeni otpad u ponoru smanjit će se količina onečišćujućih tvari u ponorskoj vodi kao i njen ulazak u krški vodonosnik. Suspendirani nanos koji može uključivati polutante pristigle iz uzvodnog poljoprivrednog i izgrađenog područja i dalje će neometano ulaziti u ponor te bi za njegovo smanjenje valjalo provesti mjere stvaranja riparijskih buffer zona u uzvodnim dijelovima vodotoka.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost).

Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [15].

Budući da se implementacijom mjere čišćenja ponorskih zona mogu očekivati i značajni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.5.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 64) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [16, 17], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

Tablica 64. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.2. podzemna voda za prehranu, materijale ili energiju	Smanjenjem taloženja nošenog nanosa u ponorima, posebice onog antropogenog podrijetla, smanjuje se i njegov nepovoljni učinak na kakvoću podzemnih voda u krškom vodonosniku koje se koriste za piće. Zbog izravne povezanosti vode i slabog filtriranja u krškom vodonosniku, taj je učinak značajniji na širem nizvodnom području nego što bi bio u nekrškim područjima.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Ponori su općenito teško pristupačne zone, najčešće dostupne samo obučanim speleolozima. Čišćenjem i održavanjem ponora i ponorskih zona unaprjeđuje se njihov vizualni doživljaj i omogućuju raznovrsne nefizičke interakcije za stanovništvo i posjetitelje te se omogućuju fizičke i intelektualne interakcije za speleologe.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### **1.5.3 Primjer mjere – sanacija špiljskog sustava Đulinog ponora–Medvedice u Ogulinu**

Rijeka Dobra prirodno se odvodnjava iz Ogulinskog polja špiljskim sustavom Đulin ponor–Medvedica u Ogulinu, koji uz navedena dva obuhvaća i treći ponor (Badanj). Nakon izgradnje akumulacijskog jezera Bukovnik uzvodno od Ogulina, prema Đulinom ponoru otječe samo ekološki minimum dok su ostali ponori rijetko aktivni. Tijekom obilnijih oborina aktivira se bujični karakter vodotoka te se otvara brana na jezeru i voda se propušta prema ponoru. Recentno uslijed učestalosti i intenziteta hidroloških ekstrema uzrokovanih klimatskim promjenama dolazi do poplava u Ogulinu jer se javlja veći protok vode od upojnog kapaciteta ponora. Taj je problem dodatno pojačan činjenicom da se u ponore odlagao otpad, od plastične ambalaže do klaoničkog i glomaznog otpada poput olupina automobila, štednjaka i sl. Time je je dodatno smanjen protočni kapacitet ponora budući da otpad stvara barijeru za drugi materijal kojeg nanosi rijeka Dobra [10].

Sanacija špiljskog sustava Đulinog ponora–Medvedice u Ogulinu provodi se od 2018. godine u suradnji Grada Ogulina i Hrvatskih voda u svrhu smanjenja rizika od poplava u Ogulinskom polju. Đulin ponor ima prirodni upojni kapacitet od 80 m<sup>3</sup>/s [18], no on je značajno smanjen uslijed taloženja naplavina i otpada. Prije provedbe sanacije procijenjeno je da se u kanalima Đulina ponora nalazi preko 1.800 m<sup>3</sup> naplavina [10]. Najveći problem predstavlja drvena građa (granje, trupci) koju rijeka povremeno nanosi i te mogu u kratkom roku stvoriti prirodnu barijeru na ulazu ili unutar ponora koja potom dovodi do taloženja svog sitnijeg i umjetnog materijala [6]. Prednji dio ponora tada predstavlja usko grlo odvodnje.

Sanacija uključuje vađenje istaloženog materijala i otpada iz špiljskog sustava (Slika 29) te uspostavu sustava stalne kontrole nad pritokom naplavina i njihovog uklanjanja.

Najprije je postavljena pristupna infrastruktura koja omogućuje spuštanje i povratak osoba i alata u/iz ponora te izvlačenje naplavina (granja, trupaca, otpada i sitnijeg materijala) uz ponora. U čišćenju, koje se provodi kroz niz godina, sudjeluju speleolozi, članovi Hrvatske gorske službe spašavanja i drugi licencirani radnici koji su prethodno obučeni za rad i kretanje u speleološkim objektima. U koritu rijeke Dobre, neposredno prije ponora postavljena je čelična rešetka koja sprječava ulazak granja, trupaca i drugog nošenog krupnijeg materijala u ponor. Zbog bujičnog karaktera vodotoka i njegove iznimne snage, bilo je nužno postavljanje čelične konstrukcije kako bi se osigurala trajnost i učinkovitost prepreke. Predviđeno je i redovito čišćenje prepreke te godišnje akcije čišćenja ponora u svrhu osiguravanja protočnosti i njegova upojnog kapaciteta [10].



Slika 29. Čišćenje Đulinog ponora [19]

#### 1.5.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] Perica, D., Bognar, A., Lozić, S. (2002): Geomorphological Features of the Baške Oštarije Karst Polje, *Geoadria*, 7, 23–34.

[2] Kovačić, G., Ravbar, N. (2010): Extreme Hydrological Events in Karst Areas of Slovenia, the Case of the Unica River Basin, *Geodin. Acta*, 23, 89–100, doi:10.3166/ga.23, 89-100.

[3] Dašić, T., Vasić, L. (2020): Flood Protection and Water Utilization of Karst Poljes: Example of Gatačko Polje, Eastern Herzegovina, *Environ. Earth Sci.*, 79, 233, doi:10.1007/s12665-020-08987-4.

[4] Gotovac, M. (2013): *Krška polja u Dinarskom Luku: Priroda u stalnom pokretu*

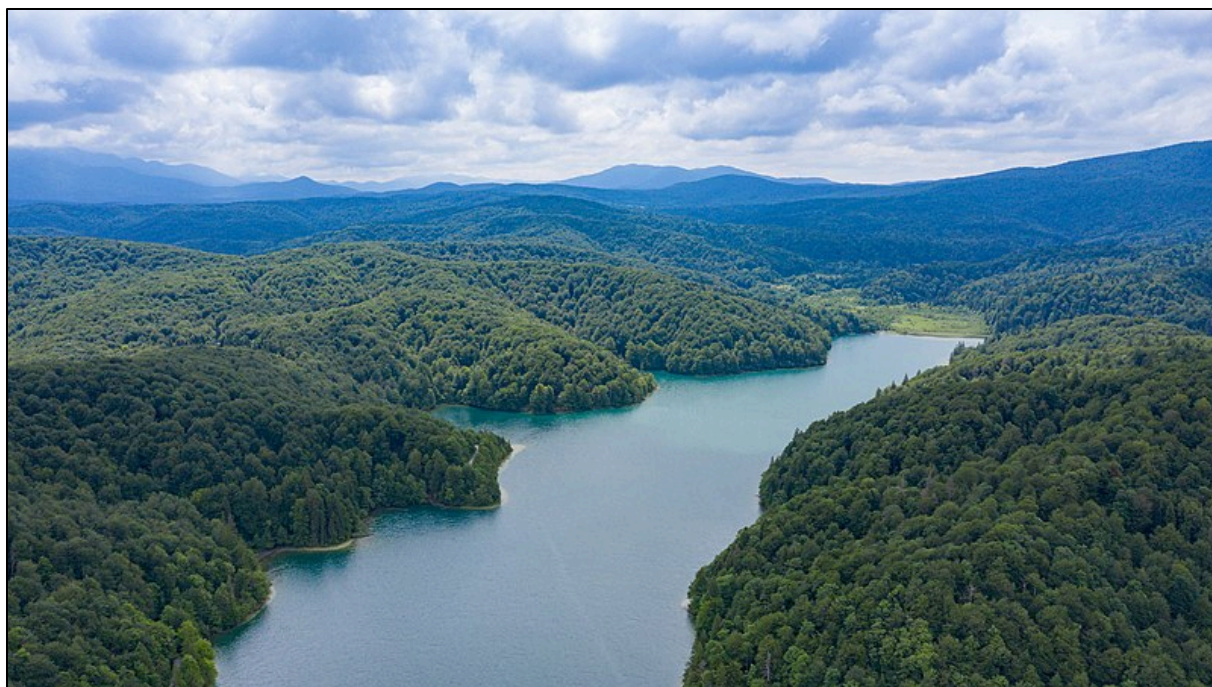


- [5] *Provedbeni plan obrane od poplava branjenog područja: Sektor F – Južni Jadran, branjeno područje 31: Područje malog sliva Vrljika*, Zagreb, 2014.
- [6] *Elaborat zaštite okoliša: Zaštita od poplava Grada Ogulina*, Osijek, 2018.
- [7] Margeta, J., Knezic, S. (2002): Selection of the Flood Management Solution of Karstic Field. *Water Int.*, 27, 431–441, doi:10.1080/02508060208687022.
- [8] Bonacci, O. (2014): Ecohydrology of Karst Poljes and Their Vulnerability, u: Sackl, P., Durst, R., Kotrošan, D., Stumberger, B., Eds.: *Dinaric Karst Poljes - Floods for Life*, EuroNatur, Radolfzell, pp. 25–37
- [9] López-Chicano, M., Calvache, M.L., Marín-Rosales, W., Gisbert, J. (2002): Conditioning Factors in Flooding of Karstic Poljes—the Case of the Zafarraya Polje (South Spain), *CATENA*, 49, 331–352, doi:10.1016/S0341-8162(02)00053-X
- [10] Paar, D., Vučić, V. (2018): *Elaborat: Sanacije i monitoring špiljskog sustava Đulin Ponor – Medvedica*, Zagreb
- [11] *Green Infrastructure and Flood Management: Promoting Cost-Efficient Flood Risk Reduction via Green Infrastructure Solutions*, European Environment Agency, Luxembourg, 2017.
- [12] Benac, C. (2016): *Rječnik pojmova u općoj i primijenjenoj geologiji*, Građevinski fakultet u Rijeci, Rijeka, ISBN 9789536953479
- [13] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [14] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [15] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [16] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [17] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [18] Vujnović, T., Erhardt, R. (2018): *Poplava Ogulina u 2017.*, In Proceedings of the VII. Konferencija Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa, 11-12. listopada 2018., poster, Zagreb
- [19] Čišćenje Đulinog ponora, <https://www.voda.hr/hr/novosti/ciscenje-dulinog-ponora> (preuzeto 7.4.2022.)

## 1.6 Obnova jezera

Jezero je stajaća vodena masa na kopnu sakupljena u depresiji. Prema nastanku, jezera se dijele na prirodna i antropogena ili umjetna. Prirodna jezera nastala su prirodnim procesima, bez antropogenih utjecaja. Ona su u suvremenom svijetu često modificirana na način da su na njihovim izlazima izgrađene usporne građevine kojima se regulira tok vode. Umjetna jezera najčešće se formiraju izgradnjom brane u dolinama vodotoka ili iskorištavanjem prirodnih vodonepropusnih udubljenja od strane čovjeka [1, 2]. Po funkciji to mogu biti akumulacijska jezera, ribnjaci, šljunčare, jezera za rekreaciju i sl. Bez obzira na nastanak, u vodnom gospodarstvu jezera imaju funkciju pohranjivanja vode za vrijeme oborina čime se štiti okolno područje od poplava te osiguravaju potrebne količine vode za brojne svrhe, npr. vodoopskrbu, navodnjavanje, proizvodnju energije, rekreaciju i turizam.

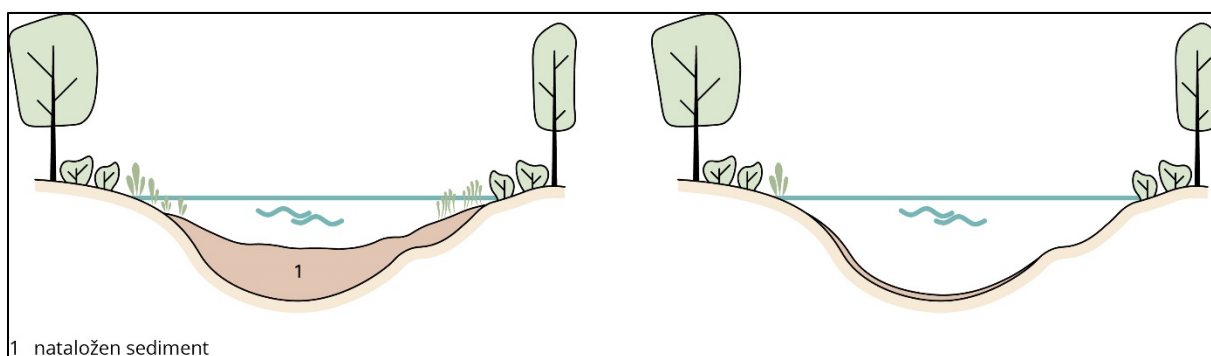
U ekološkom smislu, jezera apsorbiraju značajne količine ugljikovog dioksida te pružaju vrijedna staništa biljnim i životinjskim vrstama, posebice pticama močvaricama [3]. Skladištenje vode u jezeru doprinosi ublažavanju vodnih valova i smanjenju vršnog protoka. Nadalje, jezera predstavljaju važan element u hidrološkom ciklusu kruženja vode u prirodi jer čine direktnu vezu između pale oborine i podzemne vode, stoga doprinose i povećanju dostupnosti vode [4]. Primjer prirodnog jezera u Republici Hrvatskoj prikazan je na slici u nastavku (Slika 30).



Slika 30. Prošćansko jezero [5]

U prošlosti su jezera često isušivana radi stvaranja novih obradivih površina. Pritom su njihovi dublji dijelovi, nepodobni za poljoprivrednu obradu, opstali, ali su zapušteni te je uslijed smanjenog obujma vode i spiranja materijala s okolnih površina dolazilo do njegovog taloženja u jezeru, zamuljivanja i širenja vegetacije. Uslijed tih procesa formirali bi se eutrofni uvjeti koje karakterizira bogatstvo hranjivim tvarima, osobito dušikom i

fosforom. Naime, snažan dotok sedimenta formira povoljne uvjete za razvoj i bujanje vegetacije i algi pri čemu se dodatno povećava količina materijala koji se taloži na dnu i dolazi do oplićivanja i gubitka vodnogospodarskih funkcija jezera kao i razvoja nepovoljnih ekoloških uvjeta. Stoga obnova prirodnog jezera podrazumijeva vraćanje izvornog ili približno izvornog oblika i funkcije tog jezera [3]. Na slici u nastavku (Slika 31) dan je shematski prikaz obnove prirodnog jezera. Lijevo je prikaz eutrofnog jezera s debelim slojem istaloženog mulja. Čišćenjem eutrofnog jezera od nataloženog sedimenta obnavljaju se vodnogospodarske funkcije i ekološki uvjeti jezera te se ono transformira natrag u oligotrofno jezero koje karakterizira čista voda visoke kvalitete (na slici desno).



**Slika 31. Shematski prikaz obnove jezera – stanje prije (lijevo) i nakon obnove (desno)**

U pogledu umjetnih jezera, obnova često obuhvaća naturalizaciju jezera na način da se dio umjetnih materijala ili struktura zamijeni prirodnima. Mogućnosti naturalizacije uvjetovane su funkcijom jezera te bi izvedbu ekološki prihvatljivijih obilježja jezera trebalo provoditi vodeći se načelom razmjernosti prema potencijalnom smanjenju osnovne funkcije jezera. Budući da je naturalizacija umjetnih jezera značajno ograničena njihovom funkcijom, u ovom će se poglavlju obraditi mjera obnove prirodnih jezera te onih umjetnih jezera kod kojih je došlo do eutrofikacije koja umanjuje njihove osnovne funkcije.

Treba imati na umu da je obnova jezera dugotrajan i skup proces te da neće uvijek dovesti do vraćanja prvobitnih uvjeta, iako će povećati kakvoću vode i smanjiti stupanj trofije [6]. Obnova jezera obično obuhvaća i obnovu užeg ili šireg okolnog područja budući da je obnova jezera bez rješavanja izvora i uzroka njegove degradacije mjera s vrlo kratkotrajnim učinkom. Stoga obnovom jezera mogu biti obuhvaćene i druge mjere zelene infrastrukture dane ovim dokumentom, poput obnove močvara, sadnje riparijske vegetacije i druge koje smanjuju donos i taloženje sedimenta [3].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i poljoprivrednika. Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.6.1 Tehnički opis

### 1.6.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere obnove jezera.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 65) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja obnove jezera. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 65. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalni ortofoto snimci (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.



## Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se na lokaciji jezera: na obalama te unutar korita jezera. Uz to, važno je provesti istražne radove na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje materijala (primjerice viška materijala od čišćenja dna jezera). Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 66).

**Tablica 66. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika pripadnog slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja na slivnom području.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području jezera, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova. Pritom je veoma važno uzorkovanje i laboratorijsko ispitivanje uzoraka sedimenta s dna jezera, od fizikalnih do kemijskih i bioloških parametara.
<b>biološki istražni radovi</b>
Budući da mjera predstavlja zahvat revitalizacije jezera, biološka istraživanja potrebno je provesti s ciljem utvrđivanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznočnosti područja kako bi se u fazi nakon implementacije moglo zaključiti u kojoj mjeri je zahvat pozitivno utjecao na bioraznočnost područja.

## Podloge za potrebe proračuna

Prilikom obnove jezera potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 67) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 67. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere
situacijski prikaz, poprečni i uzdužni presjeci korita jezera	karakterističnih poprečni presjeci s prikazom obale i razine velike vode te uzdužni presjeci s ucrtanim dnom korita, obalama i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	ovi podaci navode se u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koristi materijal preuzet iz nalazišta na lokaciji zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku i slivu na kojem se obnavlja jezero)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
količina sedimenta	podaci o karakteristikama i debljini sloja istaloženog sedimenta u jezeru koje se obnavlja



podloga	opis
hidrološki podaci (površinske vode)	vodostaj, protok i pronos nanosa na vodotoku koji se ulijeva u jezero
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku koji se ulijeva u jezero te na jezeru koje se obnavlja

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 68). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 68. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun površinskog otjecanja sa sliva koji se drenira u jezero;</li> <li>ukoliko se u jezero ulijeva vodotok, potrebno je definirati krivulju trajanja protoka i vodostaja na vodotoku neposredno prije utoka u jezero;</li> <li>ukoliko se u jezero ulijeva vodotok, potrebno je definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 godina na vodotoku neposredno prije utoka u jezero.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja jezera na razine vodnih lica i protoka u vodotoku koji se ulijeva u jezero prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita jezera;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina jezera.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračuni kojima se dokazuje da će korito jezera tijekom građenja i trajanja ispunjavati zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti u dijelu u kojem tlo i voda utječu na tu konstrukciju;</li> <li>proračuni se provode na kritičnim poprečnim presjecima za pojedinu opciju temeljenja, a uvažavaju uslojenost tla iz geotehničkog presjeka tla;</li> <li>provode se temeljem podataka o veličini i prostornoj raspodjeli mehaničkih svojstava temeljnog tla, temeljne stijene, rastresitog građiva i podzemne vode, utvrđenih odgovarajućim geomehaničkim istražnim radovima.</li> </ul>
Za nasute građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni: <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti pokosa obala;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> </ul>

**proračuni**

- proračun za seizmičko djelovanje.

Za armirano-betonske građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:

- nosivosti temeljnog tla;
- analiza deformacija;
- stabilnost protiv izdizanja;
- stabilnost na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije, hidraulički slom tla;
- globalna stabilnost temeljnog tla;
- dimenzioniranje konstrukcije.

Prilikom planiranja projekta obnove jezera u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na pojavnost i intenzitet oborina.

### 1.6.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Mjeru obnove jezera moguće je provoditi na jezerima zahvaćenim uznapredovalim procesima eutrofikacije, jezerima čiji su površina i obujam antropogenim djelovanjem smanjeni u prošlosti te jezerima koja su u potpunosti isušena, ali postoje hidrogeološke osnove za njegovu obnovu. Obično se javljaju se na slivovima površine minimalno 1 km<sup>2</sup> odnosno 100 ha. Vodna tijela koja se javljaju na slivovima manjih površina od navedene više poprimaju karakteristike bare nego jezera pa je iz tog razloga veličina slivne površine od 1 km<sup>2</sup> ograničavajući faktor prilikom primjene mjere [3].

Ovisno o njihovoj površini, izvoru vode iz kojeg se napajaju i veličini pripadnog sliva, jezera određeno vrijeme zadržavaju poplavne vode. Jezera s velikom površinom na relativno malom slivu imaju puno veći retencijski kapacitet nego jezera s malom površinom na relativno velikom slivu [4].

Za mjeru obnove jezera nisu definirana ograničenja vezana uz propusnost tla i lokaciju unutar riječnog sliva, ali je praksa pokazala da se veći efekt postiže implementacijom mjere na području s relativno malim nagibom terena [4].

Provedba obnove jezera kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.6.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 69 do Tablica 71) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere obnove jezera.

**Tablica 69. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Nanos koji sudjeluje u zatrpavanju jezera čine tvari koje vodotokom ili površinskim otjecanjem sa sliva dospiju u korito jezera te biološki materijal koji nastaje razgradnjom vegetacije iz jezera i njegove okolice. S obzirom na to da je nanos jedan od ključnih elemenata koji uzrokuje degradaciju kvalitete vode te biljnog i životinjskog svijeta u jezeru, informacije o njegovoj vrsti i pronosu (količini) važan su projektni parametar.
led	Kod plitkih i jezera koja se lede u zimskim mjesecima, prisutnost leda u pritocima može uzrokovati nakupljanje leda u jezeru, ledostaj i opasnost od ledenih poplava. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u jezeru i vodotoku uzvodno od jezera važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Na temelju izračuna površinskog otjecanja sa sliva, dimenzionira se i odabire optimalno tehničko rješenje s odgovarajućim korisnim volumenom za prihvat oborinskih voda. Obnovom jezera dolazi do promjena u hidrološkom režimu površinskog toka jer dolazi do povećanja zadržavanja vode u udolinama, u ovom slučaju jezera, a smanjuje se površinsko otjecanje sa sliva. Takvim promjenama u hidrološkom režimu smanjuje se opasnost od poplava na području implementacije mjere.
hidrološki režim podzemnih voda	Podaci o razini podzemne vode predstavljaju važan projektni parametar kod dimenzioniranja jezera zbog toga što razina vode u jezeru direktno ovisi o razini podzemne vode. Prilikom projektiranja mjere treba obratiti pozornost da tehničko rješenje ne prouzroči značajne promjene u razini podzemne vode.
količina i intenzitet oborina na slivnom području	O njima ovisi dimenzioniranje jezera i njihov učinak ublažavanja površinskog otjecanja.
veličina sliva	Dimenzioniranje građevine ovisi o veličini sliva jer veća slivna površina prihvaća veće količine oborina pa time nastaje i veća količina vode koja se pohranjuje u jezeru.
opasnost od oborinskih poplava na slivnom području implementacije mjere	Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje prikazuju poplavne površine i dubine vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Analiza opasnosti od oborinskih poplava pokazuje koja bi se vrsta oborina u smislu količine, trajanja i intenziteta mogla očekivati i kamo bi površinska voda mogla teći i nakupljati se tijekom pojave obilnih oborina. Stoga su volumen jezera, poplavne površine i dubina vode funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere za smanjenje opasnosti od poplava.

**Tablica 70. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi funkcionalnost jezera u smanjenju opasnosti od poplava. Do promjene kapaciteta može doći uslijed promjena poprečnog profila i hrapavosti korita. Primjerice, povećanje hrapavosti korita jezera rastom vegetacije može uzrokovati smanjenje efikasnog kapaciteta i povišenje vodnog lica.
erodibilnost korita	Važan parametar koji utječe na nastajanje nanosa i njegovo taloženje u koritu jezera, čime se smanjuje korisni volumen i kapacitet jezera za pohranu vode tijekom velikih oborinskih događaja. Stoga je potrebno izvesti korito jezera tako da se spriječi pojava intenzivnih erozijskih procesa.

Tablica 71. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib pokosa obala	Nagib je bitan parametar koji determinira prisutnost biljnih i životinjskih zajednica te ga je potrebno uskladiti s ekološkim ciljevima implementacije mjere. Kako bi se osigurala raznolikost mikrostanišnih uvjeta, nagib pokosa obala trebao bi biti promjenjiv.
površina i volumen	Kako bi obnovljeno jezero bilo funkcionalno u smanjenju opasnosti od poplava, potrebno je veličinu pripadnih parametara uskladiti s veličinom slivnog područja koje se drenira prema jezeru.
stabilizacija obala	Ukoliko se proračunima dokaže potreba za stabilizacijom obala, preporuča se primjena bioloških rješenja stabilizacije poput zelenih obaloutvrda. Za njihovu izgradnju preporuča se korištenje biološkog materijala s lokacije zahvata, nastalog iskopom i čišćenjem terena.
biološki materijal	Za uređenje pokosa obala jezera preporuča se sadnja autohtone vegetacije za vode stajačice uz odabir vrsta koje pospješuju pročišćavanje vode prilikom površinskog dotjecanja sa sliva.

#### 1.6.1.4 Ekološki aspekti mjere

Obnova jezera ekološki je iznimno osjetljiv proces budući da značajno mijenja ekološke uvjete u vodnom tijelu. Stoga mu je potrebno pristupiti studiozno i oprezno kako zahvati ne bi doveli do pogoršanja i trajne degradacije ekoloških uvjeta. Obnova jezera u prvom se redu odnosi na poboljšanje karakteristika i usluga ekosustava jezera i njegovog okolnog područja. S obzirom na to da mjera uključuje uklanjanje supstrata na kojem se stanište nalazi, a potencijalno i vode koja čini stanište te privremeno izmještanje živih organizama, revitalizacija ekosustava zahtijevat će uključenost stručnjaka iz biološke, ekološke i hidrotehničke struke u svim fazama provedbe projekta.

Opstojnost jezerskih i riparijskih ekosustava ovisi o očuvanju i/ili uvođenju autohtone flore i faune koja se prirodno pojavljuje ili se pojavljivala na području implementacije mjere. Iako je implementacija autohtone vegetacije osnovni ekološki element rješenja u obnovi jezera, u projektiranju treba imati na umu da makrofiti smanjuju kapacitet jezera za pohranu oborinskih voda. Iz tog razloga vrstu i veličinu vegetaciju treba uzeti u obzir prilikom dimenzioniranja korita jezera te uskladiti željeni kapacitet jezera s odabranom vegetacijom.

Vodeni organizmi imaju osobitu ulogu u održavanju kakvoće i ekološkog stanja vode. Uloga riparijske vegetacije ogleda se prije svega u filtriranju i pročišćavanju vode koja površinski otječe s okolnog terena prije nego dospije u jezero, a također i u formiranju staništa životinjskim vrstama, povećanju bioraznolikosti područja te stabilizaciji obala jezera. Stoga se preporuča sadnja trske (*Phragmites* sp.) na mjestu točkastog ulijeva vode u jezero kao primjeren i učinkovit ekološki element prilikom obnove jezera kao mjere zelene infrastrukture. Makrofiti kao i određena fauna poput mikroorganizama, riba i dr. također može značajno utjecati na uklanjanje nutrijenata iz vode i time povećati njezinu kakvoću, a ujedno smanjiti potrebu za održavanjem, povećati vizualni doživljaj jezera i stvoriti ekosustav koji uz određene ljudske intervencije može biti održiv.

Ukoliko se mjera planira implementirati unutar područja ekološke mreže, aktivnosti bi trebale biti usmjerene na poboljšanje stanišnih uvjeta za ciljne vrste i ciljna staništa.

### 1.6.1.5 Vrste radova

Stvarne dimenzije jezera mogu uvelike varirati. Zbog toga je u planiranju obnove potrebno u obzir uzeti željene funkcije jezera, topografska obilježja okolnog područja i obilježja pritoka [3].

Mjera obnove jezera najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- izlov i privremeno izmještanje riba prije početka radova;
- uklanjanje sedimentnog i biološkog materijala;
- odvoz djelomično posušenog sedimenta s privremene na trajnu deponiju;
- uređenje obala jezera;
- uređenje ulaznih i izlaznih građevina u jezero;
- (ponovno) uvođenje vodenih organizama;
- sadnja autohtone riparijske vegetacije.

Kod obnove prirodnih jezera koja su smanjena ili su u potpunosti isušena u prošlosti, najčešće je prije početka radova potrebno riješiti odnosno osigurati preduvjete prostornoplanske i imovinskopravne naravi. To najčešće podrazumijeva prenamjenu poljoprivrednih u površine pod vodom te otkup poljoprivrednog zemljišta.

#### Izmještanje riba prije početka radova

Ukoliko se izvodi pražnjenje jezera za uklanjanje sedimenta u suhim uvjetima, potrebno je izloviti i privremeno preseliti ribe prije početka radova. Upute o zbrinjavanju riba potrebno je detaljno opisati u stručnom ihtiološkom planu za upravljanje ribljim fondom tijekom projekta obnove jezera koji se priprema u dogovoru s ribolovnim društvom.

#### Uklanjanje sedimentnog i biološkog materijala

Budući da je za obnovu jezera u gotovo svim slučajevima potrebno ukloniti materijal istaložen u jezeru, odnosno sniziti kotu dna jezera kako bi se povećao kapacitet jezera za pohranu oborinskih voda, prije uklanjanja sedimenta iz jezera potrebno je provesti analize fizikalno-kemijskih karakteristika sedimenta. Ispitivanja je potrebno provesti na parametre propisane relevantnim zakonodavstvom kako bi se utvrdila pogodnost odlaganja sedimenta na poljoprivrede površine. Ukoliko se pokaže da sediment nije pogodan za tu namjenu, potrebno je izraditi dokumentaciju u svrhu zbrinjavanja sedimenta iz jezera na način da ne dođe do onečišćenja okoliša.

Količina uklonjenog materijala izravno ovisi o veličini projektnog područja, odnosno o dimenzijama jezera, te o ekološkim obilježjima koja bi se trebala postići obnovom. Na taj se način trajno uklanjaju fosfor, dušik i ugljik koji su se desetljećima akumulirali u sedimentu kao i sjemenje vegetacije – od čega je sve doprinosilo eutrofikaciji. Pritom se, međutim, uklanja i sjemenje povoljne vodene vegetacije [6]. Uklanjanje sedimenta može se provoditi s čitavog dna jezera ili s pojedinih dijelova, ovisno o lokalnoj dubini jezera, stratifikaciji vode te ciljevima obnove [7].



U Europi se primjenjuje više različitih metoda obnove jezera među kojima su najčešće:

- potpuno pražnjenje i produbljenje jezera uklanjanjem sedimenta do projektirane kote dna nakon potpunog isušivanja – uporaba suhozemne mehanizacije;
- uklanjanje sedimenta bez ispuštanja vode – uporaba stroja za refuliranje;
- uklanjanje sedimenta bez ispuštanja vode – uporaba bagera s pontona.

Odabir tehnologije izvođenja radova ovisi o karakteristikama lokacije, tehničkom rješenju obnove jezera, biljnom i životinjskom svijetu koji nastanjuje jezero, financijskim sredstvima i dostupnoj mehanizaciji. Prilikom odabira tehnologije izvođenja radova potrebno je obratiti pozornost na mogućnost ostvarenja pristupnih putova te na način postupanja s materijalom iz iskopa.

Kod odabira tehnologije izvođenja radova obično prednost ima varijanta koja ispunjava sljedeće zahtjeve:

- tehnički jednostavniji zahvat koji je lakši za izvedbu;
- korištenje mehanizacije izvođenja radova koja je dostupna na području Republike Hrvatske;
- omogućava čišćenje cjelokupnog sedimenta što osigurava dulji period do ponovnog čišćenja;
- omogućava uređenja obale i dna jezera prema projektiranim kotama;
- omogućava odvoz djelomično suhog sedimenta jer je na taj način smanjen volumen sedimenta koji je potrebno zbrinuti;
- financijski najpovoljnija metoda čišćenja;
- omogućava ponovno poribljavanje jezera vrstama pogodnim za smanjenje stupnja eutrofikacije i održavanje povoljne kvalitete vode.

Iskopavanje sedimenta, međutim, gotovo uvijek ima negativne posljedice po krhka vodena staništa. Kad se provodi isušivanje jezera, stanište se praktički uklanja i po povratku vode se formira novo. U pristupima bez isušivanja, kod iskapanja i uklanjanja materijala dna kroz vodu dolazi do otpuštanja akumuliranih nutrijenata i drugih toksičnih spojeva. Ukoliko dođe do značajnijeg otpuštanja sulfida, kvaliteta vode za održavanje života može se smanjiti do razine nepovoljne za opstanak vodenih organizama [6]. Stoga je odabir prikladne metode nužno temeljiti na detaljnim ispitivanjima sedimenta i rizika od kontaminacije vode.

### Zbrinjavanje sedimenta

Potrebno je provesti ispitivanje kakvoće sedimenta čiji rezultati daju detaljniju sliku o mogućim načinima njegovog zbrinjavanja. Najčešća praksa zbrinjavanja sedimenta je deponiranje sedimenta na privremenu deponiju kako bi se u potpunosti osušio i nakon toga izmjestio na trajnu deponiju. Uređenje lokacija za zbrinjavanje iskopanog sedimenta može biti značajan aspekt ukupnog zahvat/mjere pa je stoga tehničko rješenje odlaganja sedimenta potrebno uključiti u projekt, a posebice u troškove izvedbe mjere. Ako je kakvoća sedimenta zadovoljavajuća, on se može koristiti u daljnjim radovima u obnovi jezera ili odložiti na poljoprivredne površine.

## Uređenje obala jezera te sadnja riparijske vegetacije

Kod jezera izloženih eutrofikaciji i oplićivanju, koji su u najvećem broju slučajeva uzrokovani tvarima donesenim površinskim otjecanjem s okolnih površina, dugoročni rezultat revitalizacije moguće je postići jedino uklanjanjem uzroka – smanjenjem dotoka nutrijenata [6]. U tom pogledu je uspostavljanje buffer zona uz obale jezera sadnjom riparijske vegetacije jedan od ekološki najprihvatljivijih pristupa budući da hrapavost terena u tim zonama zadržava nutrijente i smanjuje njihovo pronosanje u vodno tijelo jezera. Dugotrajni učinak riparijskih zona postiže se odabirom autohtonih vrsta biljaka prilagođenih lokalnim pedološkim i hidrometeorološkim uvjetima.

Na obalama izloženim eroziji, ovisno o intenzitetu erozije, stabilizacija se osim sadnjom riparijske vegetacije može provesti i izgradnjom bioloških vodogradnji. Time se također smanjuje unos i taloženje materijala na dnu jezera koji dovodi do oplićivanja i smanjivanja korisnog volumena za prihvat oborinske vode. Ukoliko je obala izložena manjem djelovanju voda, pokosi obala štite se primjenom humusnog materijala i travnate vegetacije (*Poaceae* sp.). Za izgradnju se koristi humusni materijal iz iskopa koji se prethodno osušio na privremenoj deponiji. Ukoliko nije propisano projektom, debljina humusnog sloja trebala bi iznositi minimalno 25 cm.

## Uređenje ulaznih i izlaznih građevina u jezero

U slučaju postojanja točkastih ulaza vode u jezero, primjerice dovodnog vodotoka, radovi na uređenju takvih građevina najčešće se odnose na uklanjanje klasičnih betonskih obloga korita te stabilizaciju ulaza postavljanjem kamenog materijala i sadnjom vegetacije, primjerice trske (*Phragmites* sp.), koja disipira energiju vode, a sudjeluje i u njezinom pročišćavanju. Uređenje izlaznih građevina poput ispusta, ustava i drugih odnosi se na smanjenje predimenzioniranih građevina i ukoliko je potrebno, izgradnju obilaznih struktura za kretanje životinjskih vrsta, poput ribljih staza.

## (Ponovno) uvođenje vodenih organizama

Uvođenje ili vraćanje vodenih organizama u jezero od kritičnog je značaja za opstanak njegova ekosustava. To podrazumijeva uvođenje ili vraćanje makrofita i životinjskih zajednica, prije svega poribljavanje, te uvođenje filtrirajućih vodenih organizama. Pritom je kod uvođenja novih vodenih organizama potrebno provesti ekološku studiju kako bi se utvrdili njegovi učinci na ekosustav odnosno hranidbeni lanac.

Ribe imaju osobito važan utjecaj na stupanj trofije u jezeru uslijed cirkulacije kroz različite trofičke razine u vertikalnoj strukturi vodnog tijela koje uključuju hranidbene odnose i perturbaciju sedimenata dna [6]. Stoga je kod (ponovnog) poribljavanja jezera važno u obzir uzeti očekivanu funkciju ribljih zajednica u vidu održavanja kakvoće vode i trofičkih uvjeta. Radi sprječavanja ponovne eutrofikacije i održavanja ekološki povoljne kakvoće vode poribljavanje valja provesti ribljim vrstama koje tom cilju doprinose. Pri uklanjanju bilo koje vrste riba potrebno je provesti ekološke studije kojima će se utvrditi utjecaj uklanjanja vrste na cjelokupni ekosustav jezera te po potrebi provesti zamjenu vrsta radi očuvanja stabilnosti hranidbenog lanca.

Za održavanje bistrine stajaće vode osobito značenje imaju zajednice makrofita pa je njihovo ponovno uvođenje nužno što prije nakon uklanjanja sedimenta. To je moguće provesti sijanjem makrofita, presađivanjem iz drugog jezera odgovarajuće kvalitete ili prirodnom kolonizacijom. Prirodna kolonizacija moguća je u jezerima u kojima je sediment uklanjan selektivno po sekcijama te su opstali dijelovi dna s razvijenom makrofitnom vegetacijom koja se može relativno brzo proširiti na produbljene dijelove dna [7]. Budući da uspostavljanje makrofitne vegetacije sijanjem može trajati nekoliko godina, ovisi o hranjivosti supstrata te je podložno nepovoljnim utjecajima ispaše od strane ptica vodarica i pretjeranog rasta nitastih algi, u pojedinim slučajevima bi skuplji pristup presađivanja makrofita mogao biti prikladniji pristup [8].

Dugotrajni učinci obnove oligotrofnih uvjeta u jezeru mogu se postići sadnjom i uvođenjem filtrirajućih vodenih biljnih i životinjskih organizama (eng. *filter-feeders*) koji se hrane suspendiranim organskim materijalom i planktonom ili uvođenjem efektivnih mikroorganizama koji uklanjaju dušik i fosfor iz vode. Oba pristupa smanjuju razvoj algi i eutrofikaciju jezerske vode. Takvi su pristupi povoljni budući da uključuju relativno niske troškove izvedbe, ne izazivaju sekundarno onečišćenje i nisu zahtjevni za izvedbu. Studije su, međutim, pokazale kako bi za efikasno kontroliranje eutrofikacije valjalo kombinirati više pristupa koji bi zajedno adresirali različite uzroke eutrofikacije [9]. U određivanju pristupa treba uzeti u obzir da su neka jezera prirodno visokoproduktivna uslijed dotoka nutrijenata u drugih tvari površinskim otjecanjem te nijedan pristup neće u potpunosti ukloniti eutrofna obilježja vodnog tijela [6].

### 1.6.1.6 Održavanje mjere

Budući da je obnova jezera dugotrajan proces, na kojeg utječe niz faktora (topografskih, limnoloških, hidrometeoroloških i drugih), ona zahtijeva višegodišnji monitoring kvalitete vode, stupnja trofije i bioloških pokazatelja [6]. Kako bi se održala funkcionalnost jezera u pogledu smanjenja opasnosti od poplava, neophodno je provoditi redovite mjere pregleda stanja i održavanja što predstavlja najbitniji element rješenja projekta obnove jezera.

Sveukupne mjere održavanja mogu uključivati iskop nataloženog sedimenta, održavanje vegetacije, stabilizaciju obala ukoliko se javi erozija previsokog intenziteta, održavanje ulaznih i izlaznih objekata i sl. Održavanje građevine u smislu orezivanja vegetacije uz obalu i uklanjanje otpalog granja potrebno je provoditi jednom godišnje u sklopu redovnog održavanja. U sklopu pojačanog održavanja potrebno je svakih nekoliko godina, ili češće po potrebi, čistiti jezero od nataloženog mulja. Za utvrđivanje utjecaja implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.6.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 72) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 72) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice Standardna kalkulacija radova u vodogradnji).

Tablica 72. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
1.3	Crpljenje vode	h
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Uređenje ulaza i izlaza iz jezera	m <sup>3</sup>
2.3	Uređenje lokacije za zbrinjavanje iskopanog sedimenta	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja grmlja	kom

Trošak obnove jezera kao mjere zelene infrastrukture određuje se od slučaja do slučaja, a radi okvirne procjene reda veličine takvih zahvata mogu poslužiti iskustva s dva projekta koja su provedena na području Ujedinjenog Kraljevstva u prirodnom rezervatu Croxall Lakes. Obnova je provedena na dva jezera, a velika važnost dana je obnovi staništa. Prosječan trošak radova na obnovi oba jezera prema podacima iz navedenih projekata iznosio je oko 4.000 €/ha [3].

### 1.6.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”). Struktura i procjena operativnih

troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 73) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 73) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 73. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

## 1.6.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavljju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.6.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute štete na materijalnim dobrima i od izbjegnute štete zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute štete u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti.



Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 74) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [3], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 74. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
kapacitet (volumen) jezera za skladištenje vode	Obnovom jezera povećava se njegov volumni kapacitet za skladištenje vode koja pristiže površinskim otjecanjem i pritocima. Povećanje kapaciteta odgovarat će ukupnom volumenu obnovljenog jezera umanjenom za srednji volumen vode koja se u njemu nalazila prije obnove. Kod jezera koja se obnavljaju nakon što su bila isušena, ova korist može biti vrlo velika dok kod će obnove jezera vjerojatnije biti umjerena.
smanjenje brzine toka	Kod utoka vodotoka u jezero dolazi donekle do smanjenja brzine toka budući da jezero obilježava relativno niska dinamika vode. Kada se radi o protočnom jezeru s ulazom i izlazom približno iste vodnosti, tada je njegov utjecaj na brzinu vode u vodotoku manji.
povećanje evapotranspiracije	Budući da jezera obilježava razmjerno velika vodena površina i relativno mala dinamika vode, voda se brže grije pa u toplijim mjesecima dolazi do veće evaporacije. Ocjena ove koristi varira ovisno o promjeni površine jezera prije i nakon obnove, promjeni dinamike uslijed povećanja dubine te prisutnosti vegetacije u plićim dijelovima jezera i na obalama.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	S obzirom na to da je plitka razina podzemne vode važan morfološki faktor pri nastanku i opstanku jezera, nema značajnijeg učinka obnove jezera na infiltraciju vode u tlo i prihranu podzemne vode. Ipak, postojat će izmjena vode između jezera i podzemnog vodonosnika.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Obnova jezera generalno ne utječe na povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode. Do određenog povećanja kapaciteta može doći obnovom ili sadnjom nove riparijske vegetacije koja će unaprijediti svojstva tla na obalama jezera.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

## 1.6.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 75) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [3, 10, 11], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 75. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav, brojnost i biomasa fitoplanktona	Revitalizacijom jezera i vraćanjem stanišnih uvjeta i stupnja trofije na razine prije značajnijih antropogenih aktivnosti odgovornih za degradirano stanje, može se očekivati poboljšanje bioloških elemenata kakvoće i općenito poboljšanje stanja lentičkog ekosustava.
1.2. sastav i brojnost ostale vodene flore	
1.3. sastav i brojnost makrozoobentosa	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>vrijeme zadržavanja</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Budući da obnovom jezera dolazi do uklanjanja sloja sedimenta, vraća se prvotna morfologija dna sa svojim undulacijama (osim ako je projektom drukčije određeno) te se općenito povećavaju varijacije dubine jezera.
2.2. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije dubine jezera</li> <li>količina, struktura i sediment dna jezera</li> <li>struktura obale jezera</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>prozirnost</li> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Obnovom jezera stanje vodnog tijela vraća se iz eutrofnog u oligotrofnog smanjenjem sedimenta dna. Na taj se način smanjuju količina hranjivih tvari i proizvodnja organske tvari što se održava kroz povećanje prozirnosti vode i unaprjeđuje režim kisika. Primjenom riparijske vegetacije na obalama smanjuje se donos onečišćujućih tvari površinskim otjecanjem s okolnih površina u jezero.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> </ul>	

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<ul style="list-style-type: none"> <li>• sintetske</li> <li>• ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.–2021. (NN 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [12].

Budući da se implementacijom mjere obnove jezera mogu očekivati i pozitivni značajni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### **1.6.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 76) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [3, 13, 14], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

Tablica 76. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.4. kultivirane vodene životinje za prehranu, materijale ili energiju	Obnova jezera najčešće uključuje obnovu riblje strukture i poribljavanje. Ovisno o funkcijama jezera, intenzitetu korištenja i daljnjem održavanju, riblje zajednice mogu biti divlje ili kultivirane te se koristiti za različite forme ribolova. Na taj način jezera postaju i vrijedan izvor genetskog materijala riba, kao i drugih jezerskih organizama. S druge strane, vodena i riparijska vegetacija na dnu i obalama jezera može se koristiti za materijale i genetski materijal kroz potrajno gospodarenje prirodnim resursima.
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Riparijska vegetacija u obalnim dijelovima jezera doprinosi sekvestraciji ugljikovog dioksida. Ovisno o sastavu, jezerska flora i fauna također doprinose uklanjanju nutrijenata iz vode povećavajući tako njenu kvalitetu.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Riparijska vegetacija smanjuje erozijske utjecaje na obalama povećavajući stabilnost obala. Isto tako povećava kapacitet tla u riparijskoj zoni za skladištenje vode što može imati određen učinak pri podizanju vodostaja jezera kroz smanjenje opasnosti od poplava. Taj će učinak međutim biti malen zbog razmjerno male površine riparijske zone.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Ovisno o veličini obalne zone i posljedično površine pod riparijskom vegetacijom, njen utjecaj na oprašivanje, rasprostranjivanje sjemenki te održavanje staništa za razmnožavanje i rast biljaka, životinja i gljiva može biti značajan.
2.2.5. svojstva vode	Riparijska vegetacija regulira pronos polutanata i nutrijenata s okolnih površina u jezero održavajući na taj način kakvoću vode.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Vodena i riparijska vegetacija vežu ugljikov dioksid iz zraka i vode te doprinose smanjenju dnevnih fluktuacija temperature te povećavaju vlažnost zraka u lokalnim razmjerima.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Sadnjom riparijske vegetacije u obalnom pojasu jezera unaprjeđuju se stanišni uvjeti i posljedično bioraznolikost koja doprinosi atraktivnosti područja za različite interakcije s prirodnim okolišem. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Ovisno o karakteristikama obnovljenog jezera, voda iz njega može se, uz odgovarajuće postupke tretiranja, koristiti u različite vodoopskrbne svrhe - od pitke vode do vode za navodnjavanje i druge gospodarske funkcije.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Međuodnos vode i obalnih morfoloških formi značajno doprinosi atraktivnosti područja za različite interakcije s prirodnim okolišem. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

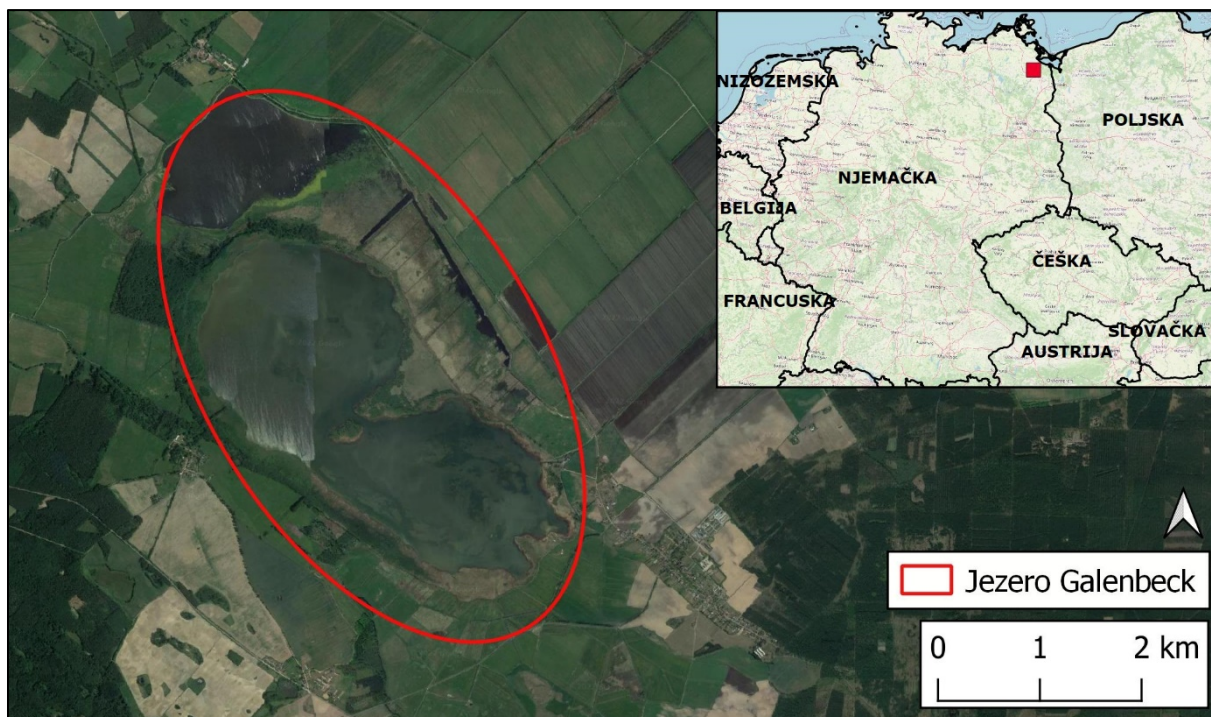
Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

## 1.6.3 Primjer mjere

### 1.6.3.1 Obnova jezera Galenbeck u Njemačkoj

U sklopu projekta LIFE Nature, od sredine 2001. od kraja 2007. godine izvedeni su radovi obnove jezera Galenbeck u Njemačkoj kojima je cilj bio vratiti izvorno stanje i uvjete koji su u jezeru bili prisutni prije pedesetak godina, budući da se u tom periodu smanjio volumen jezera i razina vode je drastično počela padati uslijed intenzivnog navodnjavanja poljoprivrednih površina korištenjem močvarnih i jezerskih voda. Navedeno je negativno utjecalo na jezera u cijeloj Njemačkoj pa se njihov volumen smanjio za više od 50%. Zbog kontinuiranog slijeganja tla na okolnom području jezera, dolazilo je do istjecanja vode iz jezera jer je razina podzemne vode u okolnom tlu počela padati. Sve navedeno prouzročilo je smanjenje bioraznolikosti biljnih i životinjskih vrsta, eutrofikaciju vode i povećanje količine sedimenta zbog stalnog unosa hranjivih tvari [15]. Na slici u nastavku (Slika 32) dan je prikaz i lokacija jezera Galenbeck u Njemačkoj.





Slika 32. Prikaz jezera Galenbeck u Njemačkoj

Projekt se temeljio na nekoliko analiza i studija izvodljivosti izrađenih 1990-ih godina, a realizacijom projekta planirano je podizanje razine vode i povećanje kapaciteta jezera izgradnjom nasipa duljine 7,3 km, osiguranje ulaza vode u jezero kroz sloj trske (*Phragmites* sp.) za uklanjanje viška hranjivih tvari i zabrana selektivnog ribolova predatorskih vrsta riba. Konačan cilj projekta bio je stvaranje bistrog jezera bogatog makrofitima koje služi za pohranu vode i pruža stanišne uvjete flori i fauni [15].

Obnova jezera i okolnog područja provodila se od sredine 2001. do kraja 2007., a uključivala je sljedeće [15]:

- otkup poljoprivrednih zemljišta veličine oko 330 ha;
- izgradnja nasipa u duljini od 7,3 km – radi sprječavanja gubitka i istjecanja vode iz jezera; radovi su prikazani na slici u nastavku (Slika 33);
- povećanje razine vode – ono utječe na dodatno plavljenje okolnog područja veličine oko 660 ha, rast i razvoj biljnih vrsta te nastanak novih staništa za životinjske vrste;
- sadnja trske (*Phragmites* sp.) na ulaznom dijelu u jezero veličine oko 5 ha – radi uklanjanja viška hranjivih tvari i sedimenata;
- zabrana izlova predatorskih vrsta riba – radi povećanja biomase fitoplanktona u vodi za poboljšanje kakvoće vode;
- zaštita pokosa nasipa kamenim materijalom od erozijskog djelovanja voda.



**Slika 33. Čišćenje terena kao priprema za izgradnju nasipa [15]**

Ukupni troškovi projekta iznosili su oko 5,8 milijuna €, a obuhvaćali su troškove planiranja, otkupa zemljišta, građevinskih radova, monitoringa okoliša i drugih popratnih troškova [15].

Važno je napomenuti da rezultati mjere nisu bili odmah vidljivi budući da je sam proces revitalizacije i punjenja jezera (povećanja razine vode) trajao četiri godine. Poboljšanje kakvoće i prozirnosti vode zabilježeno je također nekoliko godina nakon implementacije mjere. Budući da je jezero važno odmaralište i zimovalište za najmanje osamdeset vrsta ptica selica, zajedno s okolnim područjem, prema RAMSAR konvenciji registrirano je kao močvarno područje od međunarodnog značaja i proglašeno je područjem ekološke mreže NATURA 2000 [15]. Na slici u nastavku (Slika 34) prikazano je projektno područje nakon implementacije mjere.



Slika 34. Prikaz jezera Galenbeck nakon obnove [15]

#### 1.6.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Žugaj, R. (2015): *Hidrologija*, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb
- [2] Riđanović, J. (1993): *Hidrogeografija*, Školska knjiga, Zagreb
- [3] *Lake restoration*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/lake-restoration>
- [4] *Costs, benefits and climate proofing of natural water retention measures (NWRM)*, Stella Consulting SPRL, Bruxelles, 2012.
- [5] Proščansko jezero (2019): <https://www.flickr.com/photos/132646954@N02/48607637016> (pristupljeno 26. srpnja 2022.)
- [6] *The Lake and Reservoir Restoration Guidance Manual Second Edition Lake and Reservoir Restoration*, 2. izdanje, North American Lake Management, Madison, 1990.
- [7] Hudson, H. (1998): Lake Dredging, *Lake Notes* 1998
- [8] Phillips, G., Bennion, H., Perrow, M., Sayer, C., Spears, B., Willby, N. (2015): *A review of lake restoration practices and their performance in the Broads National Park, 1980–2013*, Broads Authority, Norwich
- [9] Zhao, W., Yang, G., Chen, X., Yu, J., Ma, B. (2013): Study on Integrated Restoration Technique for Eutrophic Artificial Lakes, *Advanced Materials Research* 807-809, 1304-1310
- [10] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[11] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[12] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[13] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting

[14] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

[15] Silva, J. P., Phillips, L., Jones, W., Eldridge, J., O'Hara, E. (2007): *LIFE and Europe's wetlands: Restoring a vital ecosystem*, European Communities, Luxembourg



## 1.7 Obnova močvara

Močvare su prijelazna područja između vodenih i kopnenih sustava koja karakterizira visoka razina podzemne vode, hidrična tla i hidrofilna vegetacija. Općenito, to su područja gdje je voda primarni čimbenik koji kontrolira stanje ekosustava i pripadajuća staništa. Mogu sadržavati slatku, bočatu ili slanu vodu, a najčešće se nalaze u blizini rijeka, jezera ili mora jer ovise o oborinama i sezonskim poplavama kako bi zadržale potrebnu razinu vode. Važne su jer sadrže vrijedne ekosustave koji pohranjuju vodu za vrijeme poplava, povećavaju bioraznolikost područja, funkcioniraju kao prirodni pročišćivači voda, smanjuju onečišćenje, povećavaju infiltraciju vode i nadopunjavaju podzemne vode.

Prirodne močvare prekrivene nakupinama šaša i grmlja karakteristične su po velikom hidrauličkom otporu tečenju i retenciji vode te njezinim sporim otpuštanjem funkcioniraju kao prirodne spužve. To su najčešće ravničarski prostori bez velikih nagiba terena, stoga poplavne vode vrlo sporo otječu ili se zadržavaju smanjujuću opasnost od poplava u nizvodnim predjelima. U njima se isto tako taloži sediment koji bi u nemočvarnim uvjetima površinskim otjecanjem dospio do vodotoka i bio njime pronesen nizvodno [1]. Dok neke močvare prihranjuju podzemni vodonosnik, druge se prihranjuju iz njega pa samim time štite područje u kojem se nalaze od suše i povećavaju dostupnost vode [2]. Na slici u nastavku (Slika 35) prikazano je močvarno područje Kopačkog rita u Istočnoj Hrvatskoj.



Slika 35. Močvarno područje Kopačkog rita [3]



Mjera obnove močvara odnosi se na obnovu postojećih degradiranih močvarnih područja pri čemu su osnovni ciljevi obnova izgubljene bioraznolikosti i obnova prirodnih funkcija poput smanjenja opasnosti od poplava i povećanja kakvoće vode, no konačni rezultati gotovo uvijek uključuju i brojne druge ekološke i socijalne benefite [4]. Pored obnove postojećih, moguće je i formiranje novih, umjetnih močvara pri čemu se simuliraju hidrološki procesi prirodnih močvara. U tom su slučaju močvare najčešće dio integralnog sustava oborinske odvodnje na urbanom području (eng. *Sustainable Urban Drainage Systems*) [5]. Mjera opisana u ovim Smjernicama odnosi se na obnovu postojećih močvarnih područja na ruralnim područjima kako bi se vratila njihova prirodna funkcija.

Budući da je degradacija močvarnih uvjeta prije svega posljedica antropogeno izazvanih promjena u hidrološkim uvjetima, obnova močvara zahtijeva modeliranje povijesnih hidroloških tokova i određivanje stupnja do kojeg je potrebna obnova povijesnog hidrološkog režima površinskih i podzemnih voda, kako bi obnovljena hidrografska mreža omogućila vezu močvare s pripadnim vodotok te bi na taj način poplavne vode koje dolaze iz mreže do močvare dobile dovoljne brzine vode i omogućile samopročišćavanje glavnih močvarnih kanala. Poplavni događaji često su neizostavni dio močvarnih ekosustava te su struktura biljnih zajednica i funkcioniranje ekosustava prilagođeni tim uvjetima i ovise o njima [4].

Obnova močvara je mjera zelene infrastrukture koja je nerijetko implementirana uz druge mjere za prirodnu obranu od poplava poput obnove poplavnih područja dok s druge strane u sklopu obnove močvara mogu biti uvrštene manje mjere poput sadnje riparijske vegetacije [1, 2]. Prilikom obnove močvarnih područja, često se kao popratni elementi planiraju rekreacijski sadržaji poput pješačkih ili biciklističkih staza, a čitav obnovljeni prostor nerijetko privlači fotografe, slikare i promatrače ptica zbog atraktivnih vizura [1].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.7.1 Tehnički opis

### 1.7.1.1 Projektiranje mjere

Prilikom planiranja mjere i izrade projekta obnove močvarnog područja potrebno je primijeniti i ekosustavni pristup koji osigurava antropogeno opterećenje područja na razini koja omogućava postizanje i održavanje dobrog stanja okoliša. U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere obnove močvara.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 77) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja obnove močvara. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati

detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 77. Podloge za preliminarnu analizu**

podloge za preliminarnu analizu
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalni ortofotosnimci (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobrazna (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi vodotoka uz koji se planira obnova močvarnog područja: na lijevoj i desnoj obali;
- unutar močvarnog područja;
- na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje iskopanog sedimenta prilikom obnove močvara.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 78).

Tablica 78. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja šireg područja zahvata te u svrhu određivanja povezanosti površinskih i podzemnih voda.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene unutar poplavnog područja, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova. Pritom je veoma važno uzorkovanje i laboratorijsko ispitivanje uzoraka sedimenta s dna močvara, od fizikalnih do kemijskih i bioloških parametara.
<b>biološki istražni radovi</b>
Budući da mjera predstavlja zahvat revitalizacije močvara, biološka istraživanja potrebno je provesti s ciljem utvrđivanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznolikosti područja kako bi se u fazi nakon implementacije moglo zaključiti u kojoj mjeri je zahvat pozitivno utjecao na bioraznolikost područja.

### Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta obnove močvare potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 79) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

Tablica 79. Podloge potrebne za proračune

podloga	opis
geodetska snimka	obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere; obuhvatiti područje vodotoka i močvarnog područja
situacijski prikaz, karakteristični poprečni i uzdužni presjeci korita vodotoka i močvarnog područja	poprečni presjeci na razmaku 1-2 širina korita s prikazom vodotoka i močvarnog područja na kojima su označene razine malih, srednjih i velikih voda; uzdužni presjek vodotoka s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima na obalama vodotoka i unutar močvarnog područja; podaci o materijalu koji se ugrađuje su potrebni ukoliko se koristi materijal preuzet iz nalazišta na lokaciji zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku i slivu na kojem se obnavlja močvara)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na vodotoku uz koji se obnavlja močvarno područje
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku uz koji se obnavlja poplavno područje

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 80). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 80. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun otjecanja sa sliva koji se drenira u močvaru;</li> <li>definirati krivulju trajanja protoka i vodostaja na dionici vodotoka uz koju je predviđena obnova močvarnog područja;</li> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka uz koju je predviđena obnova močvarnog područja;</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka (hidrografske mreže) i močvarnog područja nakon povezivanja;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja močvare na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa u vodotoku i povezanom močvarnom području;</li> <li>proračun globalne stabilnosti korita nakon obnove i povezivanja močvarnog područja;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati: <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost korita vodotoka – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine</li> </ul>
Za nasute građevine, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni: <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti pokosa obala;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje.</li> </ul>

Prilikom projektiranja obnove močvara u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na pojavnost i intenzitet oborina te posljedično na promjenu hidroloških parametara.

### 1.7.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Obnova močvara kompleksan je zahvat koji ovisi o nizu povoljnih i ograničavajućih faktora. Prirodne močvare najčešće nastaju u topografskim depresijama na tlima male propusnosti, međutim u poplavnim područjima močvare se nalaze na jako propusnim tlima s visokom razinom podzemne vode. Stoga je obnovu močvara moguće provoditi na tresetištima, odnosno tlima bogatim organskom tvari i glinovitim tlima [1]. Degradirane i isušene močvare imaju veću vjerojatnost obnove ukoliko su smještene u topografskim depresijama i poplavnim područjima koja su povijesno plavljena u redovitim i dovoljno dugim intervalima što je omogućavalo razvoj hidričnih tala [6].

Močvare se najčešće obnavljaju na isušanim poljoprivrednim i šumskim površinama, a mjere obnove mogu se primijeniti na kopnenim i obalnim močvarnim područjima [1]. Veću vjerojatnost uspješnosti mjera će imati i ukoliko se obnavljaju degradirana ili isušena močvarna područja povezana s postojećim močvarnim ekosustavima bogatim sjemenkama i sporama te organizmima močvarne flore i faune iz kojih može nastupiti prirodna kolonizacija [6].

S obzirom na to da močvare ovise o vodi, povoljan hidrološki režim od iznimne je važnosti. Naime, raspon fluktuacija u vlaženju te izvori vlaženja, posebice kad je došlo do promjene hidrografskih uvjeta antropogenim djelovanjem, definiraju ograničenja za opstanak močvara [7]. Kod močvara koje su se u prošlosti značajno napajale iz podzemnih vodonosnika čija se dubina vodnog lica u međuvremenu spustila radi primjerice pretjeranog crpljenja, obnova je prvenstveno ograničena niskim vodnim licem koje u najvećem broju slučajeva predstavlja novo trajno stanje [4]. Treba uzeti u obzir da će močvare koje se nalaze na području s visokom razinom podzemne vode imati razmjerno manji kapacitet za pohranu poplavne vode od onih gdje je vodno lice dublje [1].

Faktor koji može ograničiti učinak obnove močvara na smanjenje opasnosti od plavljenja je topografija. Primjerice, brdska močvarna područja plave brzo dok je u depresijama kapacitet skladištenja vode veći nego u ravnim područjima. Faktori uključuju i karakteristike tla (npr. neki tipovi tla su više porozni od drugih), namjenu zemljišta, upravljanje (npr. očuvanje vegetacije doprinosi smanjenju brzine otjecanja vode) te druge elemente koji se mogu nalaziti u močvari [2]. Primjerice, dugotrajna poljoprivredna obrada zemljišta s močvarnim tlima često dovodi do njihove nepovratne degradacije te je njihova obnova tada ili nemoguća ili bi mogla trajati desetljećima, pa i stoljećima [4].

S obzirom da je u značajnom broju slučajeva do degradacije dolazilo uslijed isušivanja radi poljoprivrednog korištenja zemljišta, vlasništvo nad zemljištem može biti značajan ograničavajući faktor. To zahtijeva otkup zemljišta na kojima bi se provodila obnova močvarnih ekosustava ili razvoj sustava poticanja privatnih vlasnika na obnovu močvara i njihovo prikladno i održivo korištenje.

Provedba obnove močvara kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.



### 1.7.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 81 do Tablica 83) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom projektiranja mjere.

**Tablica 81. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	<p>Nanos koji doprije iz vodotoka ili površinskim otjecanjem u močvaru uzrokuje njegovo zatrpavanje pa su informacije o vrsti i pronosu (količini) nanosa veoma važne za obnavljanje i održavanje trajnog funkcioniranja močvara.</p> <p>U fazi planiranja obnove močvara velika se pažnja treba posvetiti pronosu nanosa i procesu sedimentacije. Naime, implementacijom mjere dolazi do promjene procesa sedimentacije u vodotoku zbog povećanog taloženja sedimenta na močvarnom području umjesto pronosa tog sedimenta u koritu vodotoka što može rezultirati i pozitivnim i negativnim učincima. Pozitivan učinak odnosi se na pojačano taloženje sedimenta na močvarnom području čime se smanjuje taloženje i zatrpavanje na neželjenim mjestima u koritu vodotoka. Međutim, suprotno tome, manjak pronosa nanosa u vodotoku može rezultirati neželjenim morfološkim promjenama u koritu, produbljenjem korita, snižavanjem razine podzemne vode te degradacijom vrijednih biljnih i životinjskih staništa.</p> <p>Ovisno o količini nanosa koji se taloži na močvarnom području, u duljem vremenskom periodu potrebno je predvidjeti/planirati iskapanje sedimenta kako bi se zadržala njegova funkcionalnost.</p>
hidrološki režim površinskog i podzemnog toka	<p>U močvarno područje voda može dolaziti iz vodotoka, površinskim otjecanjem sa sliva tijekom velikih količina oborine ili visokim razinama podzemne vode. Interakcija između navedenih izvora plavljenja određuje na koji način močvarno područje produljuje i snižava vršne protoke vodotoka. O količini vode koja dolazi sa sliva i/ili iz podzemlja na močvarno područje direktno ovisi njegov kapacitet za prihvat poplavne vode iz vodotoka, odnosno veći dotok sa sliva i/ili podzemlja znači i manji kapacitet za prihvat poplavne vode iz vodotoka.</p>
led	<p>Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledostaj, uspor vode i pojačano izlivanje vode u močvarno područje uslijed čega kapacitet močvarnog područja može biti premašen i uzrokovati ledene poplave na širem projektnom području. Iz tog razloga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.</p>
vrijeme zadržavanja vode na močvarnom području	<p>Utječe na fizikalne, kemijske i ekološke procese na poplavnom području, što utječe na usluge ekosustava koje područje može pružati.</p>
opasnost od poplava na širem području implementacije mjere	<p>Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje se izrađuju temeljem dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja, a koje prikazuju poplavne površine i dubine vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Vodostaj i protok vodotoka, poplavna površina i dubina poplavne vode su funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere na smanjenje opasnosti od poplava.</p>

**Tablica 82. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
hrapavost močvarnog područja	<p>Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi terena i stanju obraštenosti močvarnog područja, a opisuje se Manningovim koeficijentom hrapavosti. Povećanjem koeficijenta hrapavosti smanjuje se brzina tečenja i protok vode kroz močvarno područje, ali se povisuje vodno lice pa je stanje obraštenosti</p>

	važan element koji je potrebno uzeti u obzir za uspješno funkcioniranje močvarnog područja u obrani od poplava.
odnos između volumena močvare i dotoka poplavne vode	Najvažniji faktor budući da o njemu ovisi korist od mjere. Dimenzije močvarnog područja trebaju biti proporcionalne veličini pripadnog vodotoka. Valja napomenuti da na volumen/kapacitet močvare za prihvata vode značajno utječe razina podzemne vode.

**Tablica 83. Oblikovni i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib terena močvarnog područja	Močvarna područja su najčešće ravničarski prostori bez velikih nagiba, stoga poplavne vode vrlo sporo otječu ili se zadržavaju što utječe na smanjenje opasnosti od poplave nizvodno.
površina i dubina močvarnog područja, razina podzemne vode	Parametri koji utječu na kapacitet (volumen) močvarnog područja za prihvat poplavnih voda.
biološki materijal	Preporuča se korištenje materijala iz nalazišta na lokaciji zahvata, kao i biološkog materijala poput vrbovog pruća ( <i>Salix</i> sp.) dobivenog čišćenjem.

### 1.7.1.4 Ekološki aspekti mjere

Osim tehničkog aspekta mjere koje se odnosi na ponovno omogućavanje protoka i reteniranja vode u močvarnom području, da bi se mjera mogla smatrati zelenom infrastrukturom, mora sadržavati i elemente rješenja kojima se poboljšavaju ekološke karakteristike i usluge ekosustava močvarnog područja u odnosu na postojeće stanje, odnosno elemente vraćanja područja u prirodno/doprirodno stanje. Obnovom močvarnog područja i vegetacije koja je njen vitalni dio dolazi do obnove vodenih, kopnenih i obalnih staništa na području implementacije mjere čime se povećava bioraznolikost i proizvodnja biomase. Močvarni ekosustavi su posebno važni za ptice jer pružaju područja za gniježđenje, hranjenje, odmaranje i zimovanje i bitna su područja unutar migracijskih puteva. Uz ptice, močvare su važne i za druge pripadnike faune, poput kukaca (vretenca), vodozemaca i riba [1]. Stanje ribljih zajednica ovisi o povezanosti močvare s vodotokom, režimu tečenja i plavljenja močvara te ekološkom stanju pripadnog vodotoka.

Močvare smanjuju onečišćenje vodotoka filtracijom i apsorpcijom hranjivih tvari koje se tijekom površinskog otjecanja ispiru s poljoprivrednih površina. Na taj način poboljšavaju kakvoću vode i stanje površinskih vodnih tijela. Spomenuti učinak ovisi o veličini močvarnog područja, njegovom položaju u odnosu na pripadna vodna tijela i vegetaciji koju sadrži. Kapacitet zadržavanja onečišćenja je veći što je veća raznolikost biljnih vrsta [1].

Zbog brojnih biljnih vrsta koja se nalaze na močvarnom području, ukoliko je močvara u održavanom i ekološki dobrom stanju, sudjeluje u apsorpciji značajnih količina CO<sub>2</sub> čime smanjuje koncentraciju stakleničkih plinova u atmosferi. Međutim, ukoliko dođe do njihovog isušivanja, spaljivanja ili vađenja treseta za potrebe korištenja kao gorivo, močvare se pretvaraju iz skladišta CO<sub>2</sub> u izvore velikih količina CO<sub>2</sub>. Stoga je održavanje dobrog stanja močvara od neprocjenjive važnosti u ublažavanju klimatskih promjena [1].

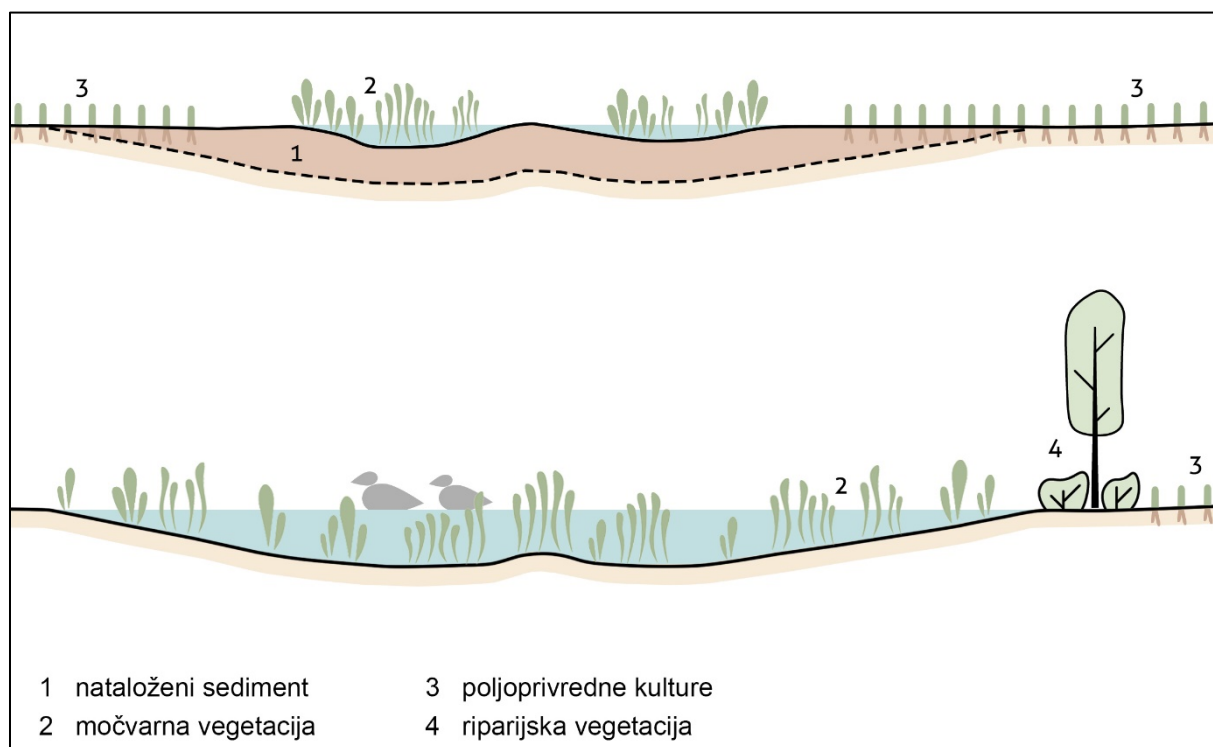
### 1.7.1.5 Vrste radova

Pristupi obnove močvarnog područja ovise o uzroku i stupnju degradacije, ali generalno se nastoje obnoviti razina i kvaliteta vode te autohtona vegetacija. Područja koja su više degradirana vjerojatno će zahtijevati veće intervencije kao što su uklanjanje sedimenta, uređenje korita te ulaza i izlaza dotoka vode radi postizanja potrebnih hidroloških uvjeta (vodostaja i protoka) [8].

Mjera obnove močvare najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- promjena u načinu korištenja zemljišta;
- uklanjanje/čišćenje vegetacije;
- uklanjanje postojećih građevina (po potrebi);
- iskop/uklanjanje nanesenog sedimenta;
- obnova hidrografske mreže;
- uređenje korita i obala (ugradnja materijala);
- obnova i razvoj autohtone vegetacije.

Na slici u nastavku (Slika 36) prikazan je shematski prikaz obnove močvare.



Slika 36. Obnova močvare: prije (gore) i nakon (dolje) iskopa nataloženog materijala

### Promjene u načinu korištenja zemljišta

Budući da su močvare u prošlosti često isušivane radi dobivanja novog poljoprivrednog ili zemljišta za izgradnju, preduvjet za obnovu degradiranih i posebice isušenih močvara je promjena u načinu zemljišta. To zahtijeva otkup zemljišta na kojima bi se provodila obnova

močvarnih ekosustava ili razvoj sustava poticanja privatnih vlasnika na obnovu močvara i njihovo prikladno i održivo korištenje (primjerice košnja ili ispaša). U slučaju otkupa zemljišta, prvi korak u planiranju projekta obnove odnosi se na dogovorni otkup zemljišta koji u pravilu predstavlja najveći trošak u projektima obnove močvarnih područja.

Močvare nikada nisu neovisne forme u terenu, već značajno ovise o interakciji s podzemljem (podzemne vode), atmosferom (oborine) i površinskom hidrografijom (dotjecanje i otjecanje vode vodotocima). Budući da njihova obnova podrazumijeva vraćanje područja u prirodno/doprirodno stanje, to uključuje i obnovu povijesne hidrografije u mjeri koja će osigurati dotjecanje vode što također može uvjetovati promjene u korištenju zemljišta radi obnove prirodnih korita vodotoka ili izgradnje kanalske mreže [1] (vidjeti: Knjiga 2, poglavlje 1.3).

Ukoliko su na prostoru obuhvata projekta obnove močvare smješteni izgrađeni objekti, njih će u najvećem broju slučajeva biti potrebno ukloniti. Ti objekti mogu uključivati stambene i druge građevine kao i objekte izgrađene za potrebe klasičnih sustava zaštite od poplava, prvenstveno nasipa. Kad je obnova močvara dio većeg projekta obnove poplavnog područja, potonji objekti često postaju prepreke i/ili redundantni te je potrebno njihovo djelomično ili potpuno uklanjanje. Uklanjanje dijelova nasipa podrazumijeva snižavanje njihove visine, odnosno spuštanje kote krune nasipa kako bi se omogućilo prelijevanje vode za vrijeme velikih vodostaja vodotoka. Uklanjanjem nasipa omogućava se djelomično plavljenje močvarnog područja koje je u prošlosti isušeno i povećava kapacitet za prihvrat poplavne vode [2]. Navedeni radovi ne zahtijevaju dodatna razmatranja u odnosu na postojeću praksu planiranja i izvođenja.

### **Uklanjanje/čišćenje vegetacije**

Bilo da se radi o obnovi degradirane ili isušene močvare, postupak obnove započinje čišćenjem odnosno uklanjanjem postojeće vegetacije. Ovisno o stupnju obraslosti, ti se radovi najčešće obavljaju strojno motornim pilama sječenjem od samog tla. U slučaju slabije pristupačnog terena gdje nije moguć rad motornim pilama, sječenje se obavlja ručno sjekirama [9]. Ukoliko se obnova provodi parcijalno na određenim dijelovima terena, nužno je provesti uklanjanje invazivnih biljnih i životinjskih vrsta iz dijelova terena koji se ne obnavljaju kako ne bi došlo do njihove kolonizacije u obnovljene dijelove i ugrožavanja ciljeva obnove močvarnih ekosustava.

Invazivne vrste, naime, nepovoljno utječu na autohtonu vegetaciju i posredno umanjuju njenu ulogu u smanjenju opasnosti od poplava. Priobalne zone i močvarna područja izrazito su izloženi invazivnim vrstama budući da vodotoci predstavljaju vrlo važne koridore za širenje invazivnih vrsta. Ukoliko postoje usvojeni planovi upravljanja invazivnim biljnim vrstama koje su zabilježene na lokaciji zahvata, preporuka je provedba metodologije uklanjanja i drugih definiranih aktivnosti iz planova upravljanja kako bi se smanjilo njihovo samostalno širenje te na taj način ublažili štetni utjecaji. Uklanjanje invazivnih vrsta često zahtijeva posebna projektna rješenja.

### **Iskop/uklanjanje sedimenta**

Bilo da je do degradacije ili nestanka močvare došlo uslijed ciljanog zapunjavanja sedimentom npr. tлом ili povećanim pritjecanjem iz vodotoka, obnova močvara zahtijevat

će uklanjanje odnosno iskop takvog sedimenta. Na taj se način istaloženi, najčešće nepropusni materijal uklanja s hidričnih tala i vraćaju uvjeti za rast i razvoj močvarne vegetacije [10]. Istodobno se povećava kapacitet područja za prihvat poplavne vode i punjenje vodonosnika infiltracijom vode u podzemlje čime se obnavljaju zalihe podzemne vode.

Debljina sloja koji se iskopava ovisi o pedološkim i geološkim karakteristikama područja implementacije mjere, a geološko-pedološke studije trebale bi odrediti vrijednost hidričnih tala u podlozi za obnovu močvarnih ekosustava. Za močvarne je ekosustave važno da nakon iskopavanja dubina vode varira kako bi se formirali uvjeti za razvoj raznolike močvarne flore i faune o kojoj onda ovise i s vodom povezani organizmi poput ptica močvarica [10].

Uklonjeni materijal može se koristiti za formiranje rubnih kontura močvare, sam ili miješan s dodatnim sedimentom, ovisno o propusnosti. Kad se radi o tlu, ono se može koristiti na obližnjim lokacijama izvan močvara gdje je došlo do degradacije tla. Kad se pri uklanjanju materijala uklanjaju i manje zone hidričnih tala koje još uvijek obilježavaju močvarni uvjeti, poželjno je da se takva tla očuvaju za daljnje faze uređenja močvara [10]. Nadalje, moguće je odlaganje materijala i na poljoprivredne površine. Međutim, prije uklanjanja sedimenta svakako je potrebno provesti analize fizikalno-kemijskih karakteristika sedimenta. Ispitivanja se provode na parametre propisane relevantnim zakonodavstvom kako bi se utvrdila pogodnost odlaganja sedimenta. Ukoliko se pokaže da sediment nije pogodan za tu namjenu, potrebno je izraditi dokumentaciju u svrhu zbrinjavanja sedimenta na način da ne dođe do onečišćenja okoliša. Uređenje lokacija za zbrinjavanje iskopanog sedimenta može biti značajan aspekt ukupnog zahvat/mjere stoga je tehničko rješenje odlaganja sedimenta potrebno uključiti u projekt, a posebice u troškove izvedbe mjere.

### Obnova hidrografske mreže

Radovi trebaju obuhvatiti i obnovu hidrografske mreže na močvarnom području budući da će navedena obnova omogućiti bolju povezanost močvare i pripadnog vodotoka kojim dolaze poplave vode važne za samopročišćavanje glavnih močvarnih kanala. Čišćenjem mreže smanjit će se hrapavost korita vodotoka i povećati brzine poplave vode koje će nakon obnove biti dostatne za samopročišćavanje močvara.

### Uređenje korita i obala (ugradnja materijala)

Po uklanjanju istaloženog sedimenta, potrebno je urediti korito i obale močvare. Prikladnost nekadašnjih močvarnih tala za obnovu močvara ovisit će o dugotrajnosti i intenzitetu obrade zemljišta uslijed koje je došlo do promjena u hidrauličkoj vodljivosti, sastavu nutrijenata, organskih i toksičnih tvari, mikrotopografiji te prisutnosti sjemena nekadašnje močvarne vegetacije. Svi ti faktori imaju utjecaja na fizički, kemijski i biološki karakter obnovljenih močvara. Sanacija tla moguća je do određene mjere obogaćivanjem nutrijentima, hranjivim tvarima i zajednicama mikroorganizama [6].

U te se svrhe ugrađuju čisti materijali poput pijeska i organski bogate zemlje koja će omogućiti razvoj močvarne vegetacije. Preporuča se korištenje humusa s lokacije zahvata koji se prethodno osušio na privremenoj deponiji. Tehnologija ugradnje materijala određuje se projektom nakon procjene najekonomičnije i najmanje štetne metode s obzirom na



biološke karakteristike na lokaciji zahvata, odnosno prisutnu floru i faunu. Debljina humusnog sloja također se određuje projektom. Alternativna i efikasnija, ali skuplja metoda je transplantacija tla iz obližnjih močvara [6].

Kad su tijekom iskopavanja materijala iskapana i hidrična tla iz opstalih dijelova močvare, ona se mogu koristiti u uređenju korita obnavljane močvare na način da se planski distribuiraju kako bi služila kao banke sjemena iz kojih će doći do daljnje kolonizacije močvarnih biljaka u obnovljenoj močvari. Pritom je važno da u tim opstalim dijelovima močvare nisu bile uočene invazivne vrste kako bi se spriječilo njihovo širenje u dijelove koji se obnavljaju.

Izlaz vode iz močvare u recipijent (vodotok) obično se planira na nizvodnom, visinski najnižem rubu projektirane močvare. Kad god je moguće, a ovisno o režimu punjenja močvare odnosno poplavnom režimu matičnog vodotoka, valja ostvariti izlaz bez značajnije primjene armirano-betonskih građevina (ispusta). Najčešće se taj rub močvare ostvaruje postavljanjem niskih zemljanih nasipa dugih, blago nagnutih pokosa s projektiranim cijevnim ispustom ili preljevom čija se visinska kota definira ovisno o projektiranom vodostaju u močvari. Među najpogodnijim materijalima su slabo propusna glinasta tla. Dubina nasipa ovisit će o propusnosti podloge pa će na propusnoj podlozi nasip biti ugrađen dublje kako bi spriječio procjeđivanje vode iz močvare ispod nasipa u okolni teren smješten izvodno [10].

### **Obnova i razvoj autohtone vegetacije**

Bogata i raznolika vegetacija je uz vodu osnovna karakteristika močvarnih ekosustava zbog čega predstavlja i središnji dio projekata obnove močvara. Uz to što doprinosi povećanju bioraznolikosti područja, vegetacija je ključna u filtriranju i pročišćavanju onečišćujućih tvari kao i u povećanju hrapavosti čime doprinosi hidrauličkom otporu tečenja vode.

Pristup obnovi autohtone vegetacije ovisi o stupnju degradacije močvare koji ograničava pasivnu obnovu odnosno stupanj do kojeg će doći do razvoja vegetacije prirodnom kolonizacijom i selekcijom. Što je stupanj degradacije veći, to je manja vjerojatno pasivne obnove vegetacije. Naime, u izrazito degradiranim močvarama i onima koje su isušene i desetljećima korištene u poljoprivredne svrhe, obnova vegetacije ne može se temeljiti na prirodnoj rekolonizaciji budući da su sjemenke i spore većine močvarnih biljaka dugogodišnjom obradom tla iscrpljene iz njega i ne omogućuju njenu obnovu. U takvim uvjetima močvarnu će vegetaciju biti potrebno sijati ili presađivati [4]. Ukoliko je došlo do transplantacije tla iz obližnjih močvara, obnova vegetacije uslijedit će razvojem sjemenki i spora pohranjenih u transplantiranom tlu.

Kod manje degradiranih močvara, pasivna obnova vegetacije moguća je u nekoliko slučajeva. Ponajprije je moguća kolonizacijom ako postoji veza između obnavljane i postojeće obližnje močvare pri čemu je osobito važno osigurati da se iz postojeće močvare ne mogu proširiti invazivne vrste koje bi ugrozile obnovu močvarnih ekosustava. Kolonizacija je moguća i iz očuvanih dijelova močvare bogatih sjemenkama i sporama močvarne flore [6].

Kod obnove vegetacije je osobito važno uzeti u obzir da različite vrste močvarne flore imaju različite režime kolonizacije terena te one brže mogu spriječiti kolonizaciju sporijih. Stoga je potrebno izraditi ekološku studiju odnosno modelirati obnovu vegetacije radi određivanja

vrsta koje je potrebno mehanički sijati ili saditi kako bi se osigurala njihova prisutnost u obnovljenim močvarnim ekosustavima odnosno određivanja vrsta čija odsutnost ne bi ugrozila funkcioniranje i opstojnost ekosustava [4].

### **Uspostavljanje/osiguravanje režima održavanja močvare**

Uslijed dugotrajnog ljudskog korištenja močvara u prošlosti, prije svega košnje i ispaše stoke, ekosustavi su se prilagodili takvom obliku korištenja i postali ovisni o njemu. Budući da pojedine vrste životinja, primjerice guske, ovise o košnjom ili ispašom održavanoj niskoj vegetaciji, uspješnost obnove močvarnih ekosustava ovisit će o osiguravanju režima košnje/ispaše definiranom na temelju prethodno provedenih ekoloških studija [4].

#### **1.7.1.6 Održavanje mjere**

S obzirom na specifičnost i osjetljivost močvarnih ekosustava, praćenje stanja močvare nakon obnove ne bi trebalo biti kraće od deset godina. To je posebice važno s obzirom na dugo razdoblje potrebno za rast i razvoj vegetacije [11]. Kako bi se održala funkcionalnost močvara u pogledu smanjenja opasnosti i rizika od poplava, neophodno je provoditi redovite mjere pregleda stanja i održavanja što predstavlja bitan element svakog projekta revitalizacije.

Na strukturu, funkcioniranje i na dugovječnost močvarnog područja uvelike utječe njegova lokacija i hidrološko stanje (ulaz i izlaz površinske vode, razina podzemne vode, vrijeme zadržavanja vode i trajanje zasićenosti tla). Nakon što se močvara obnovi, bit će potrebno njezino redovito održavanje, uključujući pregled i popravak građevinskih objekata ukoliko postoje, kontrolu invazivnih vrsta, održavanje vegetacije te iskop istaloženog sedimenta ako dolazi do zapunjavanja močvare.

Za utvrđivanje utjecaja implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa. Budući da obnova močvare u različitim fazama može uključivati transplantaciju materijala (tla) i kolonizaciju flore iz očuvanih dijelova močvare ili obližnjih močvara, osobito je važno u narednim godinama pratiti razvoj vegetacije te poduzeti izvanredno sijanje ili presađivanje ukoliko se projektom planirana obnova vegetacija pokaže neuspješnom.

U situacijama kada su močvare okružene poljoprivrednim i izgrađenim površinama, bit će povećan pritisak na osjetljive autohtone vrste, povećana vjerojatnost širenja invazivnih vrsta kao i dotoka polutanata u močvare s tih površina. Stoga je močvarnu vegetaciju potrebno pratiti kako bi se na vrijeme prepoznali i spriječili nepoželjni procesi [10].

Za održavanje močvarnog područja je moguće razmotriti i dopuštanje tradicionalnog ekstenzivnog stočarstva koje se smatra održivim načinom korištenja močvarnog područja budući da stoka ispašom i gaženjem sudjeluje u održavanju vegetacije [8].

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja

njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.7.1.7 Troškovi izgradnje

S obzirom na to da je obnova močvarnih područja mjera koja se sastoji od velikog obima radova, veliki su i troškovi provođenja projekta.

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 84) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 84) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice Standardna kalkulacija radova u vodoizgradnji).

Tablica 84. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Uređenje korita i obala	m <sup>3</sup>
2.3	Uklanjanje elemenata postojeće sive infrastrukture poput nasipa (po potrebi)	m <sup>3</sup>
2.4	Uređenje lokacije za zbrinjavanje iskopanog sedimenta	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sijanje trave	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
3.3	Nabava i sadnja grmlja	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere obnove močvara čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje

troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi. Ukoliko se projektno područje koristi u poljoprivredne, privatne svrhe, potreban je njegov otkup. Troškovi otkupa ovise o cijeni zemljišta na pojedinom području i mogu jako varirati, a bit će značajno manji ako je projektno područje u državnom vlasništvu jer u tom slučaju nije potreban njegov otkup. Kako bi se povećao broj sličnih održivih projekata s brojnim benefitima, puno se pažnje pridaje informiranju javnosti i potrazi za dionicima pa su prisutni troškovi promotivnih materijala, radionica i konferencija [1,2].

Radi uvida u moguće očekivane ukupne troškove obnove močvare, prosječan trošak izračunat je na temelju više projekata koji su provedeni na području EU, a za koje su dostupni iznosi troškova otkupa i kompenzacije, ali ne i troškovi izgradnje i obnove. Radi se o pet projekata obnove od kojih je jedan proveden u alpskom području u Švicarskoj, Austriji, Italiji, Francuska i Njemačkoj, zatim jedan projekt u Škotskoj i jedan u Danskoj te dva projekta u Belgiji. Prosječan trošak radova na obnovi močvara prema podacima za navedene projekte iznosi oko 13.300 €/ha [2].

U drugoj literaturi navedeni su troškovi otkupa zemljišta koji iznose od 1.210 €/ha, troškovi istraživačkog rada i izrade studija od 16.000 do 600.000 € po studiji i dodatni troškovi od po nekoliko tisuća do 500.000 € [1].

### 1.7.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 85) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 85) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 85. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje niskog raslinja i grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>

1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Troškovi održavanja ovise o lokaciji i aktivnostima održavanja močvarnog područja. U nekim slučajevima potrebna je samo košnja i planska ispaša dok je u drugima potrebno održavanje građevinskih konstrukcija [1]. Kao okvirna procjena reda veličine takvog troška mogu se u obzir uzeti podaci o troškovima provedenog projekta u Francuskoj, gdje godišnji trošak održavanja iznosi oko 350 €/ha [2].

## 1.7.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.7.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute štete na materijalnim dobrima i od izbjegnute štete zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute štete u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 86) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [8], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.



**Tablica 86. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	Budući da obnova močvara često podrazumijeva povećanje efektivne površine pod vodom, one postaju recipijenti površinskog otjecanja sa sliva uslijed čega se smanjuje ukupno površinsko otjecanje sa sliva. Utjecaj na usporavanje otjecanja je manji budući da se močvare već nalaze na zaravnjenim terenima pa je i samo otjecanje na njima razmjerno sporo.
kapacitet (volumen) močvare za skladištenje vode	Obnovljene močvare imaju značajan kapacitet za prihvat i skladištenje vode tijekom poplavnih događaja. Taj će kapacitet ovisiti o veličini močvarnog područja.
smanjenje brzine toka	Budući da se tijekom visokog vodostaja voda iz vodotoka prelijeva u močvarna područja, time se smanjuje količina vode u koritu koja direktno utječe na brzinu toka. Tijekom nižih vodostaja, močvara relativno sporo ispušta vodu u vodotok čime održava protok i brzinu toka u vodotoku.
povećanje evapotranspiracije	Velika plitka površina vode u toplim se uvjetima brže zagrijava čime se povećava njena evaporacija. Kada se močvare obnavljaju na nekadašnjim poljoprivrednim zemljištima, močvarna vegetacija imat će veće transpiracijske vrijednosti od većine poljoprivrednih kultura.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Močvare obilježava intenzivna razmjena vode s podzemnim vodonosnicima. Međutim, hoće li doći do povećanja infiltracije u tlo i prihrane podzemne vode ovisi prije svega o dubini podzemne vode. Kada je ono dublje, tada su i procjeđivanje i prihrana podzemnog vodonosnika veći. Kada je vodno lice pak plitko, močvara se prihranjuje iz podzemnog vodonosnika.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Močvarna tla uslijed predogenetskih procesa uzrokovanih prisutnošću vode i korijenskog sustava močvarnih biljaka obilježava povećan kapacitet za zadržavanje vode što je važna karakteristika u sušnim uvjetima jer omogućuje opstanak močvarne vegetacije.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### 1.7.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 87) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [1, 12, 13], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog

stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 87. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav, brojnost i biomasa fitoplanktona	Revitalizacijom močvara i vraćanjem stanišnih uvjeta na razine prije značajnijih antropogenih aktivnosti odgovornih za degradirano stanje, može se očekivati poboljšanje bioloških elemenata kakvoće i općenito poboljšanje stanja močvarnog i povezanog riječnog ekosustava.
1.2. sastav i brojnost ostale vodene flore	
1.3. sastav i brojnost makrozoobentosa	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>vrijeme zadržavanja</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Budući da obnovom močvare dolazi do uklanjanja sloja sedimenta, vraća se prvotna morfologija dna sa svojim undulacijama (osim ako je projektom drukčije određeno) te se općenito povećavaju varijacije dubine močvare. Uspostavljanje prirodnog režima pronosa nanosa iz močvare u povezne vodotoke pozitivno se utječe i na njihove hidromorfološke elemente.
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije dubine jezera</li> <li>količina, struktura i sediment dna jezera</li> <li>struktura obale jezera</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Obnovom močvara smanjuje se količina sedimenta dna. Na taj se način smanjuju količina hranjivih tvari i proizvodnja organske tvari što se održava kroz povećanje prozirnosti vode i unaprjeđuje režim kisika. Primjenom riparijske vegetacije na obalama smanjuje se donos onečišćujućih tvari površinskim otjecanjem s okolnih površina u močvaru.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.–2021. (NN 66/16), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC

troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [14].

Budući da se implementacijom mjere obnove močvara mogu očekivati i značajni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.7.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 88) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [1, 15, 16, 17], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 88. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Budući da se obnovom vraćaju močvarni ekosustavi koji su često isušivani i zatrpani sedimentom radi dobivanja poljoprivrednih površina, ova mjera može značajno doprinijeti raznolikosti staništa i vrsta. Naime, za razliku od u pogledu bioraznolikosti relativno siromašnih agrarnih površina, močvare su staništa za niz biljnih i životinjskih vrsta. Posebice su važne za ptice močvarice, a nastanjuju ih i ribe, gmazovi, vodozemni te brojni beskralješnjaci. Močvare se mogu koristiti i za održivi ribolov dok se močvarne biljke mogu se koristiti za presađivanje pri implementaciji ove i drugih mjera zelene infrastrukture.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Močvarna flora putem fotosinteze pohranjuje značajne količine ugljikovog dioksida iz atmosfere u močvarnim tlima. Pritom slatkovodne močvare pohranjuju veće količine ugljika od slanih močvara. Osim sekvenciranja ugljika, močvare doprinose i smanjenju negativnog vizualnog doživljaja krajobraza koji je posljedica zapuštenog terena ili monotonih oblika korištenja zemljišta.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	S obzirom na to da se močvare nalaze na relativno ravnim terenima, erozija na njima nije značajna iako fluvijalni procesi u dugoročnoj perspektivi mogu uzrokovati značajnije promjene u topografiji. Močvare u tom pogledu imaju ublažavajući karakter budući da povećavaju hrapavost terena i usporavaju kretanje vode koje je ključni agens erozije. S druge strane, močvare mogu imati izniman utjecaj na ublažavanje učinaka poplava akumulirajući velike količine vode iz povezanih vodotoka.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Močvare su, uz kišne tropske šume i koraljne grebene, među najproduktivnijim ekosustavima na Zemlji. Pružaju važna staništa i obitavališta za velik broj ptica, vodenih organizama i kukaca koji značajno doprinose rasprostranjenju sjemenki i oprašivanju. Osim toga, močvare osiguravaju skloništa i staništa za razmnožavanje i rast niza biljnih i životinjskih vrsta.
2.2.5. svojstva vode	Močvarna vegetacija regulira pronos polutanata i nutrijenata s okolnih površina u nizvodne vodotoke održavajući na taj način kakvoću vode.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Močvarna vegetacija vežu ugljikov dioksid iz zraka i vode, doprinosi smanjenju dnevnih fluktuacija temperature te povećava vlažnost zraka u lokalnim razmjerima.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Močvare su iznimno vrijedna i bogata staništa brojnih biljnih i životinjskih vrsta zbog čega su ta područja iznimno atraktivna u turističkom pogledu i omogućuju raznolike interakcije s prirodnim okolišem. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Površinska voda iz močvarnih područja podložna je prirodnim mehanizmima autopurifikacije uslijed čega se može koristiti kao resurs za navodnjavanje u poljoprivrednoj proizvodnji.
4.2.2. podzemna voda za prehranu, materijale ili energiju	Močvare imaju intenzivnu interakciju s podzemnim vodonosnikom te se iz njega prihranjuju u vlažnim, a prihranjuju ga u sušnim razdobljima. Na taj način doprinose dostupnosti podzemne vode za piće i druge svrhe.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla neživim procesima	Močvare primaju, uklanjaju iz hidrološkog ciklusa i pohranjuju otpadne i toksične tvari koje u njih dospiju s površinskim otjecanjem i oborinama.
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	S obzirom na to da močvare obilježava velika hrapavost terena i sporo tečenje vode, ne reguliraju tokove krutih tvari i tekućina te dovode do njihovog pohranjivanja na dnu močvare.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Močvarna područja geomorfološki nisu značajnije diversificirana, no izmjena vodenih i kopnenih dijelova doprinosi atraktivnosti krajobraza te omogućuje raznolike interakcije s prirodnim okolišem. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.7.3 Primjer mjere

#### 1.7.3.1 Obnova močvarnog područja u regiji Dümmer u sjeverozapadnoj Njemačkoj

Šire područje oko jezera Dümmer u istoimenoj regiji u Donjoj Saskoj u sjeverozapadnoj Njemačkoj jedan je od močvarama najbogatijih dijelova Njemačke. Tijekom 20. stoljeća došlo je do promjena u hidrografiji, a 1953. godine izgrađen je nasip oko jezera kojim je spriječeno redovito izlivanje vode iz jezera na okolne livade. To je dovelo do postupnog sušenja močvara i nestanka staništa za broje životinjske i biljne vrste, od koji su osobito značajne ptice močvarnih i travnjačkih staništa. Isušivanje je također potaknulo širenje poljoprivrednih površina koje su imale dodatni nepovoljan utjecaj na staništa [18].

Prvi projekt obnove („Rewetting of the western Dümmer fen area“) proveden je u razdoblju 1998.–2000. godine u južnom dijelu regije u okviru LIFE programa financiranog sredstvima EU. Potom je u razdoblju 2002.–2007. godine proveden i drugi LIFE projekt obnove pod istim nazivom. Cilj projekata bio je obnova vlažnih travnjaka i močvara na površini od 4.500 ha koje je proglašeno područje ekološke mreže NATURA 2000 važno za ptice. Ukupna vrijednost projekta iznosila je oko 3.000.000 € [18].

Projektom su otkupljena privatna zemljišta površine oko 175 ha u zapadnom dijelu Dümmer regije. Na ukupnoj projektnoj površini izvedena je mreža odvodnih kanala u



duljini od 43,5 km koja je omogućila kontroliranje hidrološkog režima u obnovljenom močvarnom području. Potkraj 2006. i početkom 2007. godine provedeno je upuštanje vode na 1.200 ha travnjaka. Hidrološki režim karakterizira plitka voda u zimskim mjesecima koja se polagano povlači s dolaskom ljeta omogućavajući poljoprivredno korištenje livada i pašnjaka [18]. Močvarno područje prikazano je na slici u nastavku (Slika 37).



Slika 37. Močvarno područje u regiji Dümmer 2016. g. [19]

Radi osiguravanja tradicionalnih močvarnih staništa i zajednica, obnovljen je povijesni režim korištenja prostora koji je uključivao košnju trave i ispašu stoke. Na taj se način kontrolira visina močvarne vegetacije što je od iznimnog značaja za ptičje zajednice koje koriste vlažne travnjake za gniježđenje. Ekološka istraživanja pokazala su da bi bez tog režima došlo do prirodne sukcesije i zarastanja travnjaka u guste šume johe (*Alnus* sp.) [18].

Praćenje stanja u kasnijim godinama projekta i neposredno nakon njegova završetka pokazalo je da su mnoge ptičje vrste ponovno počele koristiti ovo močvarno područje za gniježđenje i prezimljavanje, uključujući i neke vrste koje nisu bile zabilježene desetljećima [18].

#### 1.7.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] *Wetland restoration and management*, NWRM, Valbonne, 2014.,  
<http://nwrn.eu/measure/wetland-restoration-and-management>

[2] *Green Infrastructure and Flood Management, Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions*, EEA Report No 14/2017, European Environmental Agency, Luxembourg, 2017.

- [3] Tórizs, I. (2005): Kopački rit, <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/6tyuk.jpg> (pristupljeno 26. srpnja 2022.)
- [4] Zedler, J. (2000): Progress in wetland restoration ecology, *Trends in Ecology and Evolution* 15 (10), 402-407
- [5] *Green infrastructure, Guide for water management, Ecosystem-based management approaches for water-related infrastructure projects*, UNEP, 2014.
- [6] Spieles, D. (2022): Wetland Construction, Restoration, and Integration: A Comparative Review, *Land* 11 (4), članak 554 (1-22)
- [7] Peters, M. i Clarkson, B. (ur.) (2010): *Wetland Restoration: A Handbook for New Zealand Freshwater Systems*, Manaaki Whenua Press, Lincoln.
- [8] *Natural Flood Management Handbook*, Scottish Environment Protection Agency, Stirling, 2015.
- [9] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [10] Wenzel, T., Shaw, D., Hedtke, J., Luniewski, J., Mohring, E., Norris, D., Powell, K., Strojny, C. (2012): *Minnesota Wetland Restoration Guide*, Minnesota Board of Water and Soil Resources, St. Paul
- [11] Stelk, M., Christie, J., Weber, R., Lewis, R., Zedler, J., Micacchion, M., ... Merritt, J. (2017): *Wetland Restoration: Contemporary Issues and Lessons Learned*, Association of State Wetland Managers, Windham
- [12] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [13] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [14] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [15] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis Consulting Ltd., Nottingham
- [16] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [17] *Green Infrastructure and Flood Management: Promoting cost-efficient flood risk reduction via green infrastructure solutions*, EEA Report No. 14/2017, European Environment Agency, Luxembourg, 2017.
- [18] Silva, J., Phillips, L., Jones, W., Eldridge, J., O'Hara, E. (2007): *LIFE and Europe's wetlands: Restoring a vital ecosystem*, European Communities, Bruxelles
- [19] Buendia22 (2016): NSG Dümmer, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NSG\\_D%C3%BCmmer\\_DSC\\_0259.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NSG_D%C3%BCmmer_DSC_0259.jpg) (pristupljeno 28. srpnja 2022.)

## 1.8 Šumski pokrivač u izvorišnim područjima

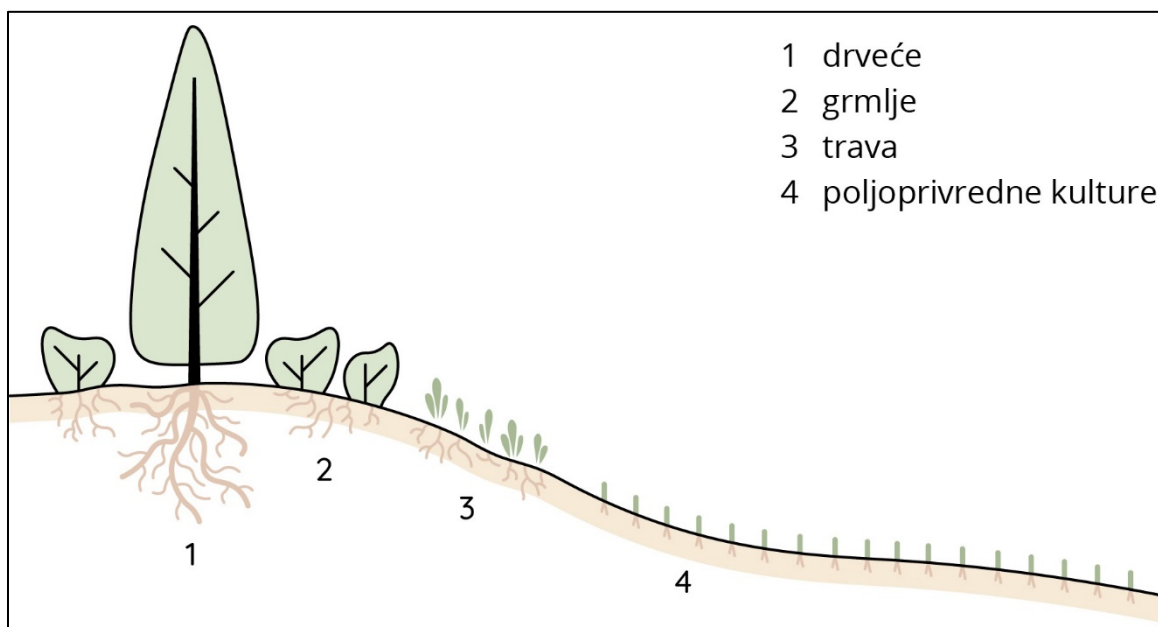
Izvorišna područja su visinski najviši i često reljefno najraščlanjeniji dijelovi sliva u kojima se formiraju vodotoci (Slika 38). Imaju vitalno značenje za hidrološki ciklus budući da na njima dolazi do značajne prihrane površinskih tokova i podzemnih voda iz oborina te formiranja vodotoka [1]. Vodotoci se u izvorišnim područjima formiraju iz izvora iz kojih na površinu istječe podzemna voda ili sakupljanjem oborinske i vode nastale otapanjem snijega ili ledenjaka [2]. Potonji su često periodični ili povremeni vodotoci koji se javljaju u vlažnom dijelu godine ili tijekom oborinskih događaja. Sukladno reljefnim obilježjima i značajnoj ovisnosti o oborinama, vodotoke u izvorišnim područjima općenito karakterizira brži i nepredvidljiviji tok vode od vodotoka u nizvodnim područjima [3]. U hidromorfološkom smislu, takvi vodotoci imaju značajno fluvioerozijsko djelovanje te transportiraju erodirani materijal u nizvodne dijelove gdje uslijed smanjenog nagiba dolazi do smanjenja brzine toka i taloženja nanosa [4, 5].



Slika 38. Longitudinalna sekvenca zona rijeke

Budući da se izvorišna područja najčešće javljaju na terenima većeg nagiba padina, uslijed gravitacijskog utjecaja dolazi do slabog zadržavanja vode i značajnog površinskog otjecanja sa sliva. Odnos površinskog otjecanja i procjeđivanja u podzemlje u tim će uvjetima bitno ovisiti o vegetacijskom pokrovu koji značajno doprinosi hrapavosti terena, stabilnosti tla, njegovom kapacitetu za upijanje vode te reguliranju vlažnosti tla. Naime, vegetacijski pokrov povećava hrapavost terena smanjujući tako brzinu površinskog otjecanja uslijed čega dolazi do većeg procjeđivanja u podzemlje i prirodnog zadržavanja vode [6]. Uz to, sustav korijenja učvršćuje tlo na padinama i smanjuje bujično površinsko otjecanje te tako povećava njegovu otpornost na eroziju, a može doprinijeti i smanjenju

opasnosti od klizanja i tečenja tla [1, 6, 7]. Pritom najveći učinak na stabilnost tla ima korijenje drveća dok je učinak grmovite i posebice travnate vegetacije (*Poaceae* sp.) na stabilnost tla manji, a najmanji je na padinama bez stalnog vegetacijskog pokrova kao što su oranice [7]. Vrste vegetacije prihvatljive za učvršćivanje tla ovisno o položaju na padini prikazane su na slici u nastavku (Slika 39).



**Slika 39. Vrste vegetacije prihvatljive za učvršćivanje tla ovisno o položaju na padini**

Iako zbog zahtjevnijih reljefnih uvjeta izvorišna područja obično obuhvaćaju šumske i/ili pašnjačke ekosustave koji se koriste ekstenzivno [1], poznata su i izvorišna područja koja se koriste za ratarstvo, na kojima poljoprivrednici često kopaju jarke za odvodnjavanje oborinske vode kojima se prikuplja i usmjerava oborinska voda, smanjuje procjeđivanje u podzemlje, a povećava površinsko otjecanje [4, 8]. To može povećati nepovoljne učinke tijekom intenzivnih oborina u vidu povećanog poplavnog vala u nizvodnim dijelovima toka. S druge strane, uslijed nagiba terena intenzivne oborine imaju veće erozivno djelovanje na oranicama zbog male gustoće kultivirane vegetacije ili njenog potpunog nedostatka u vlažnom, zimskog razdoblju, koja nedostatno stabilizira padine [7]. Povećano erozivno djelovanje uslijed ratarskih kultura na padinama posebno je problematično s obzirom na to da su erodirane površine podložnije daljnjoj eroziji od onih koje nisu erodirane.

Pošumljenost izvorišnih područja ima pozitivne učinke na količinu i kvalitetu vode te ima vitalno značenje za vodoopskrbnu funkciju. Budući da površine pod prirodnom vegetacijom, poput šumskih površina, nisu izložene značajnim antropogenim utjecajima, sadržaj organske tvari u njima je visok i stalan zbog čega se takva tla ponašaju poput „spužvi“ koje pohranjuju vodu za vrijeme velikih oborina, sporo je otpuštajući u sušnim periodima [1]. Na taj način pošumljena izvorišna područja akumuliraju vodu tijekom vlažnog razdoblja te podižu količine otjecanja tijekom sušnog razdoblja [3]. Važnost ove funkcije će samo rasti uslijed klimatskih promjena budući da se predviđa smanjenje količine oborina i povećanje broja intenzivnih oborinskih događaja [9]. Osim toga, smanjenje brzine



tečenja uslijed hrapavosti terena smanjuje i količinu nošenog sedimenta uključujući polutante dok organske tvari u šumskom tlu vežu metale i organske polutante, čime se povećava kvaliteta vode koja otječe u nizvodna, naseljenija područja te se smanjuju troškovi pročišćavanja vode [6].

Važna je uloga šumskog pokrivača u reguliranju vlažnosti tla što posebice dolazi do izražaja u slučaju ekstremnih oborina kad zbog manje vlažnosti tla tlo ima veći kapacitet za zaprimanje i retenciju oborinske vode [10]. Tome doprinose povećane intercepcija i evapotranspiracija kojima se dio oborine vraća u atmosferu umjesto da sudjeluje u otjecanju. Opisani učinci šumskog pokrivača jasno pokazuju zašto je održavanje šumskog pokrivača u izvorišnim područjima jedna od esencijalnih mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava. Iako se ne može očekivati da će šumski pokrov spriječiti pojavu poplava na velikim slivovima ili poplave s dugim povratnim periodom, njegovo djelovanje može znatno smanjiti negativne učinke manjih i srednjih poplava na slivovima malog i srednjeg mjerila [1, 10].

Kod pošumljavanja je važno uračunati vrijeme koje mora proći između sadnje drveća i njegova sazrijevanja kada će očekivani učinak šumskog pokrivača biti maksimalan [6]. Upravo je iz tog razloga potrebno održavanje postojećih šumskih pokrivača odnosno poticanje istog ako se on nalazi na privatnom zemljištu u izvorišnom području. S druge strane, povoljni učinci u smanjenju opasnosti od poplava bit će značajniji i vidljiviji u nizvodnom području. Ulaganje u pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača u izvorišnim područjima dugoročno može dovesti do značajnih ušteda u vidu troškova za gradnju i održavanje sive, odnosno klasične infrastrukture za obranu od poplava u nizvodnim područjima. To je posebice značajno u gradovima smještenim nizvodno gdje su količina i gustoća stanovništva i imovine ugroženih poplavama kao i vodoopskrbne potrebe znatno veće nego u ruralnim područjima [11].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.8.1 Tehnički opis

### 1.8.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u izvorišnim područjima.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 89) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u izvorišnim područjima. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti



vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostornom kontekstu implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 89. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalni ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• pedološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama i šumsko-gospodarski planovi
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se na arealu izvorišnog područja. Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 90).

**Tablica 90. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i općenitih mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene izvorišnog područja te u svrhu određivanja povezanosti površinskih i podzemnih voda.

**vrste potrebnih istražnih radova****geomehanički istražni radovi**

Provede se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na izvorišnom području, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja te laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tijekom terenskih istražnih radova.

**biološki istražni radovi**

Budući da provedbom mjere dolazi do promjene postojećih stanišnih uvjeta i razvoja šumskih staništa, biološka istraživanja potrebno je provesti s ciljem utvrđivanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznolikosti područja, kako bi se moglo zaključiti hoće li implementacijom mjere doći do gubitka vrijednih prirodnih staništa i staništa ugroženih vrsta.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u izvorišnim područjima potrebno je provesti hidrološke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 91) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 91. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	obuhvatiti čitavo izvorišno područje kao i širi pojas koji ga okružuje
svojstva i parametri temeljnog tla	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerena na slivu na kojem se implementira mjera) i snježnom pokrivaču	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
vrsta slivne površine, odnosno vegetacijskog pokrivača tla	podaci o koeficijentu otjecanja u ovisnosti o vrsti slivne površine i vegetacijskom pokrivaču tla

**Proračuni**

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 92). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 92. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun otjecanja sa sliva razmatranog područja za postojeće i buduće stanje;</li> <li>analiza utjecaja provedbe mjere na formiranje vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. u nizvodnom području;</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>ukoliko mjera utječe na protočni profil vodotoka, potrebno je izraditi dinamičku analizu transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja mjere na razine vodnih lica i protoka u vodotoku za srednje protoke kao i prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja)</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti tla na lokaciji zahvata</b>
Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je provesti: <ul style="list-style-type: none"> <li>geotehnički proračun – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti tla uslijed povećanja infiltracije oborinske vode (povećanje infiltracije dovodi do promjene razine podzemne voda koja onda uzrokuje promjenu efektivnih naprezanja i moguću pojavu nestabilnosti tla);</li> <li>analizu globalne stabilnosti lokacije implementacije mjere uslijed infiltracije oborinskih voda.</li> </ul>

Prilikom planiranja pošumljavanja izvorišnog područja u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na pojavnost i intenzitet oborina koje sudjeluju u površinskom otjecanju sa sliva.

Općenito se proračunima treba utvrditi sadašnji koeficijent otjecanja sa izvorišnog područja te očekivana promjena provedbom mjere. Također je potrebno utvrditi sadašnje stanje izloženosti izvorišne zone eroziji i očekivane promjene. Uobičajeno je koristiti modele koji se kalibriraju prema zabilježenim mjeranjima na nizvodnim hidrološkim postajama te se zatim na modelima koji približno odgovaraju prirodnim uvjetima provodi simulacija utjecaja pošumljavanja.

### 1.8.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača u izvorišnim područjima moguće je provesti na terenima različitog oblika korištenja zemljišta. Poljoprivredne površine uključujući travnjake, pa čak i izgrađene zone, u izvorišnim područjima mogu se prenamijeniti i pošumiti kako bi se potaknuli i koristili povoljni učinci šumskog pokrivača na hidrološki ciklus. U već pošumljenim izvorišnim područjima, uključujući privatne šume, može biti potrebno održavanje šumskog pokrivača u svrhu održavanja povoljnih učinaka na hidrološki ciklus. Pritom treba uzeti u obzir da nasadi mogu imati manje učinke od poluprirodnih i prirodnih šuma [1].

Nisu definirani ograničavajući faktori za primjenu ove mjere s obzirom na veličinu sliva iako se očekuje da će učinci biti značajniji na slivovima većim od 1 km<sup>2</sup>. Naime, svaki sliv manji od 1 km<sup>2</sup> obično je izvorišno područje, a tek na većim slivovima dolazi do funkcionalno smislene podjele na izvorišno i nizvodno područje. Na većim slivovima tipično će postojati više izvorišnih područja za glavni vodotok i pritoke. Povoljni učinci na hidrološki ciklus na

slivu će u tom slučaju biti osigurani ako se posadi odnosno održava ova mjera za značajan dio izvorišnih područja u tom porječju. Općenito, što je površina izvorišnog područja veća, to će koristi od njegove pošumljenosti biti veći u nizvodnim predjelima [1].

Provedba pošumljavanja izvorišnih područja kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim izvorišnim područjima i potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.8.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 93 do Tablica 95) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i projektiranja mjere sadnje i održavanja šumskog pokrivača u izvorišnim područjima.

**Tablica 93. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Pošumljavanjem područja dolazi do povećanja hrapavosti i smanjenja brzine tečenja vode po površini terena. Time dolazi i do smanjenja količine sedimenta koji nastaje tijekom erozijskog djelovanja vode, pronosi se i taloži na neželjenim mjestima na slivu te može uzrokovati poplave nizvodno.
hidrološki režim površinskog toka	Implementacijom mjere dolazi do povećanja intercepcije, infiltracije i evapotranspiracije oborinske vode, odnosno zadržavanja vode u uzvodnom području čime se štiti nizvodno područje od poplava.
hidrološki režim podzemnih voda	Sustav korijenja povećava propusnost tla i poboljšava infiltraciju vode u podzemlje, čime dolazi do punjenja vodonosnika i pozitivnih učinaka na količinu i kvalitetu vode na izvoru.

**Tablica 94. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi funkcionalnost vodotoka u smanjenju opasnosti od poplava. Do promjene kapaciteta može doći uslijed zaraštenosti poprečnog profila te posljedično hrapavosti korita. Primjerice, povećanje hrapavosti korita vodotoka sadnjom vegetacije može uzrokovati smanjenje efikasnog kapaciteta i povišenje vodnog lica.

**Tablica 95. Oblikovni i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib terena	Sustav korijenja učvršćuje tlo na padinama i smanjuje površinsko otjecanje te tako povećava njegovu otpornost na eroziju, a može doprinijeti i smanjenju opasnosti od nastanka klizišta.
geološka podloga i značajke tla	Važan parametar o kojem ovisi učinkovitost vegetacije na hidrološke prilike oko izvorišta. Količina infiltrirane vode u podzemlje ovisi o tlu i njegovoj moći upijanja.

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
hrapavost terena	Povećanjem hrapavosti terena, u ovom slučaju pošumljavanjem područja, smanjuje se brzina i transportna moć površinskog otjecanja, što doprinosi smanjenju vjerojatnosti od pojave poplava na nizvodnom području.
vrsta drveća	U izboru vrsta drveća za pošumljavanje treba uzeti u obzir da listače generalno imaju veće krošnje od četinjača što povećava intercepciju i transpiraciju. Nadalje, na odabir vrsta utječe i korijenski sustav stabala. Potrebno je odabrati vrste s razgranatim i čvrstim korijenskim sustavom jer korijenje stabilizira tlo i povećava infiltraciju oborinske vode u podzemlje. Naglasak treba biti na autohtonoj vegetaciji tipičnoj za područje implementacije mjere.

### 1.8.1.4 Ekološki aspekti mjere

Izvorišna područja su ključna za održavanje strukture, funkcije, produktivnosti i kompleksnosti nizvodnih ekosustava [1]. Uslijed reljefne raznolikosti, prisutnosti trajnih i povremenih vodotoka, te nerijetko mozaika vegetacijskog pokrova, izvorišna područja često obuhvaćaju različita kopnena, vodena i riparijska staništa. Šume pružaju stanište brojnim životinjskim vrstama, kako kralješnjacima, tako i beskralješnjacima [11]. Uz to, stabilizacijom tla putem sustava korijenja, šumski pokrivač sprječava eroziju tla i na taj način facilitira njegovu ekološku funkciju u vidu pružanja staništa za biljne i gljivlje vrste.

Otpalo lišće i drugi drvenasti ostaci kao i organski otpad (ostaci uginulih organizama) koji dospiju u vodotoke ulaze u hranidbene mreže gdje se oslobađaju, transformiraju i pohranjuju nutrijenti, a potencijalni polutanti uključujući lešine u razgradnji kao i umjetna zagađivala, pretvaraju se u manje štetne tvari koje se dalje transportiraju nizvodno. Takva uloga vodotoka u izvorišnim područjima je naročito važna u jesenskom razdoblju jer sprječava nagli dotok nutrijenata (posebice u vidu otpalog lišća) u nizvodne dijelove vodotoka ili povezane stajaće vode. Tamo bi oni, naime, mogli dovesti do bujanja algi i eutrofikacije što bi moglo rezultirati pojavom hipoksičnih uvjeta u kojima brojni vodeni organizmi ugibaju [12,13].

Povećanjem hrapavosti terena smanjuje se brzina i transportna moć površinskog otjecanja što se izravno očituje u smanjenju količine sedimenta koji završi u vodotoku odakle se dalje transportira nizvodno gdje može dovesti do zapunjavanja korita i povezanih stajaćica te negativno djelovati na njihove vodene ekosustave. Naime, suspendirani sediment povećava mutnoću vode smanjujući tako dotok Sunčeve svjetlosti nužne za razvoj i opstanak vodene vegetacije. S druge strane, taloženje sedimenta na dno zapunjava šupljine koje predstavljaju stanište nekih manjih vodenih organizama te dovodi do gušenja ikre i manjih organizama koji sačinjavaju bazu hranidbenih mreža [12].

U tom pogledu, znanstvenici naglašavaju kako će zdravlje nizvodnih ekosustava kao i kvaliteta vode nizvodno u vodonosniku i površinskim vodenim tijelima koja se koristi za vodoopskrbu, navodnjavanje i druge društvene svrhe direktno ovisiti o očuvanju i zaštiti vodotoka u izvorišnom području [13]. Mnogi veliki gradovi u Sjevernoj Americi i Europi su prepoznali važnost izvorišnih područja za njihovu vodoopskrbu te su otkupili zemljište u izvorišnim područjima na kojima štite i održavaju vodotoke i šumski pokrivač [11].



### 1.8.1.5 Vrste radova

Mjera pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u izvorišnim područjima najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- pošumljavanje;
- uspostavljanje pošumljenih buffer zona oko vodotoka;
- održavanje postojećeg šumskog pokrivača.

#### Pošumljavanje izvorišnog područja

Pošumljavanje se provodi u deforestiranim i izvorišnim područjima koja nisu pod šumom već drugim oblicima korištenja zemljišta, a mogu podržati šumsku vegetaciju. Ovisno o stanju i načinu korištenja zemljišta te ciljevima obrane od poplava, u pojedinim izvorišnim područjima reforestaciju je moguće planirati i putem prirodne obnove šumskog pokrivača, posebice nakon požara [6]. U slučajevima kad se šumski pokrivač u izvorišnim područjima nalazi na privatnom zemljištu, opcije uključuju otkupljivanje zemljišta ili poticanje vlasnika zemljišta na pošumljavanje. Ovisno o ekonomskom aspektu, pošumljavanjem se mogu podići šumske kulture, intenzivne kulture ili šumske plantaže [14]. Pri odabiru prikladnog oblika pošumljavanja treba voditi brigu o tome kako svaki od njih utječe na definirane ciljeve pošumljavanja s obzirom na upravljanje vodama. Zbog prirodnosti i najvećih mogućnosti pružanja stanišnih uvjeta preporučuje se osnivanje šumskih kultura.

Ostvarivanje protuerozijske i vodozaštitne funkcije pošumljavanjem izvorišnog područja ovisi o geološkim, geomorfološkim i pedološkim značajkama terena, klimatskim obilježjima te vegetaciji [15]. Pošumljavanje izvorišnog područja uključuje pripremu tla za pošumljavanje (rahljenje), odabir prikladnih biljnih vrsta, sadnju, njegu sadnica koja ovisno o odabranim vrstama može uključivati malčiranje, navodnjavanje i monitoring zdravlja biljaka te potencijalno uklanjanje invazivnih vrsta. Pošumljavanje se obično provodi u jesenskim mjesecima. U idealnom slučaju, u pošumljavanju će se koristiti autohtone vrste drveća koje su identificirane kao robusne na potencijalne učinke klimatskih promjena [1, 16]. K tome, pošumljavanje vrstama prilagođenim lokalnim klimatskim i hidrološkim karakteristikama može doprinijeti predviđanju promjena u obnavljanju podzemnih voda u vodonosniku [6].

U izboru vrsta drveća za pošumljavanje treba uzeti u obzir da listače generalno imaju veće krošnje od četinjača što povećava intercepciju i transpiraciju [17]. Međutim, učinak na ta dva procesa također značajnije varira kod listača tijekom godine budući da su tijekom dijela jesenskog i proljetnog te cijelog zimskog razdoblja one bez lišća što znatno smanjuje intercepciju i transpiraciju, posebice kad je to vlažniji dio godine. U projektiranju će stoga izbor vrsta, osim o geološkoj osnovi i klimatskim uvjetima, ovisiti i o željenom učinku intercepcije i transpiracije.

Ovisno o klimatskim uvjetima, primjena ove mjere, uključujući odabir vrsta za pošumljavanje, treba uvažiti kapacitete sastavnica šumskog ekosustava za akumulaciju oborinske vode odnosno njeno izuzimanje iz površinskog otjecanja tijekom oborinskih događaja. Tako vegetacija, ovisno o vrstama i gustoći, može zadržati između 3 i 7 mm oborine dok šumsko tlo, ovisno o stupnju pedogeneze, može zadržati 2 do 10 mm oborinske vode [18].

## Uspostavljanje pošumljenih buffer zona oko vodotoka

U izvorišnim područjima koja iz socioekonomskih razloga u cijelosti ili djelomično ne mogu biti pošumljena, vodotoci su izloženi dotoku različitih polutanata i sedimenta s poljoprivrednih, šumouzgojnih i izgrađenih površina koji mogu utjecati na stanje korita i vodenih ekosustava. Kako bi se spriječio izravan dotok polutanata i sedimenta u vodotok te smanjila erozija njihovih obala, uspostavljaju se pošumljene buffer zone duž obje strane korita. Iako različiti oblici vegetacije mogu imati povoljne utjecaje na stabilnost obala kao i filtracijsku funkciju, oni će biti veći ako takva riparijska vegetacija uključuje biljne vrste različite gustoće, visine i veličine korijenskog sustava, odnosno drveće, grmlje, trave (*Poaceae* sp.) i cvjetnjače [13].

Veća širina buffer zone pružit će bolju filtraciju polutanata i sedimenta, stabilizaciju obala kao i važno stanište odnosno ekološke koridore za različite biljne i životinjske vrste. Na padinama većeg nagiba širina buffer zone treba biti veća nego na ravnijem terenu. Određivanje širine buffer zone u značajnoj će mjeri biti određeno vlasničkom strukturom zemljišta i mogućnostima njenog otkupa. U slučaju poticanja uspostavljanja i održavanja pošumljenih buffer zona oko vodotoka na privatnom poljoprivrednom zemljištu, program poticanja može uzeti u obzir mogućnosti održivog iskorištavanja šumskog pokrivača u toj zoni. Takav program može uz financijske poticaje uključivati i pokrivanje troškova sadnica i njege riparijske vegetacije [19].

Uspostavljanje pošumljenih buffer zona oko vodotoka uključivat će pripremu tla za pošumljavanje (rahljenje), odabir prikladnih biljnih vrsta, sadnju, njegu sadnica koja ovisno o odabranim vrstama može uključivati malčiranje, navodnjavanje i monitoring zdravlja biljaka te potencijalno uklanjanje invazivnih vrsta.

## Izvedba radova

Svi prethodno navedeni radovi predstavljaju uobičajene radove u šumskom gospodarstvu te ih je moguće izvoditi prema dosadašnjoj praksi. Posebna ograničenja izvođenja radova, specifična za konkretne lokacije implementacije mjere mogu se odrediti tijekom postupaka procjena utjecaja zahvata na okoliš i ekološku mrežu.

### **1.8.1.6 Održavanje mjere**

Nakon pošumljavanja odnosno uspostavljanja pošumljenih buffer zona, potrebno je u višegodišnjem razdoblju provoditi održavanje kojim će se osigurati da razvoj šumskog pokrivača. Budući da preživljavanje sadnica ovisi o nizu faktora, od kojih je među najvažnijima dostupnost vode korijenskom sustavu, u narednim je godinama potrebno provoditi popunjavanje sadnicama gdje je došlo do odumiranja, prorjeđivanje u dijelovima gdje gustoća sprječava optimalan razvoj sadnica, redoviti monitoring razvoja šume, detekciju štetnika (prije svega kukaca i puževa, ali i drugih životinja poput glodavaca) i pravovremeno reagiranje u otklanjanju problema. Navedeni radovi uobičajeni su u šumskom gospodarstvu.

Budući da neodržavane šume može obilježavati velika gustoća drveća, njihovo prorjeđivanje može biti potrebno kako bi se osigurao bolji rast stabala i tako brže postigli njihovi učinci po vodni ciklus i zaštitu tla (primjerice, veća krošnja implicira veću intercepciju i evaporaciju, veći korijenski sustav više stabilizira tlo) kao i osigurali manju podložnost bolestima [20]. Osim toga, održavanje treba težiti omogućavanju prirodnog pomlađivanja šumskih sastojina [15].

Održavanje šumskog pokrivača, posebice reforestiranog, treba računati i na manje predvidljive moguće rizike koji bi mogli negativno utjecati na njegovu funkciju. Takvi rizici uključuju požare, učinke klimatskih promjena, štetnike i druge [6]. Neki od tih rizika, prije svega požari i bolesti, mogu se ublažiti pristupima poput mozaične strukture šuma kojim se izmjenjuju sekcije šume različitih vrsta, gustoće i visine stabala te povremenih čistina [21].

Ukoliko se šumski pokrivač koristi i u ekonomske svrhe, primjerice za dobivanje drvne građe, održavanje treba osigurati da je iskorištavanje održivo i da ne ometa njegovu ulogu u izvorišnom području. U slučajevima kad se šumski pokrivač u izvorišnim područjima nalazi na privatnom zemljištu, opcije uključuju otkupljivanje zemljišta ili poticanje održavanja šumskog pokrivača. Kao i kod uspostavljanja pošumljenih buffer zona, program poticanja održavanja šumskog pokrivača može uzeti u obzir mogućnosti održivog njegova iskorištavanja. Takav program može uz financijske poticaje uključivati i pokrivanje troškova sadnica i njege šumske vegetacije [19].

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.8.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripreme troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 96) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 96) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice Standardna kalkulacija radova u vodogradnji).

Tablica 96. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Humusiranje	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja drveća	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u izvorišnim područjima obično će predstavljati kompenzacijski trošak. Troškovi će ovisiti o alternativnim oblicima korištenja zemljišta te o lokacijskim uvjetima. UNEP-ova procjena troškova pošumljavanja prema 127 projekata zelene infrastrukture u EU pokazala je da oni variraju između 1.200 i 2.300 € po pošumljenom hektaru [6].

### 1.8.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 97) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 67) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 97. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Rezidba drveća (po potrebi)	kom
1.2	Njega i zaštita šuma (od štetnika i bolesti)	m <sup>2</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

## 1.8.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.8.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 98) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [1], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 98. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Šumski pokrivač značajno povećava intercepciju oborina i transpiraciju te doprinosi pedogenezi uslijed koje se povećava kapacitet tla za infiltraciju vode. Sve to dovodi do smanjenja ukupnog površinskog otjecanja.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	Šumska vegetacija značajno povećava hrapavost terena i tako smanjuje brzinu površinskog otjecanja sa sliva.
smanjenje brzine toka	Smanjenje dotoka vode i sedimenta s pošumljenog terena u korito donekle smanjuje brzinu toka. Učinak ovisi o razvijenosti vegetacije.
povećanje evapotranspiracije	Šumski pokrivač ima značajan kapacitet za pohranu vode u vlažnom i njeno oslobađanje putem evapotranspiracije u sušnom dijelu godine.



korist	pojašnjenje
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Ovisno o debljini humusnog sloja koji nastaje taloženjem i pedogenezom biljnog materijala, šumsko tlo obilježava velika poroznost uslijed čega ono ima veći kapacitet za infiltraciju i pohranu vode od nešumskih tala.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	
smanjenje erozije	Smanjenjem količine i brzine površinskog otjecanja te količine pronosa nanosa njime uslijed povećane hrapavosti terena smanjuje se erozijsko djelovanje vode na slivu. Zadržavanjem nanosa u pošumljenim buffer zonama oko korita smanjuje se njegov dotok u vodotok gdje doprinosi erodibilnosti toka.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### 1.8.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 99) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [22-27], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 99. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Budući da šumski pokrivač regulira površinsko otjecanje i evapotranspiraciju dok šumsko tlo akumulira oborinske vode u vlažnom, a otpušta u sušnom razdoblju, smanjuju se fluktuacije u hidrološkom režimu i na taj način stabiliziraju stanišni uvjeti u vodotoku. Zbog male površine omočenog oboda, vodotoci u izvorišnim područjima rijetko mogu podržati veće organizme poput riba.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Šumski pokrivač smanjuje površinsko otjecanje koje završi u vodotoku dok uslijed infiltracije vode dolazi do akumulacije oborinske vode u podzemlju. Na taj se način smanjuju fluktuacije u hidrološkom režimu i doprinosi kontinuitetu rijeke. Smanjenjem fluktuacija koje odgovaraju bujičnom karakteru vodotoka smanjuju se i erozijski učinci koji mijenjaju morfologiju korita i obalnog pojasa.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Krošnje sprječavaju direktnu obasjanost vodotoka Sunčevim zračenjem uslijed čega ne dolazi do značajnijeg zagrijavanja vode u vodotoku. Razgradnja organskog materijala u gornjem dijelu toka smanjuje značajnije otpuštanje hranjivih tvari nizvodno čime se sprječava eutrofikacija i održava režim kisika u nizvodnim dijelovima toka i povezanim vodenim tijelima. Šumsko tlo također veže određene polutante poput organskih tvari i metala dok vegetacija, posebice riparijska, filtrira polutante koji s okolnih površina površinskim otjecanjem pristižu prema vodotocima.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li> sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela (odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu), izravno utječe na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, engl. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [28].

Budući da se implementacijom mjere pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u izvorišnim područjima mogu očekivati i značajni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;

- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.8.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 100) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [1, 29, 30], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

Tablica 100. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	Pošumljavanje u izvorišnim područjima može uključivati podizanje šumskih kultura, intenzivnih kultura i šumskih plantaža koje se koriste ekonomski za eksploataciju drvene mase.
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Pošumljavanjem se stvaraju nova staništa koja mogu podržati raznolike kopnene biljke i gljive koje se mogu koristiti u prehrani, za materijale ili energiju.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Pošumljavanjem se stvaraju nova staništa koja mogu podržati lovne životinje.
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	Pošumljavanjem izvorišnih područja nastaju nova staništa za biljke, alge, gljive i životinje čiji se genetski materijal može koristiti za održavanje i osnivanje populacija. To se posebice odnosi na šumske kulture.
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Razgradnja organskog materijala u gornjem dijelu toka smanjuje značajnije otpuštanje hranjivih tvari nizvodno čime se sprječava eutrofikacija i održava režim kisika u nizvodnim dijelovima toka i povezanim vodenim tijelima. Šumsko tlo također veže određene polutante poput organskih tvari i metala dok vegetacija, posebice riparijska, filtrira polutante koji s okolnih površina površinskim otjecanjem pristižu prema vodotocima.

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Šumski pokrivač smanjuje količinu i brzinu površinskog otjecanja čime direktno smanjuje njegov utjecaj na eroziju tla. Intercepcijom, transpiracijom i infiltracijom oborinske vode, smanjuje se količina vode tijekom intenzivnih oborinskih događaja koja otječe vodotokom dok istodobno vegetacija stabilizira padine. Time se smanjuju erozijsko djelovanje vode na obale i rizik od klizanja tla. Veća infiltracija vode u vlažnom i polagano otpuštanje u sušnom razdoblju dovodi do smanjenja opasnosti od poplava u nizvodnim predjelima. Konačno, vegetacija pruža zaštitu od vjetera za okolne oblike korištenja zemljišta.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Šume i pošumljene buffer zone pružaju stanište različitim kukcima, pticama i drugim organizmima koji doprinose oprašivanju biljaka (uključujući poljoprivredne kulture) te pružaju povoljne uvjete za razmnožavanje i rast različitih divljih životinja, biljaka, gljiva i algi.
2.2.4. regulacija kvalitete tla	Vegetacija odnosno korijenski sustav veže minerale i organske tvari te doprinosi njihovoj razgradnji čime se održava kvaliteta tla.
2.2.5. svojstva vode	Pošumljene buffer zone reguliraju ulazak polutanata u vodotok doprinoseći kvaliteti vode u vodotocima izvorišnog područja. S druge strane, razgradnja organskog materijala u tim vodotocima smanjuje njegov pronos u nizvodne dijelove toka gdje bi mogli dovesti do eutrofikacije i hipoksičnih uvjeta.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Šumska vegetacija ublažava temperaturne razlike, povećava vlažnost zraka, te veže ugljik iz atmosfere dok istodobno oslobađa kisik kroz procese fotosinteze i transpiracije.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Pošumljavanjem se stvaraju stanišni uvjeti za različite i brojne vrste životinja, biljaka, gljiva i algi. Bioraznolikost šumskih ekosustava povećava vrijednost svih kulturoloških biotičkih usluga ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Šumski pokrivač doprinosi smanjenju fluktuacija u količini vode tijekom godine dok istodobno filtrira polutante i druge tvari i time održava kvalitetu vode.
4.2.2. podzemna voda za prehranu, materijale ili energiju	Šumski pokrivač doprinosi infiltraciji vode u podzemlje dok istodobno filtrira i korijenskim sustavom veže metale i organske polutante smanjujući njihovo otjecanje u vodonosnik te doprinoseći održavanju kvalitete podzemnih voda.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Pošumljavanje doprinosi smanjenju erozije tla i nastanku tzv. rana u krajobrazu koje smanjuju vizualnu kvalitetu okoliša.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Smanjenjem fluktuacija u količini vode i vodnom režimu podržava se hidrološka raznolikost krajobraza čime se unaprjeđuju kulturološke abiotičke usluge ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisi o

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

## 1.8.3 Primjeri mjere

### 1.8.3.1 Pošumljavanje izvorišnih područja u okolini antičke Olimpije u Grčkoj

U sklopu projekta „Upravljanje zadržavanjem vode na širem području antičke Olimpije, Elia, Grčka“ provedeno je pošumljavanje planinskih predjela tijekom 2007. i 2008. godine u svrhu stabilizacije padina, smanjenja erozije te povećanja kapaciteta tla za zadržavanje vode. Prethodni šumski pokrov stradao je u požaru u kojem je nestalo između 80 i 100% vegetacije što je dovelo do degradacije terena, povećanog površinskog otjecanja i erozije tla. U svrhu neposredne zaštite opožarenog tla do erozije, na padinama su trupcima formirane paralelne linearne barijere za površinsko otjecanje [31].

Pošumljavanje je dovelo do povećanja hrapavosti terena i smanjenja brzine površinskog otjecanja te povećanja infiltracije površinske vode u podzemlje. To je u konačnici dovelo i do smanjenja rizika od poplava u nizvodnim predjelima te obnove estetskog karaktera prostora. Ukupan trošak projekta je iznosio 2,8 milijuna € od čega je 1,5 milijuna € utrošeno u otkup zemljišta čija je cijena bila natprosječna zbog blizine arheoloških nalazišta. Održavanje po završetku projekta uključuje navodnjavanje sadnica, obrezivanje te primjenu biognojiva u skladu s vegetativnim razdobljem i meteorološkim uvjetima. Učinkovitost pošumljavanja je 2014. godine procijenjena na 70% [32].



### 1.8.3.2 Pošumljavanje izvorišnih područja rijeke Ganaraske u Kanadi

Izvorišno područje rijeke Ganaraske u južnom Ontariju u Kanadi deforestirano je tijekom 19. stoljeća što je dovelo do povećanja erozije i plavljenja nizvodnih predjela prije ulijevanja u jezero Ontario. Pošumljavanje je provođeno u fazama nakon Drugog svjetskog rata do 1990. godine na površini od 31 km<sup>2</sup>. Pritom je otkupljeno poljoprivredno zemljište, a vrste kojima se pošumljavalo uključivale su i listače (hrast (*Quercus* sp.), javor (*Acer* sp.) i druge) i četinjače (američki crveni bor (*Pinus resinosa*) i borovac (*Pinus strobus*)). Po provedbi pošumljavanja provođeno je prorjeđivanje ovisno o sastojini [32].

Zabilježeno je povećanje intercepcije i transpiracije uslijed povećane površine pod krošnjama što je smanjilo površinsko otjecanje. S druge strane, povećalo se procjeđivanje oborinske vode u tlo. Procjenjuje se da je učinak šumskog pokrova na površinsko otjecanje u ovom izvorišnom području manji nego u takvim južnijim područjima uslijed velike godišnje količine padalina i niže prosječne godišnje temperature zraka koje smanjuju evapotranspiraciju. Zabilježeno je i stabiliziranje padina jaruga i stalnih vodotoka u izvorišnom području [32].

### 1.8.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] *Maintenance of Forest Cover in Headwater Areas*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/maintenance-forest-cover-headwater-areas>
- [2] Eslamian, S., Ed. (2019): *Handbook of Engineering Hydrology: Environmental Hydrology & Water Management*, CRC Press: Boca Raton, ISBN 9781466552500
- [3] Saldi-Caromile, K., Bates, K.K., Skidmore, P., Barent, J., Pineo, D. (2004): *Stream Habitat Restoration Guidelines*, Washington Departments of Fish and Wildlife and Ecology, U.S. Fish and Wildlife Service, Olympia
- [4] *Stream Restoration Design*, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Vol. Part 654, 2007.
- [5] Smith, M.P., Schiff, R., Olivero, A., MacBroom, J. (2008): *The Active River Area: A Conservation Framework for Protecting Rivers and Streams*, Boston
- [6] *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-Based Management Approaches for Water-Related Infrastructure Projects*, UNEP, ISBN 978-92-807-3404-1, 2014.
- [7] Stefanović, M., Gavrilović, Z., Bajčetić, R. (2014): *Lokalna zajednica i problematika bujičnih poplava*, *Priručnik za lokalnu zajednicu i organizacije civilnog društva*, OECD, Misija u Srbiji, Beograd, ISBN 9878663830110.
- [8] Fovet, O., Belemtougri, A., Boithias, L., Braud, I., Charlier, J.B., Cottet, M., Daudin, K., Dramais, G., Ducharne, A., Folton, N., et al. (2021): *Intermittent Rivers and Ephemeral Streams: Perspectives for Critical Zone Science and Research on Socio-Ecosystems*, Wiley Interdiscip. Rev. Water, 8, 1–33, doi:10.1002/wat2.1523.
- [9] Landau, S., Trumbić, I., Eds. (2017): *Izveštaj o procijenjenim utjecajima i ranjivosti na klimatske promjene po pojedinim sektorima*, Zagreb

- [10] Wahren, A., Schwärzel, K., Feger, K.-H. (2012): Potentials and Limitations of Natural Flood Retention by Forested Land in Headwater Catchments: Evidence from Experimental and Model Studies., *Journal of Flood Risk Management* 5 (4), 321-335
- [11] Edmonds, K., DeBonis, M., Sunderland, P. (2013): *Forests to Faucets: Protecting Upstream Forests for Clean Water Downstream*, Washington
- [12] Meyer, J.L., Kaplan, L.A., Newbold, D., Strayer, D.L., Woltemade, C.J., Zedler, J.B., Beilfuss, R., Carpenter, Q., Semlitch, R., Watzin, M.C., et al (2007): *Where Rivers Are Born: The Scientific Imperative for Defending Small Streams and Wetlands*, Washington
- [13] Kaplan, L.A., Bott, T.L., Jackson, J.K., Newbold, J.D., Sweeney, B.W. (2008): *Protecting Headwaters: The Scientific Basis for Safeguarding Stream and River Ecosystems*, Avondale
- [14] Matić, S., Oršanić, M., Anić, I.: Osnivanje šumskih kultura i plantaža glavnih vrsta drveća poplavnih šuma, u: Vukelić, J., Ed. (2005): *Poplavne šume u Hrvatskoj*, Akademija šumarskih znanosti Zagreb, pp. 297–307.
- [15] Matić, S., Anić, I., Oršanić, M. (2005): Uzgojni zahvati u funkciji poboljšanja protuerozijske i vodozaštitne uloge šuma, *Šumarski list*, članak, 17–30.
- [16] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [17] Kostadinov, S., Tošić, R., Hrkalo, D., Nikolić, S., Sudar, N., Kapović Solomun, M., Dragičević, S., Momirović, N., Cupać, R., Bosankić, G., et al (2019): Kontrola erozije zemljišta u funkciji smanjenja rizika od poplava na slivu reke Vrbas, Republika Srpska, *Vodoprivreda*, 51, 211–224
- [18] Tlapák, V., Caska, J., Herynek, J. (2005): Utjecaj šume i vegetacije na sprječavanje erozije i zaštitu prirode od poplava, *Šumarski list*, članak, 51–60
- [19] Cunningham, K., Stuhlinger, C., Liechty, H. (2009): *Riparian Buffers: Types and Establishment Methods*, Arkansas
- [20] *North Carolina Forest Service Healthy Forests for Clean Water*, Raleigh, 2014
- [21] Mccann, H., Butsic, V., Battles, J., Cisneros, R., Jin, Y., Kocher, S., Potts, M.D., Stephens, S., Herbert, C., Smith, S. (2020): *The Benefits of Headwater Forest Management*, San Francisco
- [22] Vita projekt d.o.o. (2021): *Studija o utjecaju na okoliš za projekt Drava LIFE: Integralno Upravljanje Rijekom*, Hrvatske vode, Zagreb
- [23] *Re-Meandering*, NWRM, Valbonne, 2014, <http://nwrn.eu/measure/re-meandering>
- [24] *Reconnection of Oxbow Lakes and Similar Features*, NWRM, Valbonne, 2014, <http://nwrn.eu/measure/reconnection-oxbow-lakes-and-similar-features>
- [25] *Restoration and Reconnection of Seasonal Streams*, NWRM, Valbonne, 2014, <http://nwrn.eu/measure/restoration-and-reconnection-seasonal-streams>
- [26] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[27] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[28] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[29] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting

[30] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

[31] *Case Study: Water Retention Management in the Broader Area of Ancient Olympia, Elia, Greece*; NWRM, Valbonne, 2014.

[32] Buttle, J.M. (2011): *Streamflow Response to Headwater Reforestation in the Ganaraska River Basin, Southern Ontario, Canada*, *Hydrol. Process*, 25, 3030–3041, doi:10.1002/hyp.8061.

## 1.9 Obrana obalnih područja od poplava

Izvori poplava u obalnim područjima uključuju porast morske razine, morske oluje i nalete vjetra [1]. Dok je porast morske razine relativno spora, ali napredujuća pojava, intenziviranje ekstremnih vremenskih uvjeta već je prisutno. Poplave se kod takvih događaja javljaju kad se poklopi više hidrometeoroloških uvjeta: niski tlak zraka, jako i dugotrajno jugo i/ili olujno nevrijeme s obilnom količinom oborina. Takav splet uvjeta, primjerice, 2019. godine u talijanskoj regiji Venetu doveo je do privremenog lokalnog porasta morske razine za 187 cm u odnosu na uobičajenu razinu i velikih plavljenja obalnih područja [2]. Bez obzira što je hrvatska obala zaštićena od valova otvorenog mora s otocima, a oscilacije plime i oseke su relativno male [3], opasnost od poplava u obalnim područjima postoji i najizraženija je u obalnim naseljima [4].

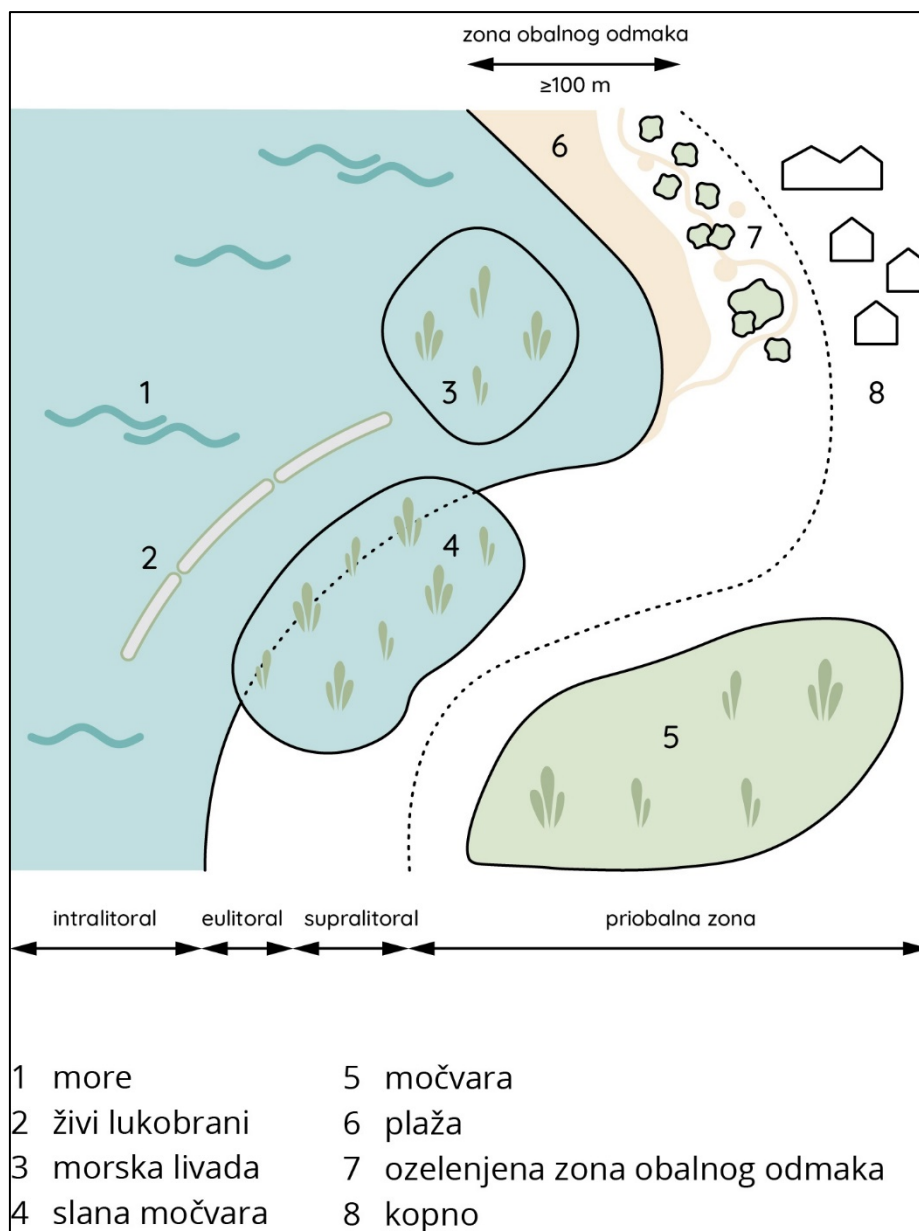
Iako poplave uslijed ekstremnih vremenskih uvjeta općenito ne traju dugo, one zbog vlaženja, erozije i korozivnog djelovanja slane vode mogu izazvati značajne štete na infrastrukturi i imovini, posebice ako se pojavljuju učestalo. Njihov utjecaj može biti povećan u vezi sa sustavima odvodnje otpadnih voda kada privremeno plavljenje dovodi do istjecanja vode iz kanalizacijske mreže [2].

Porast morske razine za 20 cm u odnosu na srednju razinu u razdoblju 1985.-2005. doveo bi do plavljenja u dijelovima aluvijalnih ravnica uz ušća Neretve i Raše. Porast od 100 cm imao bi, osim na navedena ušća, značajnije učinke i na ušća Mirne i Cetine, dijelove otoka Paga te solane u Ninu i Stonu [4, 5].

S obzirom na predviđeni značajni porast morske razine, obrana od obalnih poplava na niskim dijelovima obala zahtijevat će kombiniranje zelenih i sivih struktura, prije svega lukobrana tipa nasip i zid te obalnih zidova. Mjere zelene infrastrukture obrane obalnih područja od poplava primjenjive u Hrvatskoj uključuju:

- obalni odmak,
- žive lukobrane,
- obalne močvare,
- morske livade.

Na slici u nastavku dan je shematski prikaz navedenih mjera obrane obalnih područja od poplava primjenjivih u Hrvatskoj (Slika 40). U praksi će najveću učinkovitost postići kombinirana primjena više mjera, ovisno o lokalnim uvjetima u obalnom pojasu.



**Slika 40. Shematski prikaz zelenih mjera obrane obalnih područja od poplava primjenjivih u Hrvatskoj**

Obalni odmak (eng. *coastal setback*) podrazumijeva zaštitnu zonu u kojoj su neke ili sve vrste gradnje zabranjene ili značajno ograničene. Obično se definira udaljenošću od obalne crte unutar koje vrijede posebna pravila gradnje [2]. U Hrvatskoj je Zakonom o potvrđivanju Protokola o integralnom upravljanju obalnim područjem Sredozemlja iz 2012. godine (NN 8/12) definirana zona obalnog odmaka širine najmanje 100 m od najviše crte mora zimi u kojoj gradnja nije dozvoljena, osim u specifičnim slučajevima [6]. Obalni odmak primjenjuje se na dva osnovna načina: prvi podrazumijeva definiranje zone obalnog odmaka u područjima koja još nisu izgrađena, a drugi sustavno oslobađanje zone obalnog odmaka od izgrađenih konstrukcija [7].



Dok obalni odmak fizičkom udaljenošću od doseg utjecaja valova štiti imovinu i infrastrukturu, ozelenjivanje zone obalnog odmaka pruža dodatnu zaštitu izgrađenom području dok istovremeno pruža funkcije stabilizacije obala i otpornosti na eroziju. Upravo se stoga smatra *low-regret* mjerom u neizgrađenim obalnim zonama budući da ima relativno male troškove dok istovremeno pruža potencijalno velike koristi. Ozelenjena zona obalnog odmaka osim veće sigurnosti od poplava pruža i prostor za dodatne ekonomske i socijalne sadržaje koji prate obalne aktivnosti te povećava kvalitetu života lokalnom stanovništvu kao i kvalitetu boravka turista [2]. Ozelenjivanje tih zona može uključivati formiranje šetnica i drugih socijalno-rekreativnih sadržaja, a u kontekstu povećanja ljetnih temperatura povećava potencijal za boravak na otvorenom.

Studija iz 2020. godine koju su napravili Lincke i dr. pokazala je da bi se troškovi od poplava uslijed podizanja morske razine do 2100. godine mogli smanjiti za 7-22% sustavnom primjenom mjere obalnog odmaka pri gradnji odnosno za do 86% pri sustavnom oslobađanju zone obalnog odmaka od izgrađenih konstrukcija. Kombiniranjem te mjere s fizičkim strukturama za zaštitu od obalnih poplava troškovi bi se mogli smanjiti i za 96% [7]. Pritom nisu uračunate koristi koje uspostavljanje takvih ozelenjenih zona pruža, posebice u vidu brojnih i raznovrsnih usluga ekosustava (od zaštite od erozije do rekreativnih i turističkih potencijala). S druge strane, izračun nije u obzir uzeo troškove uspostavljanja takve zone ni troškove sustavnog oslobađanja zone od izgrađenih konstrukcija.

Obalne močvare (eng. *coastal wetlands*) mogu ublažiti utjecaj valova na unutrašnjost kopna povećavajući hrapavost podloge čime se disipira energija valova i tako smanjuje plavljenje koje uzrokuju valovi. Osim toga, obalne močvare imaju ulogu akumulacije vode tijekom visokog vodostaja mora. Njihova komparativna prednost pred sivim strukturama je i u tome što talože sediment i na taj način uzrokuju porast kote obale paralelno s porastom morske razine [8].

U intertjaldalnom pojasu, između razina prosječne i maksimalne plime, mogu se naći slane močvare (eng. *saltmarshes*) [9]. Takve močvare u obalnom pojasu imaju funkcije buffer zona u kojima se smanjuje utjecaj mora na neposrednu unutrašnjost kopna [8]. Revitalizirane slane močvare mogu smanjiti obalne poplave, abraziju, a istovremeno pružiti vrijedno stanište te doprinijeti apsorpciji ugljika. Ovisno o izloženosti valovima, primjenu slanah močvara može biti potrebno kombinirati s drugim mjerama poput morskih livada ili živih lukobrana koje će smanjiti energiju valova i time njihovo destruktivno djelovanje na močvare, posebice njihove nizvodne rubove [9].

Živi lukobrani ili valolomi (umjetni grebeni) umiruju morska gibanja u obalnom području, smanjujući visinu valova, njihovo sezanje u unutrašnjost te posljedično plavljenje i abraziju obalnog pojasa. Smanjenjem energije valova smanjuje se dinamika vode te tako ublažava njihovo djelovanje na obalne strukture. Umjetni grebeni stvaraju nova podvodna staništa koja osim zaštitne uloge mogu imati i značajnu turističku ulogu [10].

Značajan utjecaj na obranu obalnih područja od poplava uzrokovanih valovima imaju morske livade. Morske livade su zajednice morskih cvjetnica – biljaka koje su se prilagodile životu u moru, a poznatije su pod nazivom morske trave (eng. *seagrass*). U Jadranskom moru prisutne su četiri vrste morskih trava: posidonija ili oceanski porost (*Posidonia oceanica*), morska svilina (*Zostera marina*), patuljasta svilina (*Zostera noltii*) i čvorasta morska resa (*Cymodocea nodosa*) dok se u bočatim vodama pojavljuje još i primorska

rupija (*Ruppia maritima*) [11]. Sijanje odnosno sadnja i održavanje morskih livada neposredno uz obale mogu imati pozitivne učinke na obale ugrožene plavljenjem uslijed velikih valova i porasta morske razine. Naime, doseg morskih valova bit će dublji prema unutrašnjosti kopna uslijed više morske razine.

Na plitkim obalama, morske livade mogu smanjiti visinu, brzinu i energiju valova i posredno njihov doseg u unutrašnjost. Sustavom korijenja, morske trave vežu i stabiliziraju materijal dna, presreću i vezuju sediment te tako ublažavaju abraziju [8]. Nedavna ispitivanja pokazala su da je visina valova u predjelima s gustim morskim livadama 10-20% niža u usporedbi s golim morskim dnom [12]. S obzirom na sposobnost presretanja i zadržavanja sedimenta, morske livade mogu održavati pličinu litoralne zone paralelno s porastom morske razine i na taj način pružati kontinuiranu zaštitu obalama [8].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.9.1 Tehnički opis

### 1.9.1.1 Projektiranje mjere

Prilikom planiranja obrane obalnih područja od poplava treba primijeniti i ekosustavni pristup koji osigurava antropogeno opterećenje područja na razini koja omogućava postizanje i održavanje dobrog stanja okoliša.

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje rješenja obrane obalnih područja od poplava.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 101) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja obrane obalnih područja od poplava. Ovaj općeniti popis treba dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 101. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> </ul>

podloge za preliminarnu analizu
<ul style="list-style-type: none"> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• karte opasnosti i rizika od poplava</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- u kopnenom dijelu obalne zone na kojem se očekuje plavljenje;
- u vodenom dijelu obalne zone gdje se mogu tretirati uzroci plavljenja;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala i na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 102).

Tablica 102. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja šireg područja zahvata.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene unutar poplavnog područja, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.

**vrste potrebnih istražnih radova****biološki istražni radovi**

Budući da mjera predstavlja svojevrsni revitalizacijski zahvat (obalne močvare, morske, cvjetnice, obalni pomak), biološka istraživanja potrebno je provesti s ciljem utvrđivanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznolikosti područja kako bi se u fazi nakon implementacije moglo zaključiti u kojoj mjeri je zahvat pozitivno utjecao na bioraznolikost područja.

Izgradnja živih lukobrana ovisno o tehničkoj izvedbi i lokaciji gradnje može dovesti do degradacije i gubitka vrijednih morskih staništa, primjerice livade morskih cvjetnica, stoga je potrebno provesti istraživanje kako bi se utvrdilo postojeće stanje šireg područja lokacije gradnje i predvidjeli mogući negativni utjecaji nakon izgradnje.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta obrane obalnih područja od poplava potrebno je provesti proračune funkcionalnosti i konstrukcije te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 103) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 103. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere
situacijski prikaz obale i karakteristični poprečni profili	poprečni profili obala i pomorskih građevina s prikazom srednje razine mora i ekstremno visokih razina mora određenog povratnog perioda
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehničkim istražnim radovima; podaci o materijalu koji se ugrađuje su potrebni ukoliko se koristi materijal preuzet iz nalazišta na lokaciji zahvata
podaci o oborinama	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
podaci o gibanjima mora	dugoročne prognoze vjetrovnih valova, ekstremne morske razine

**Proračuni**

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 104). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Osim kopnenih djelovanja, na pomorske građevine javljaju se utjecaji koji proizlaze iz morskog okoliša, a to su morski valovi i morske razine. Kod nekih pomorskih građevina djelovanja morskog okoliša su dominantna, stoga se pomorske građevine moraju na njih proračunavati. Djelovanje morskog okoliša na pomorske građevine podrazumijeva ekstremna djelovanja koja se definiraju projektnim povratnim periodom.

Tablica 104. Proračuni

proračuni
<b>izračun valnih visina</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>na temelju dugoročnih prognoza vjetrovnih valova koje su dobivene najčešće na temelju podataka o vjetru, određuju se prognoze za ekstremne značajne valne visine povratnih razdoblja PR=2, 5, 10, 20, 50 i 100 godina;</li> <li>analize projektnog vala obavljaju se metodologijom numeričkog modeliranja valovanja.</li> </ul>
<b>proračun funkcionalnosti</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun funkcionalnosti provodi se za niže vrijednosti djelovanja morskog okoliša (povratno razdoblje PR <math>\geq</math> 5 god) jer se u proračunskom radnom vijeku građevine može dopustiti da ona nekoliko puta ne funkcionira – tada će se desiti prihvatljiva i popravljiva šteta, neće biti ljudskih žrtava, a početka investicija će biti manja;</li> <li>proračun funkcionalnosti: agitacija lučkog bazena i prelijevanje.</li> </ul>
<b>proračun konstrukcije</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun konstrukcije pomorskih građevina provodi se za više vrijednosti djelovanja morskog okoliša (povratno razdoblje PR=50-100 god) jer se u proračunskom radnom vijeku građevine ne može dopustiti da ona ima veliku vjerojatnost loma ili velikog oštećenja koje bi prouzročilo puno ljudskih žrtva i veliku materijalnu štetu;</li> <li>projektno povratno razdoblje za proračun konstrukcije jednako je ili veće do proračunskog radnog vijeka građevine.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke stabilnosti i čvrstoće</b>
<p>U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti pomorskih građevina provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ispitivanje na klizanje, prevrtanje, nosivost tla na morskom dnu ispod pomorske građevine;</li> <li>stabilnost obloge pokosa pomorske građevine;</li> <li>slijeganje temeljnog tla i nasute pomorske građevine.</li> </ul>

Prilikom projektiranja građevina za obranu obalnog područja od poplava u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na pojavnost i intenzitet oborina i morskih oluja te posljedično na promjenu parametara.

### 1.9.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

S obzirom na krška obilježja hrvatskog priobalja i relativno visoku obalu, posebice u neurbanim dijelovima, zelene mjere obrane obalnih područja od poplava primjenjive su na manjem dijelu jadranske obale. To su prije svega ušća Raše i Neretve te pojedine manje zone obale i otoka s blagim nagibom obale (primjerice otok Pag, solane, pješčane plaže). Najveću prepreku u primjeni ove mjere na kopnenom dijelu obalne zone čini otpor vlasnika zemljišta koji gube pravo građenja uslijed čega su u neravnopravnom položaju u odnosu na vlasnike zemljišta izvan zone odmaka te je to potrebno rješavati prostornoplanskim instrumentima u koje spada komasacija, preparcelacija, prijenos građevinskih prava i slično.

Kod obnove obalnih močvara, kako slatkovodnih, tako i slanih, a uzimajući u obzir očekivano povećanje morske razine, ona može biti dugoročno rješenje jedino ako imaju mjesta za prirodnu tranziciju prema unutrašnjosti uslijed napredovanja intertajdalne zone u istom smjeru [9]. U tom pogledu je dugoročno osiguravanje zone obalnog odmaka bitan preduvjet i za obnovu močvara.

Budući da su morske trave osjetljive na onečišćenje mora i fizičko oštećenje sidrenjem, one se mogu saditi i održavati na mjestima gdje je kakvoća morske vode relativno dobra i



gdje morski promet nije intenzivan, a sidrenje i ribarenje povlačnim alatima je zabranjeno [8]. Pri uspostavljanju morskih livada u prijelaznim zonama poput laguna ili riječnih ušća treba voditi brigu o prozirnosti vode budući da morske trave zahtijevaju Sunčevu svjetlost za fotosintezu. Suspendirani materijal iz vodotoka kao i bujanje algi nepovoljno se održavaju na razvoj i opstanak morskih trava [13]. Zaštita obale od poplava uzrokovanih valovima sadnjom i održavanjem morskih livada bit će najučinkovitija u plitkim litoralnim zonama s relativno nižim energijama valova i manje izraženom sezonalnošću [8]. Nedostatak morskih trava je u tome što relativno sporo rastu, posebice posidonija, svega 1 cm godišnje [2].

Provedba mogućih mjera zelene infrastrukture za obranu obalnih područja od poplava na jadranskom obalnom područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takvih mjera s prostorno-planskih aspekata.

### 1.9.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 105 do Tablica 107) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere.

Tablica 105. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
pronos i taloženje sedimenta	Povećanjem hrapavosti terena i usporavanjem površinskog otjecanja obalne močvare dolazi do taloženja sedimenta u njima kojeg sustav korijenja veže i podvrgava pedogenetskim procesima. To dovodi do porasta kote tla čime obalne močvare ostaju iznad morske razine koja se podiže uslijed klimatskih promjena. Sličan učinak na pronos i taloženje sedimenta imaju i morske livade. Naime, morske cvjetnice usporavaju gibanja mora i tako povećavaju taloženje sedimenta na livadama. Time se kontinuirano podiže kota morskog dna te ne dolazi do značajnog povećanja dubine mora, definirane kao raspon između kote morskog dna i morske razine.
razina mora	Razina mora na lokaciji implementacije mjere je najvažniji projektni parametar o kojem ovisi tehničko rješenje mjere i odabir adekvatnih biljnih vrsta. Zelene mjere obrane obalnih područja od poplava, povećavajući hrapavost podloge, uzrokuju lomljenje valova i disipaciju njihove energije te tako smanjuju plavljenje.
opasnost od poplava na širem području implementacije mjere	Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje prikazuju poplavne površine i dubine vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Poplavna površina i dubina poplavne vode su funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere na smanjenje opasnosti od poplava.

Tablica 106. Hidraulički projektni parametri

hidraulički projektni parametar	opis
hrapavost obalnog područja	Primjenom zelenih mjera za obranu obalnog područja od poplava dolazi do povećanja hrapavosti podloge uslijed implementacije vegetacije i time lomljenja valova i disipacije njihove energije.

karakteristike vjetrova na lokaciji zahvata	Na temelju podataka o vjetru izrađuju se dugoročne valne prognoze koje sadrže valne parametre potrebne za projektiranje zelenih mjera za zaštitu obalnog područja od poplava.
---	---

Tablica 107. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
biljne vrste	Potrebno je izabrati autohtone biljne vrste. Kod obnove močvara odabrati biljke koje mogu podnijeti zaslanjeno tlo i opterećenje uslijed zapljuskivanja valova.

#### 1.9.1.4 Ekološki aspekti mjere

Budući da se temelje na primjeni vegetacije (morske, slatkovodne i kopnene), mjere obrane obalnih područja od poplava mogu donijeti značajne ekološke koristi. One se ogledaju u formiranju i pružanju niza različitih morskih, močvarnih i kopnenih staništa, njihovog očuvanja kroz kontrolu plavnih i abrazijskih utjecaja valova, reguliranju stanja voda i atmosfere, posebice u pogledu sekvestracije ugljikovog dioksida iz atmosfere i vode, te kontroli sedimentata [2, 9].

Morske livade predstavljaju neke od najproduktivnijih intralitoralnih ekosustava na Zemlji dok istovremeno reguliraju ciklus nutrijenata, hranidbene lance, sedimentacijske procese i morfologiju dna u litoralnoj zoni te apsorbiraju ugljik iz morske vode. Vlati morskih trava pružaju staništa epibiontima (organizmima koji žive na površinama drugih organizama) te skloništa i hranu za morske beskralješnjake i ribe [13].

Primjena ove mjere značajan je inhibitor negativnih učinaka s izgrađenih i poljoprivrednih površina na obalna područja kroz presretanje i zadržavanje polutanata, nutrijenata i površinskog otjecanja. S druge strane, formiranjem brojnih novih staništa otvaraju se uvjeti za razvoj ekološki prihvatljivih oblika gospodarenja prostorom među kojima su ekoturizam i održive prakse stočarenja i ribarstva [13].

Kod odabira lokacije za postavljanje živih lukobrana potrebno je posebnu pažnju posvetiti postojećim staništima na morskom dnu kako ne bi došlo do gubitka vrijednih staništa, poput livada morskih cvjetnica. Ovisno o dizajnu i dimenzijama, živi lukobrani mogu promijeniti gibanje mora na području gradnje čime može doći do negativnih promjena stanišnih uvjeta na širem području, pa time negativne posljedice izgradnje mogu biti veće od koristi.

#### 1.9.1.5 Vrste radova

Mjere zelene infrastrukture obrane obalnih područja od poplava primjenjive u Hrvatskoj mogu se podijeliti na kopnene i morske. Kopnene mjere obuhvaćaju ozelenjivanje zone obalnog odmaka i obalne močvare dok morske uključuju žive lukobrane i morske livade.

#### Ozelenjivanje zone obalnog odmaka

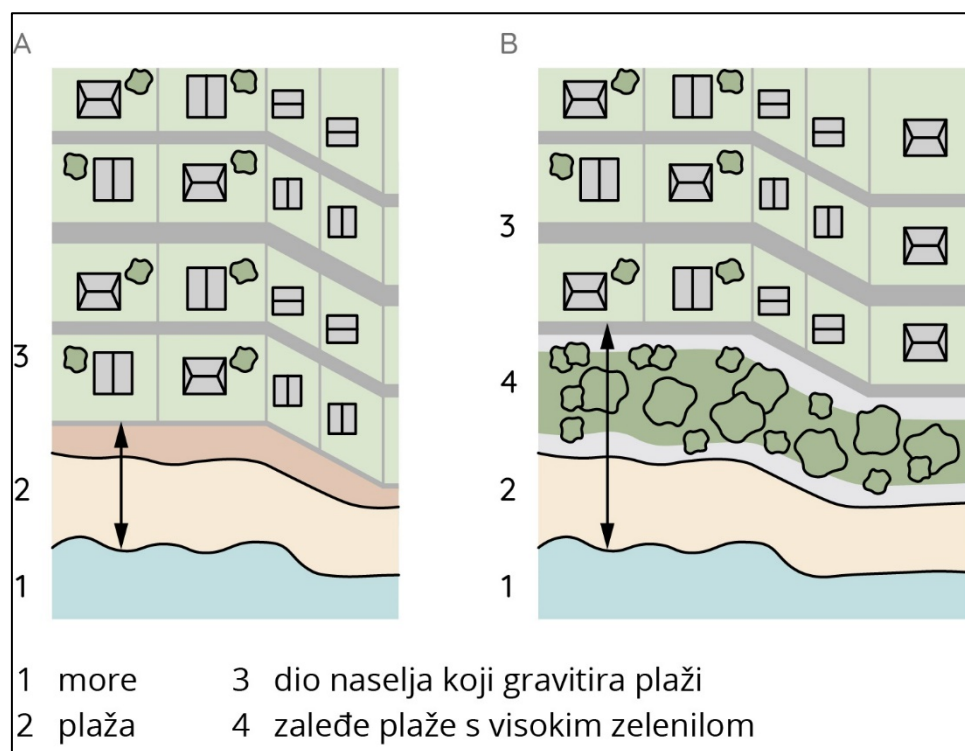
Ozelenjivanje zone obalnog odmaka podrazumijeva formiranje vegetacijskog pokrivača između žala i izgrađene ili poljoprivredne površine u zaleđu. Ozelenjivanje se provodi sadnjom biljaka iz rasadnika ili presađivanjem iz okolice pri čemu prednost treba dati

autohtonim vrstama i zajednicama. Radi osiguravanja opstojnosti i funkcija vegetacijskog pokrivača, treba izbjegavati formiranje monotonih nasada s malim brojem biljnih vrsta koji su uslijed toga manje otporni na bolesti i štetnike. Taj bi pojas trebao biti višeslojni i sastojati se od trava (*Poaceae* sp.), grmlja i drveća, kako bi se osigurale diversificirane funkcije u obrani obalnog pojasa od poplava [2].

Jedan od prvih koraka je senzibilizacija vlasnika zemljišta ili otkup zemljišta. Vlasnici zemljišta mogu se opirati prenamjeni zemljišta iz građevinskog ili poljoprivrednog u zeleno odnosno rekreativno, nesvjesni dugoročnih učinaka klimatskih promjena i višestrukih koristi od ozelenjivanja zone obalnog odmaka.

Ozelenjivanje uključuje odabir vrsta, pripremu tla, po potrebi tretiranje tla radi osiguravanja hranjivih tvari potrebnih za rast i razvoj sadnica, te sadnju. Pri izboru vrsta kriteriji bi trebali uključivati otpornost na zaslanjenje tla uslijed zapljuskivanja valova [14]. Ovisno o projektu, moguće je formiranje i ugrađivanje sadržaja za korištenje vegetacijskog pokrivača. Takvi sadržaji mogu uključivati staze, klupe, osvjetljenje te druge rekreativne elemente.

Na slici u nastavku (Slika 41) dan je shematski prikaz obale bez (A dio slike) i s (B dio slike) ozelenjenom zonom obalnog odmaka.



Slika 41. Shematski prikaz ozelenjivanja zone obalnog odmaka

### Obalne močvare

Revitalizacija obalnih močvara obnavlja prirodne funkcije močvarnih područja. Budući da su mnoge obalne močvare u prošlosti degradirane i značajno smanjene ili u potpunosti isušene, potrebno je ponovno uspostaviti režim vlaženja koji će omogućiti rast i razvoj

močvarne vegetacije. Mjera revitalizacije obalnih močvara najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- promjenu u načinu korištenja zemljišta;
- uklanjanje/čišćenje vegetacije;
- iskop/uklanjanje nanesenog sedimenta;
- uspostava optimalnog režima prihrane vodom;
- obnovu i razvoj autohtone vegetacije.

Tamo gdje su obalne močvare isušene i pretvorene u poljoprivredne, potrebno je otkupiti zemljište ili senzibilizirati vlasnike zemljišta za pretvorbu poljoprivrednih u močvarne površine koje će u budućnosti imati višestruke koristi, kako za poljoprivredna i izgrađena područja u zaleđu obalnog pojasa, tako i za njihova zemljišta. Prije obnove močvarnih uvjeta potrebno je ukloniti postojeću, nemočvarnu vegetaciju i naneseni vodonepropusni sediment koji ne odgovara močvarnim uvjetima. Debljina sloja koji se iskopava ovisi o pedološkim i geološkim karakteristikama područja implementacije mjere. Uklanjanje invazivnih vrsta svakako bi trebalo uključiti u projekt zbog negativnih učinaka koje mogu imati na razvoj autohtone močvarne vegetacije. Ukoliko se na zemljištu predviđenom za revitalizaciju nalaze izgrađeni objekti, njih će također trebati ukloniti.

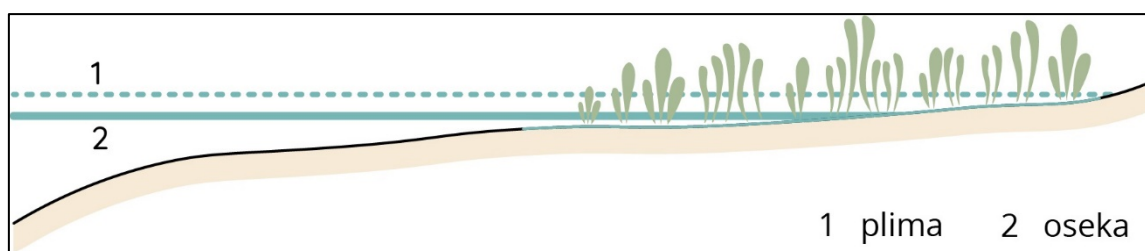
Uspostava optimalnog režima prihrane vodom, neophodne za opstanak i razvoj močvarne vegetacije, podrazumijeva zaustavljanje odvodnje iz močvarnih depresija te smanjenje crpljenja podzemne vode koja predstavlja izvor vode za močvarna vodna tijela. Ovisno o recentnoj morskoj razini, može biti potrebno dodavanje sedimenta kako bi razina zemljišta ostala iznad morske razine i tako se održavali stanišni uvjeti za močvarnu vegetaciju i njenu kolonizaciju [2]. Prije sadnje ili sijanja, potrebno je provesti analizu tla kako bi se ocijenila pogodnost za sadnju. Kod tala koja su odviše degradirana, bit će potrebno nasipavanje pjeskovitog materijala [15].

Obnova vegetacije može se provoditi na tri načina. Kada se projektira ekspanzija neisušenih ostataka nekadašnje močvare, nakon uspostave režima prihrane vodom za razvoj močvarne vegetacije najčešće je dostatno oslanjanje na prirodnu sukcesiju. Naime, ukoliko je količina sjemena i/ili spora dostatna, doći će do kolonizacije u zoni u kojoj su prisutni vlažni uvjeti [9]. Sijanje močvarne vegetacije primjenjuje se kad se obnavljaju ili formiraju nove močvare, a (pre)sadni materijal nije dostupan u okolici. Sijanje močvarne vegetacije je rizičnija metoda od sadnje odnosno presađivanja budući da pojava plavljenja može znatno ugroziti opstanak sjemena [15]. Treći način je presađivanje močvarne vegetacije iz zdravih močvara ili specijaliziranih rasadnika [2]. Kod presađivanja treba izabrati vrste močvarnih biljaka koje su prilagođene lokalnim ekološkim uvjetima. To mogu biti vrste koje se opstale u močvarnim područjima u okolici. Pritom ipak treba uzeti u obzir i moguće promjene u ekološkim uvjetima uslijed porasta morske razine i dotoka slane vode. U tim uvjetima biljke prilagođene na više razine saliniteta imat će veću stopu preživljavanja i doprinijeti rezistentnosti močvarnog ekosustava. To se može provesti uvođenjem močvarnih vrsta iz okolice koje su prilagođene bočatim i slanim uvjetima. Sadnja drvenaste vegetacije u obalnim močvarama može se provoditi u jesenskom ili proljetnom dijelu godine, odnosno izvan vegetacijskog razdoblja [15].

Obnova slanih močvara u intertajdalnim zonama zahtijeva slične postupke kao i slatkovodne močvare s tim da kod nepovoljnijih hidropedoloških uvjeta, obnova slanih

močvara može zahtijevati sadnju pionirskih vrsta koje će pokrenuti unaprjeđenje stanišnih uvjeta za druge močvarne vrste [9]. Sadnja u slanim močvarama trebala bi se provoditi u proljeće nakon prestanka opasnosti od mraza kako bi se osiguralo preživljavanje sadnica, a prije pojave vrućih dana kad visoke temperature mogu izazvati šok od presađivanja i povećanu smrtnost [15].

Na slici u nastavku (Slika 42) dan je shematski prikaz slane močvare u intertajdalnoj zoni.



Slika 42. Shematski prikaz slanih močvara u intertajdalnoj zoni

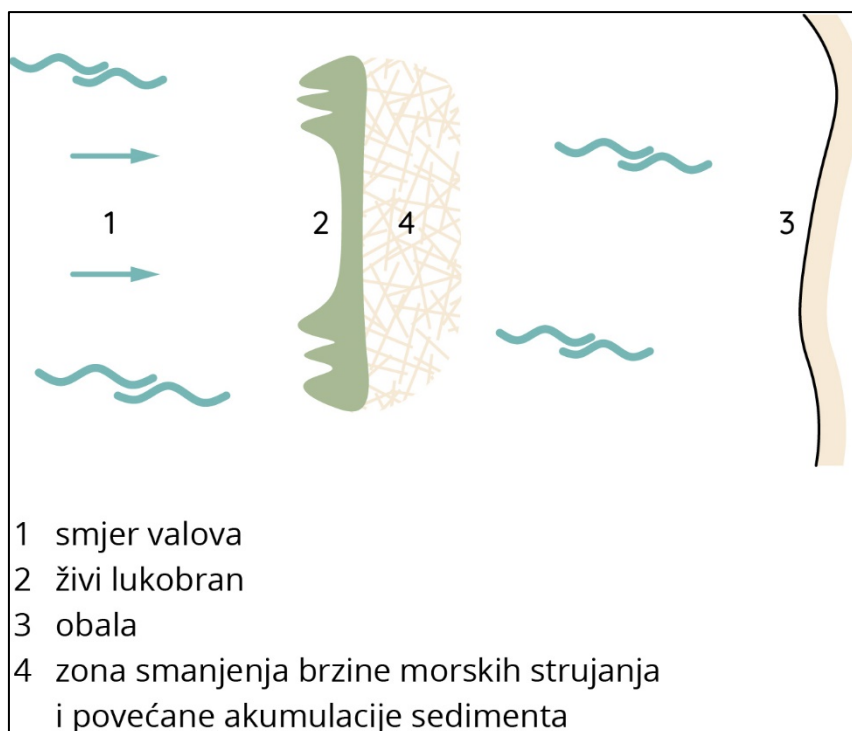
### Živi lukobrani

Živi lukobrani ili valolomi (eng. *living breakwaters*) odnose se prije svega na umjetne grebene koji se formiraju u intralitoralnoj zoni. Budući da se izgradnjom struktura u moru mijenja lokalna dinamika morskih gibanja i sedimenata uslijed loma valova, projektiranje lukobrana je zahtijevan zadatak i može imati negativne posljedice po zaštićeno obalno more i obalu ako proračuni ne uzmu u obzir morske procese koje lukobrani mogu izazvati [3]. Upravo stoga projekti živih lukobrana izrazito ovise o lokalnim uvjetima i nije moguće prenošenje rješenja s jedne lokacije na drugu.

Živi lukobrani općenito se polažu usporedno s obalom [10]. Tipično se sastoje od biorazgradivog materijala poput kokosovih trupaca, kamena (vapnenca) ili ekološki prihvatljivog betonskog materijala, primjerice *econcrete* i živog materijala (školjke) te su bogati šupljinama koje pružaju zaklon mladim ribama i stanište brojnim morskim organizmima [16]. Osim konstruiranih struktura, živi lukobrani mogu se formirati i od potopljenih struktura poput olupina plovila koje su dovoljno masivne da ostanu stabilne na dnu mora uslijed njegove dinamike. Živi materijal, prije svega kamenice, na tim strukturama dovodi do kalcifikacije odnosno očvršćivanja i rasta živih lukobrana čime se osigurava njihova dugoročna opstojnost uslijed porasta morske razine [17].

Na slici u nastavku (Slika 43) dan je shematski prikaz živih lukobrana.





Slika 43. Shematski prikaz živih lukobrana

### Morske livade

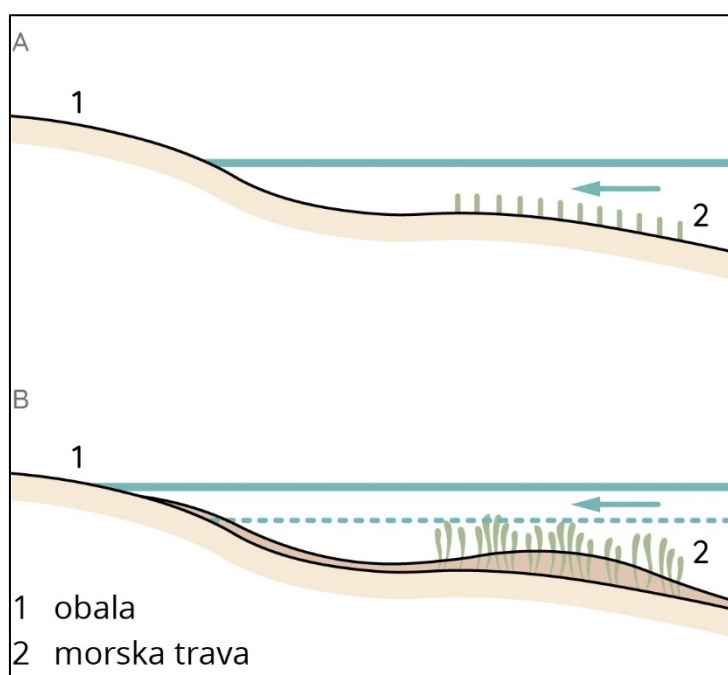
Uspostavljanje morskih livada provodi se presađivanjem s lokaliteta gdje morske trave rastu u obilju [8]. Pesađuju se sadnice ili buseni, ovisno o vrsti morske trave. Pesađivanje uključuje čupanje biljaka s korijenjem i njihovu sadnju na novom mjestu ili premještanje busenova trave zajedno sa supstratom u kojem su pustile korijenje na novu lokaciju. Premještanje biljaka i busenova odvija se jutanim vrećama položenim u plastične posude kako bi se osigurali vlažni uvjeti i smanjio gubitak supstrata. Ovisno o vrsti morske trave, busenovi se polažu na međusobnim razmacima od 50 do 100 cm [13].

Funkcija morskih livada da smanje valove direktno ovisi o volumenu stupca morske vode kojeg ispunjavaju: što je količina vlati morske trave u stupcu vode veća, to je veći i njihov utjecaj na veličinu i brzinu valova. U tom pogledu su dubina litoralne zone i visina trave značajni parametri u odabiru vrsta za sadnju. Dodatni parametri su krutost vlati, količina biomase, duljina i gustoća vlati te morfologija biljke. Uzimajući u obzir godišnje kretanje temperature mora u Hrvatskoj i očekivani porast temperature uslijed klimatskih promjena, sisanje/sadnja različitih vrsta morskih trava trebala bi omogućiti veću otpornost morskih livada i posljedično dugotrajniju zaštitu obalnih područja [8]. Radi zaštite morskih ekosustava i prilagođenosti lokalnim uvjetima, strogo se preporučuje izbor vrsta autohtonih za Jadransko more.

Pesađivanje morske trave tehnikom sadnica je radnointenzivan zahvat koji uključuje iskusne roniocce i delikatne procedure vađenja trave s korijenjem i njihovog ponovnog sađenja na novoj lokaciji. Pri vađenju trave pažnja se mora posvetiti očuvanju lokalnog ekosustava u vidu količine izvađene trave i gustoće livade nakon vađenja [8]. Pesađivanje busenova morske trave provodi se pomoću mehanizacije. Iako se takva metoda čini invazivnom za donorski ekosustav, dosadašnji su zahvati u Jadranu pokazali da je njegov

oporavak obično brz zbog dostupnosti sedimenta i da do nivelacije dna dođe u roku od tri mjeseca, a do rekolonizacije u roku jednog vegetacijskog razdoblja. S druge strane, takvi zahvati su pokazali veću vjerojatnost uspjeha na sadnoj lokaciji u odnosu na presađivanje sadnica [13]. Uspjeh presađivanja objema metodama ovisit će ponajprije o sličnosti stanišnih uvjeta između lokaliteta na kojima se provode vađenje i sadnja s tim da je vjerojatnost uspjeha mehaniziranog presađivanja povećana zbog prijenosa dijela supstrata zajedno s korijenskim sustavom [8].

Na slici u nastavku (Slika 44) dan je shematski prikaz djelovanja morske livade na konfiguraciju morskog dna. A dio slike prikazuje stanje neposredno nakon sadnje morske livade, a B dio slike prikazuje situaciju nakon razvoja morske livade.



Slika 44. Shematski prikaz djelovanja morske livade na konfiguraciju morskog dna (A – situacija nakon sadnje biljaka, B – situacija nakon razvoja morske livade)

### 1.9.1.6 Održavanje mjere

#### Ozelenjivanje zone obalnog odmaka

S obzirom na to da preživljavanje sadnica ovisi o nizu faktora, od kojih je među najvažnijima dostupnost vode korijenskom sustavu, u narednim je godinama potrebno provoditi popunjavanje sadnicama gdje je došlo do odumiranja, prorjeđivanje u dijelovima gdje gustoća sprječava optimalan razvoj sadnica, redoviti monitoring razvoja šume, detekciju štetnika (prije svega kukaca i puževa, ali i drugih životinja poput glodavaca) i pravovremeno reagiranje u otklanjanju problema. Navedeni radovi uobičajeni su u šumskom gospodarstvu. Budući da se u tim ozelenjenim pojasevima javljaju pogodni uvjeti za različite biljne vrste, monitoring bi barem u prvim godinama trebao detektirati eventualnu pojavu invazivnih vrsta i ukloniti ih kako ne bi došlo do ugrožavanja autohtone flore.

S obzirom na to da istočnu jadransku obalu obilježavaju vruća i sušna ljeta te blage i vlažne zime, vegetacija prilagođena takvim uvjetima podložna je požarima u ljetnim mjesecima. Stoga opasnost od požara treba uzeti u obzir pri upravljanju takvim ozelenjenim pojasevima.

### **Obalne močvare**

Kako bi se održala funkcionalnost močvare u pogledu smanjenja opasnosti i rizika od poplava, neophodno je provoditi redovite mjere pregleda stanja i održavanja, što predstavlja bitan element svakog projekta revitalizacije. Na strukturu, funkcioniranje i na dugovječnost močvarnog područja uvelike utječu njegova lokacija i hidrološko stanje (ulaz i izlaz površinske vode, razina podzemne vode, vrijeme zadržavanja vode i trajanje zasićenosti tla). Nakon što se močvara obnovi bit će potrebno njezino redovito održavanje, uključujući pregled i popravak građevinskih objekata ukoliko postoje, kontrolu stranih invazivnih vrsta, održavanje vegetacije te iskop istaloženog sedimenta. Dodatna mogućnost održavanja područja je tradicionalno ekstenzivno stočarstvo, koje je ujedno i održivi način korištenja močvarnog područja, gdje stoka ispašom i gaženjem sudjeluje u održavanju vegetacije [18].

Kratkoročno održavanje prvih 5 godina podrazumijeva monitoring i zamjenu odumrlih sadnica nakon sadnje odnosno presađivanja. Za utvrđivanje utjecaja implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa. U istom razdoblju može biti potrebno uklanjanje invazivnih vrsta ukoliko dođe do njihove pojave odnosno algi ukoliko dođe do njihovog bujanja u močvari. Dugoročno održavanje uključuje uklanjanje nesedimentnog debrisa nanesenog valovima, posebice kada se radi o otpadu poput plastike [15].

Na dijelovima obale gdje su močvare smještene vrlo nisko može se provoditi njihovo organizirano povlačenje prema višem terenu kako bi se oslobodio prostor za povlačenje međuplimnih staništa uslijed porasta morske razine. Organizirano povlačenje također pomaže i očuvanju močvarnih staništa koja bi u suprotnom bila potopljena [2].

### **Živi lukobrani**

Budući da se umjetni grebeni sastoje od niza prirodnih, doprirodnih i umjetnih materijala koji postaju staništa morskih organizama i sastavni dio morskog okoliša, potreban je njihov kontinuirani monitoring kako bi se sanirale eventualne nepovoljne promjene, posebice one uzrokovane pretjeranim taloženjem sitnog materijala na strukturama grebena koji bi onemogućio opstanak grebenotvornih organizama koji žive na površinama tih struktura [19]. Pretjerano taloženje silta često je pokazatelj neuspješnog projektiranja ili izvođenja zahvata.

### **Morske livade**

S obzirom na osjetljivost morskih trava, učinkovito održavanje morskih livada zahtijeva zakonska rješenja poput zaštite ekosustava morskih cvjetnica te označavanje areala morskih livada kako bi se spriječilo fizičko oštećenje uslijed sidrenja i ribarenja putem koća [8].

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.9.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 108) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 108) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice Standardna kalkulacija radova u vodogradnji).

Tablica 108. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Uređenje korita i obala močvare	m <sup>3</sup>
2.3	Nabava i postavljanje krupnog kamenog materijala za izgradnju umjetnih grebena	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sijanje trave ( <i>Poaaceae</i> sp.)	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
3.3	Nabava i sadnja grmlja	kom
3.4	Nabava i sadnja drveća	kom
3.5	Presadivanje morske trave	m <sup>2</sup>

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije zelenih mjera za obranu od poplava u obalnom području čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi. Naime, kako obnova močvara i ozelenjivanje zone obalnog odmaka obuhvaćaju zemljišta koja su često privatna, u slučaju njihova otkupa upravo će to činiti najveći dio troškova. Troškovi otkupa ovise o cijeni zemljišta na pojedinom području i mogu jako varirati.

### 1.9.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 109) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 109) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 109. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje niskog raslinja i grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Rezidba drveća	kom
1.4	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.5	Praćenje stanja zahvata	kom
1.6	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.9.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga



ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.9.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnute šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 110) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 110. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
<p> smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva</p> <p> usporavanje površinskog otjecanja sa sliva</p>	<p>Zeleni pojasevi u zoni obalnog odmaka i močvare smanjuju i usporavaju površinsko otjecanje, no njihov učinak je najčešće malen zbog male širine/veličine tog pojasa odnosno močvara.</p>
<p>povećanje evapotranspiracije</p>	<p>Vegetacijski pojas koji uključuje drveće općenito ima značajan kapacitet za pohranu vode u vlažnom i njeno oslobađanje putem evapotranspiracije u sušnom dijelu godine.</p>
<p>povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode</p>	<p>Obnovom močvarnih uvjeta povećava se povezanost površinskih i podzemnih voda. S druge strane, vegetacija djeluje pedogenetski na tlo i povećava njegov kapacitet za zadržavanje i procjeđivanje vode u podzemlje.</p>
<p>povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode</p>	<p>Vegetacija djeluje pedogenetski na tlo i povećava njegov kapacitet za zadržavanje i procjeđivanje vode u podzemlje. Značajnost mjere ovisi o površini ozelenjenog pojasa.</p>
<p>smanjenje erozije</p>	<p>Vegetacija povećava hrapavost terena i na taj način usporava površinsko otjecanje, bilo da je ono uzrokovano oborinama ili inundacijom uslijed valova. Značajnost mjere ovisi o površini ozelenjenog pojasa i njegovoj širini.</p>

korist	pojašnjenje
smanjenje abrazije	I morske livade i umjetni grebeni djeluju umirujuće na gibanja mora te smanjuju energiju i visinu valova uslijed čega se smanjuje njihovo abrazivno djelovanje na obale.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### 1.9.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 111) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [8, 18, 20, 21], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 111. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav, brojnost i biomasa fitoplanktona	Ovisno o odabranim zahvatima, ova mjera doprinosi obnovi i razvoju i morskih i slatkovodnih staništa. Morske livade i umjetni grebeni pružaju obitavalište, hranilište i sklonište za brojne mobilne organizme te povoljne stanišne uvjete za brojne sesilne organizme. Manje ribe koriste umjetne grebene kao utočišta i zaklon u razvoju. Močvare su pak vrijedna staništa za vodenu i o vodi ovisnu vegetaciju i životinje.
1.2. sastav i brojnost ostale vodene flore	
1.3. sastav i brojnost makrozoobentosa	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• varijacije dubine</li> </ul>	Umirivanjem dinamike vode i smanjenjem energije valova, mijenja se pronos materijala u morskoj vodi te dolazi do njegovog taloženja

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<ul style="list-style-type: none"> <li>struktura i sediment priobalnog mora</li> <li>struktura plimne zone</li> </ul>	u intralitoral, između obalne crte i umjetnih grebena čime se mijenja i sediment dna priobalnog mora. Smanjuje se izloženost obale valovima kao i abrazija plimne zone.
2.2. plimni režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>smjer prevladavajućih struja</li> <li>izloženost valovima</li> </ul>	Izgradnjom živih lukobrana može doći do lokalnih promjena morfoloških uvjeta i plimnog režima.
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>prozirnost</li> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>salinitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Morska vegetacija apsorbira ugljik i dušik iz vode te fotosintezom proizvode kisik. Smanjenjem dinamike vode odnosno energije valova smanjuje se pronos, a povećava taloženje sedimenata uslijed čega se povećava prozirnost morske vode. Močvare presreću i filtriraju polutante i višak nutrijenata koji pristižu površinskim otjecanjem prema obali.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.–2021. (NN 66/16), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [22].

Budući da se implementacijom mjere obrane obalnih područja od poplava mogu očekivati i određeni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj

u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.9.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje je se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 112) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [23, 24], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 112. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Morske livade i umjetni grebeni iznimno su pogodna staništa za niz morskih organizama, od riba i rakova do školjkaša i drugih beskralješnjaka. Uslijed toga su te zone bogate lovnim ribama. Jednom kad se razvije, vegetacija u morskim livadama i obalnim močvarama može se koristiti za presađivanje i uspostavljanje novih takvih područja. Močvarna područja mogu se koristiti za održive prakse ispaše stoke.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Morske livade smanjuju pronos tvari i dovode do njihovog taloženja uslijed čega dolazi do negativnih učinaka na morske trave. Mikroorganizmi u močvarnim ekosustavima sudjeluju u razgradnji polutanata dok pojedine biljne vrste korijenskim sustavom vežu pojedine polutante, poput metala, organskih kemikalija, dušika i fosfora, te tako smanjuju njihov negativan učinak na vodeni ekosustav.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	S obzirom na to da svi zahvati uključuju vegetaciju, njihov kumulativni učinak najvidljiviji je u pogledu smanjenja dinamike morske vode (valova) i sedimenta te njihovog taloženja. U slučaju ekstremnih hidrometeoroloških uvjeta, vegetacija umiruje i smanjuje valove i na taj način njihovo destruktivno djelovanje na obalni pojas.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Vegetacija obalnih močvara i morskih livada kao i školjkaši na umjetnim grebenima neizostavan su tvorbeni element močvarnih i morskih bentičkih staništa. Te strukture podržavaju organizme u različitim fazama životnog ciklusa pružajući stanišne, hranidbene i uvjete zaklona.
2.2.5. svojstva vode	Svi zahvati doprinose taloženju sedimenta čime se unaprjeđuju fizička svojstva vode važna za kvalitetu staništa, osobito staništa morskih livada. Močvarna vegetacija uspješno filtrira nutrijente, posebice anorganske poput fosfata i nitrata, te polutante (uključujući teške metale) pristigle površinskim otjecanjem.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Budući da svi zahvati u ovoj mjeri podrazumijevaju primjenu vegetacije, učinak na apsorpciju ugljikovog dioksida iz atmosfere i

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
	emisije kisika putem fotosinteze ovisit će prije svega o površini pod vegetacijom.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Svi zahvati u okviru ove mjere doprinose biološkoj raznolikosti obalnog područja te omogućuju različite interakcije između ljudi i prirode. Povećanje prisutnosti i raznolikosti životinjskih organizama u bentičkim staništima kao i ptica u močvarnim staništima može postati značajan ekoturistički resurs. Značajnost koristi od mjere ovisi o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.2. podzemna voda za prehranu, materijale ili energiju	Vegetacija u zonama obalnog odmaka i močvarama unaprjeđuje razmjenu između površinskih i podzemnih voda te doprinosi procjeđivanju površinske vode u podzemlje čime se povećava njena dostupnost za vodoopskrbu. Iako takva zelena infrastruktura dovodi do procjeđivanja vode iz površinskog otjecanja koja bi većim dijelom otekla u more, značajnost ove mjere bitno je smanjena relativno malom površinom te infrastrukture.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla neživim procesima	Djelujući kao barijere i/ili hrapavost terena koje umiruje gibanje vode (bilo morske, bilo one koja dotječe površinskim otjecanjem), močvare i umjetni grebeni dovode do taloženja nanosa i njegovog izuzimanja iz aktivne cirkulacije vodenim ekosustavima. Na isti način smanjuje se i energija valova i njihov destruktivni učinak na obalnu zonu.
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Svi zahvati u okviru ove mjere doprinose krajobraznoj raznolikosti obalnog područja te omogućuju različite interakcije između ljudi i prirode. Povećanjem broja i raznolikosti krajobraznih elemenata, grebena i undulacije terena, povećava se ekoturistička i rekreativna vrijednost ovih područja. Značajnost koristi od mjere ovisi o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

## Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična



iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.9.3 Primjeri mjere

#### 1.9.3.1 Obnova slanih močvara na poluotoku Steartu u Engleskoj

Poluotok Steart u južnoj Engleskoj povijesno je obalno močvarno područje koje je kroz 20. stoljeće dijelom korišteno za ispašu stoke, a dijelom kao poljoprivredne površine za uzgoj kukuruza. Velik dio zemljišta poluotoka je u privatnom vlasništvu. Poluotok je 1981. godine doživio katastrofalnu poplavu uzrokovanu plimnim valovima. Taj je događaj ukazao na negativne posljedice poljoprivredno korištenja poluotoka uslijed čega je smanjena prirodna – močvarna kontrola poplave. Otvorena je dvosmjerna komunikacija između vlasnika zemljišta i poljoprivrednika s jedne strane i nadležne okolišne agencije s druge strane kroz koju je započet razvoj projekta obnove prirodnih slanih močvara [9].

Razvoj projekta trajao je između 2009. i 2011. godine kada je započela provedba. Najprije je formirana slatkovodna močvara kako bi se osiguralo stanište za vodene organizme tijekom izvedbe zahvata. Participativnim pristupom odabrano je varijantno rješenje koje je zadovoljavalo i okolišne i zahtjeve lokalnog stanovništva [9]. Privatna zemljišta otkupljena su 2012. godine uz podršku lokalne zajednice nakon čega je započela provedba zahvata formiranjem slanih i bočatih močvara. Obnova slanih močvara odvijala se na ukupnoj površini od 500 ha, a temeljila se na prirodnoj kolonizaciji. Obnova je uključivala i izgradnju turističke infrastrukture (staze, vidikovci). Zahvati su završeni 2014. godine te je novoosnovani rezervat otvoren za javnost [25].

Tijekom vegetacijskog razdoblja 2015. godine uočene su prve biljke u novostvorenim močvarama. Dok je proizvodnja kukuruza prestala, stočarstvo je nastavljeno i stočari danas nude janjetinu i govedinu vrhunske kvalitete uzgojenu u slanim močvarama zbog čega ima specifičan okus. Pojava riba u močvarama privukla je i različite ptičje vrste te vidru čime je povećana bioraznolikost i turistički potencijal područja [9, 25].

Postprojektni godišnji monitoring obavljali su volonteri svakog ljeta uz stručnu podršku s Manchesterskog metropolitanskog sveučilišta. Preko trideset volontera je obučeno za prepoznavanje vrsta močvarne vegetacije. S obzirom na to da je akademska literatura ukazivala na generalno loše poznavanje močvarnih ekosustava i njihovih usluga među općom javnosti, u sklopu projekta su organizirani otvoreni događaji na kojima su posjetitelji mogli razgovarati sa stručnjacima te se upoznati s koristima projekta [9].

Učinci poplava uzrokovanih valovima uslijed podizanja morske razine su smanjeni. Dok su dijelovi okolnog Somerseta bili plavljeni tijekom zime u narednim godinama, na poluotoku Steartu nije bilo poplava. Osim obrane od poplava i obalne abrazije, značajno su povećane ekološka, rekreativna i turistička vrijednost prostora što je unaprijedilo kvalitetu života i gospodarski razvoj kraja [25].

Na slici u nastavku (Slika 45) prikazano je projektno područje nakon obnove.



Slika 45. Slane močvare nakon obnove na poluotoku Steartu [26]

### 1.9.3.2 Eksperimentalno presađivanje morske trave u Venecijanskoj laguni

Venecijanska laguna površine oko 55.000 ha jedan je od najvećih intertjaldalnih ekosustava u Sredozemnom moru i uključuje slane močvare, otoke i morska područja dubine do 5 m s prosječnom dubinom oko 1,2 m. Lagunu obilježava najveći visinski raspon između plime i oseke na Mediteranu – 121 cm (u razdoblju 1986.–2004.). Tijekom 20. stoljeća došlo je do značajnih hidromorfoloških promjena u laguni uslijed izgradnje velikih struktura poput molova, kanala, isušivanja plitkih dijelova obale te izgradnje industrijskih zona. To se negativno odrazilo na morske livade čemu je u kasnijim desetljećima doprinijela i pojava alohtonih vrsta. Površina morskih livada tako se od 1990. do 2004. godine smanjila za 33%, s 5.493 na 3.674 ha [13].

Presađivanje morskih trava u Venecijanskoj laguni započelo je 1990-ih godina u sklopu različitih projekata financiranih EU sredstvima, prije svega LIFE i Interreg projekata. Primjerice, testno ručno presađivanje 1996. i 1997. godine provedeno je metodom sadnica i busena za čvorastu morsku resu i morsku vilinu. Monitoring nakon dvije vegetacijske sezone pokazao je da čvorasta morska resa ima stopu opstanka presađenih jedinki od 73–74% pri čemu je bolji učinak na širenje pokazalo busenje (gustoća od 86%) nego sadnice (76%). Morska vilina imala je nižu stopu opstanka (48%/busen - 60%/sadnice), ali su sadnice postigle nešto bolji učinak na širenje (gustoća od 74%) u odnosu na busenje (70%) [13].

Godine 2010. provedeno je testno mehanizirano presađivanje metodom busena čvorastu morsku resu i morsku vilinu. Mehanizacija je oblikovana tako da može zgrabiti busenje, odnosno travni tepih površine 2 m<sup>2</sup> i debljine supstrata 40–60 cm. Na sadnoj lokaciji mehanizacijom su kopani jarci u koje je potom položeno busenje. Međusobni razmak

između pojedinih travnih tepiha bio je 130 cm. Monitoring nakon tri vegetacijske sezone pokazao je da su tepisi postigli gustoću između 80 i 100% te da su se proširili između 3,2 i 3,8 puta [13].

U razdoblju od 2004. do 2017. godine površina morskih livada u Venecijanskoj laguni povećala se 85%, s 3.674 na 6.796 ha. Pritom su značajno smanjene polikulturne livade s različitim vrstama, a povećane monokulturne koje se sastoje od jedne vrste. Nakon 2010. posađene su i prve livade primorske rupije na površini od oko 281 ha [13].

### 1.9.3.3 Presađivanje posidonije u NP Kornatima

Presađivanje posidonije u Nacionalnom parku Kornatima provedeno je u listopadu 2019. godine u sklopu Interreg projekta SASPAS između Italije i Hrvatske. Lokalitet sadnje nalazio se u zaljevu Kravljačici u zapadnom dijelu nacionalnog parka gdje je dno bilo degradirano dugogodišnjim sidrenjem brodova. Podloga na kojoj je presađivanje provođeno sastojala se od pješčanog supstrata na dubini od oko 10 m. Presađivanje je provodio tim ronioca-znanstvenika [13].

Sadnice su presađivane ručno budući da presađivanje u busenima nije prikladno za tu vrstu. Na donorskim lokalitetima birane su plagiotropne sadnice s horizontalnorastućim korijenjem za koje je utvrđeno da imaju veću stopu preživljavanja od ortotropnih s vertikalnorastućim korijenjem. Pri vađenju sadnica nastojalo se osigurati smanjenje gustoće trave od maksimalno 1%. Birane su biljke duge oko 15 cm s barem tri izbojka. Struktura od biorazgradivog materijala korištena je za učvršćivanje pod deset sadnica koje su potom transportirane na sadni lokalitet [13].

Ukupna posađena površina iznosila je oko 100 m<sup>2</sup>, a presađeno je 720 sadnica. Trošak presađivanja iznosio je u prosjeku oko 150 eura po m<sup>2</sup> posađene površine. Monitoring proveden u lipnju 2020. pokazao je da je stopa opstanka između 50 i 75% [13].

### 1.9.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] Bekić, D., Mckeogh, E. (2013): *Primjena karata opasnosti i rizika od poplava u prostorno-planskoj dokumentaciji*, u: Bekić, D. (ur.): *Zbornik radova: Dani gospodarenja vodama 2013 – Napredak kroz znanost*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 397-412

[2] Belamarić, I., Berlengi, G., Breil, M., Lay, V., Jure, M., Pernek, M., Povh Škugor, D., Pranzini, E., Scoccimarro, E., Sekovski, I. i dr. (2021): *Priručnik za jačanje otpornosti obala Jadrana*, PAP/RAC, Split

[3] Berlengi, G., Margeta, J. (2016): *Preporuke za jačanje otpornosti obala na utjecaje klimatskih promjena: što bi lokalna uprava, stanovnici i investitori u nekretnine na obali trebali znati*, UNEP, Šibenik

[4] Baric, A., Grbec, B., Bogner, D. (2008): Potential Implications of Sea-Level Rise for Croatia, *Journal of Coastal Research* 24 (2), 299-305

[5] *Coastal Risk Screening Tool*, Climate Central, <https://coastal.climatecentral.org/> (pristupljeno 4. svibnja 2022.)

- [6] Zakon o potvrđivanju protokola o integralnom upravljanju obalnim područjem Sredozemlja, NN 08/2012
- [7] Lincke, D., Wolff, C., Hinkel, J., Vafeidis, A., Blickensdörfer, L., Povh Škugor, D. (2020): The Effectiveness of Setback Zones for Adapting to Sea-Level Rise in Croatia, *Regional Environmental Change* 20, 46 (1-12)
- [8] *Options for Ecosystem-Based Adaptation in Coastal Environments: A Guide for Environmental Managers and Planners*, UNEP, Nairobi, 2016.
- [9] Hudson, R., Kenworthy, J., Best, M. (ur.) (2021): *Saltmarsh Restoration Handbook: UK and Ireland*, Environment Agency, Bristol
- [10] *Living Breakwaters*, Scape / Landscape Architecture PLLC, New York, 2014.
- [11] Morske cvjetnice, <http://www.haop.hr/hr/tematska-podrucja/prirodne-vrijednosti-stanje-i-ocuvanje/bioraznolikost/morske-vrste/morske> (pristupljeno 5. svibnja 2022.).
- [12] van Rooijen, A., Hansen, J., Serrano Urena, A., da Silva Costa, L. (2017): Application of XBeach to Model Erosion of a Beach Fronted by Seagrass, u: *Proceedings of the Australasian Coasts & Ports 2017: Working with Nature, Engineers Australia*, PIANC Australia i Institute of Professional Engineers New Zealand, Barton, 1098-1103
- [13] Curiel, D., Pavelić, S., Kovačev, A., Miotti, C., Rismondo, A. (2021): Marine Seagrasses Transplantation in Confined and Coastal Adriatic Environments: Methods and Results, *Water (Switzerland)* 13, 2289
- [14] *Best Practice Guidelines for the Establishment of a Coastal Greenbelt*, IUCN, Colombo, 2007.
- [15] *Salt Marsh Restoration Design Guidelines*, NYC Parks, New York, 2018.
- [16] *Living Breakwater*, NROC, South Kingstown, 2019.
- [17] Risinger, J. (2012): *Biologically Dominated Engineered Coastal Breakwaters*, doktorska disertacija, Louisiana State University, Baton Rouge
- [18] Forbes, H., Ball, K., McLay, F. (2015): *Natural Flood Management Handbook*, Scottish Environment Protection Agency, Stirling
- [19] de Oliveira, P., Pereira, L. (2021): Nature-Based Solution in the Context of Sustainability: A Case Study of Artificial Reefs u: Leal Filho, W., Tortato, U., Frankenberger, F. (ur.): *Integrating Social Responsibility and Sustainable Development*, Springer, Cham, 241-253
- [20] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [21] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [22] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [23] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting



[24] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

[25] McGrath, T. (2021): To Enable Communities to Engage with the Biggest European Tidal Flat and Saltmarsh Restoration Project, u: Yamashita, H. (ur.): *Coastal Wetlands Restoration: Public Perception and Community Development*, Routledge, London

[26] Steart Marshes, <https://www.rewildingbritain.org.uk/rewilding-projects/steart-marshes> (pristupljeno 12. svibnja 2022.).



# **SMJERNICE ZA TEHNIČKO PROJEKTIRANJE I PROCJENU SOCIOEKONOMSKE IZVEDIVOSTI MJERA ZELENE INFRASTRUKTURE**

## **KNJIGA 3 – MJERE ZA UPRAVLJANJE INTENZITETOM FLUVIJALNE EROZIJE I NEŽELJENIM TALOŽENJEM NANOSA**

## SADRŽAJ

<b>1 Mjere za upravljanje intenzitetom fluvijalne erozije i neželjenim taloženjem nanosa .....</b>	<b>3</b>
1.1 Revitalizacija korita vodotoka .....	3
1.2 Revitalizacija obala vodotoka .....	27
1.3 Riparijska vegetacija .....	48
1.4 Sedimentacijski bazen .....	69

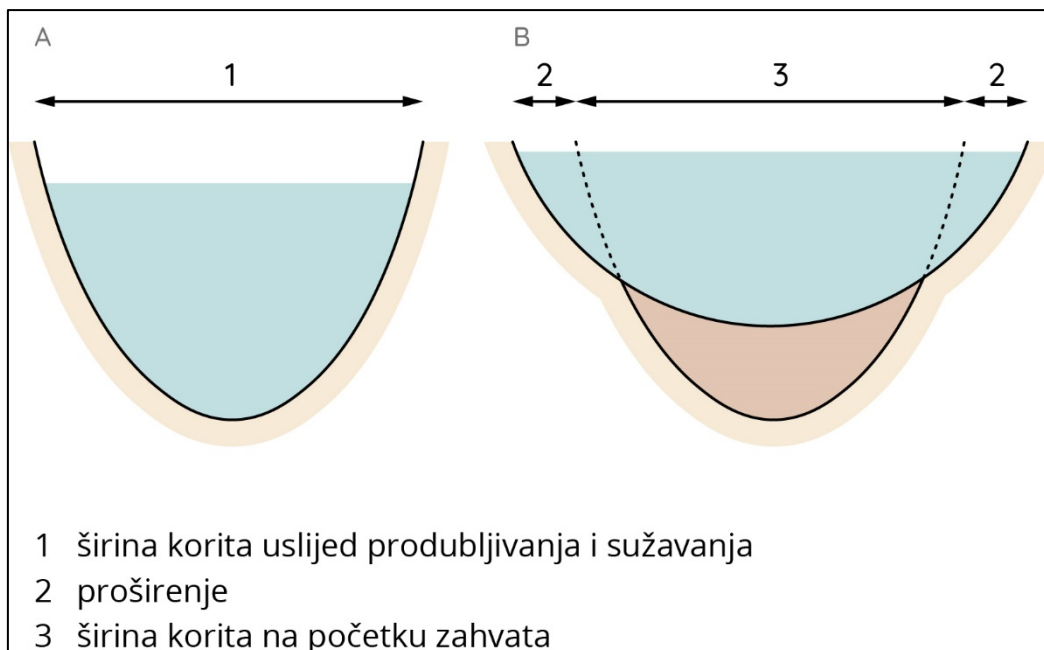
# 1 Mjere za upravljanje intenzitetom fluvijalne erozije i neželjenim taloženjem nanosa

## 1.1 Revitalizacija korita vodotoka

Korito vodotoka je žljebasto udubljenje na površini Zemlje kojim teče voda [1]. Poprečni presjek prirodnog korita varira duž toka: u gornjem toku obično ima V presjek, u srednjem toku U presjek, a u donjem toku prošireni U presjek. U prošlosti su korita vodotoka nerijetko regulirana strukturnim zahvatima u svrhu sprječavanja poplava i oslobađanja površina za poljoprivredu i druge oblike korištenja zemljišta. Iako su takvi zahvati općenito povećali kontrolu toka i lokalno smanjili opasnost od poplava, njihovi dugoročni učinci u nizu slučajeva su rezultirali povećanjem opasnosti od poplava na slivu i drugim negativnim posljedicama poput smanjenja broja i degradacije vodenih i riparijskih staništa i općenito smanjenja bioraznolikosti u tim područjima [2, 3]. Zamjena propusnog materijala na dnu i obalama korita nepropusnim te uklanjanje vegetacije dovelo je do negativnih promjena u eroziji, pronosu i taloženju sedimenta u dijelovima toka koji nisu bili zahvaćeni takvim zahvatima [3]. S druge strane, kod izravnatih korita u kojima je zadržana propusna podloga kao i kod vodotoka na kojima je provedeno strojno produbljenje korita (jaruženje), česta je pojava erozije i produbljivanja dna korita uslijed povećane brzine toka i vučne sile [4]. Konstantna erozija dna onemogućava razvoj i opstanak bentičkih staništa.

Revitalizacija izvornog<sup>1</sup> oblika korita provodi se najčešće u kombinaciji s drugim mjerama obnove vodotoka poput obnove meandara, uklanjanja armirano-betonskih i nepokretnih struktura s korita i obala i obnove riparijske vegetacije. Mjera uključuje promjene širine, dubine i oblika omočenog oboda, zamjenu „sivih“ materijala prirodnima u cilju obnove izvornog stanja te obnovu izvorne strukture i sastava materijala dna korita (Slika 1). Kod korita na kojima su ugrađene strukture od „sivih“ materijala, ovoj mjeri prethodi njihovo uklanjanje, a sama mjera uključuje njihovu zamjenu zelenim strukturama utemeljenim na vegetaciji kako bi se sanirali negativni učinci „sivih“ struktura i obnovila staništa [2, 3]. Zamjena betonskih podloga propusnim tlom i vegetacijom dovodi do smanjenja brzine toka i erozije uslijed povećanja hrapavosti te obnove prvobitne ravnoteže nanosa. Kod produbljenog korita, obično se donosi prirodni materijal kojim se oplicuje korito. Proširenje korita pak smanjuje pronos nanosa i povećava kapacitet korita za prihvatanje vode tijekom poplavnih događaja [5].

<sup>1</sup> Budući da je korito vodotoka iznimno dinamično u geološkom vremenu, ovdje se pod izvornim koritom misli na strukturu i formu korita neposredno prije regulacije strukturnim zahvatima.



**Slika 1. Shematski prikaz proširivanja i oplićavanja dna korita uz obnovu izvorne strukture dna korita u poprečnom presjeku**

Budući da revitalizacija podrazumijeva promjene u morfologiji i dinamici vodotoka, u određenim slučajevima ovisno o lokaciji implementacije mjere i željenim učincima bit će potrebno primijeniti stabilizacijske tehnike. Maksimalni učinak tih tehnika postiže se kad one omoguće obnovu vegetacijskog pokrova i prirodnost obala [2]. Stabilizacijske tehnike općenito koriste biljke, a prema stupnju kompleksnosti dijele se na tehnike renaturalizacije materijala dna korita, tehnike renaturalizacije obala i tehnike biljnog inženjerstva. Renaturalizacija materijala dna korita (engl. *riverbed material re-naturalisation*) temelji se na obnovi prvobitnog sastava sedimenta dna korita. Renaturalizacija obala (engl. *bank re-naturalisation*) je stabilizacijska tehnika koja se koristi na obalama s manjom erozijom. Biljno inženjerstvo (engl. *plant engineering*) obuhvaća stabilizacijske tehnike koje kombiniraju ekološka načela i inženjerstva u dizajnu i implementaciji padina i obala koristeći biljke kao stabilizacijski materijal [2, 3].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.1.1 Tehnički opis

### 1.1.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere revitalizacije korita vodotoka.

## Podloge za preliminarnu analizu

U tablici u nastavku (Tablica 1) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarnu analizu i planiranje revitalizacije korita vodotoka. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostornom kontekstu implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 1. Podloge za preliminarnu analizu**

podloge za preliminarnu analizu
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalni ortofotosnimci (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• pedološke karte</li> <li>• povijesne karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i methodska podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

## Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se na dionici vodotoka na kojoj se izvodi revitalizacija korita. Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 2).



Tablica 2. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i općenitih mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene šireg područja korita te u svrhu određivanja povezanosti površinskih voda i podzemnih voda.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene šireg područja korita, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja te laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tijekom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Budući da mjera predstavlja zahvat revitalizacije vodotoka, biološka istraživanja potrebno je provesti s ciljem utvrđivanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznolikosti kako bi se u fazi nakon implementacije moglo zaključiti u kojoj mjeri je zahvat pozitivno utjecao na bioraznolikost vodotoka.

### Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta revitalizacije korita vodotoka potrebno je provesti hidrološke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 3) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

Tablica 3. Podloge potrebne za proračune

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom visine do razine velike vode i uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta na lokaciji zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se implementira mjera)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	vodostaj, protok i pronos nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na dionici vodotoka (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)

### Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u

nastavku (Tablica 4). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 4. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena revitalizacija korita.</li> </ul>
<p>Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž toka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa kroz revitalizirano korito;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja revitaliziranog korita na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti tla</b>
<p>Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških proračuna potrebno je provesti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost korita – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.</li> </ul>
<p>Za nasute građevine u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti pokosa obala;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje.</li> </ul>

Prilikom planiranja revitalizacije korita vodotoka u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre. Poplave se opisuju prema povratnom periodu – što je veća poplava, to je i dulji njezin povratni period. Modeli koji analiziraju utjecaj klimatskih promjena na povratni period vodostaja vodotoka predviđaju promjene u povratnim periodima [6].

### 1.1.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Revitalizacija korita vodotoka može se provoditi na područjima s različitim načinima korištenja zemljišta, od poljoprivrednih, šumskih i močvarnih do izgrađenih područja, u različitim hidroklimatskim uvjetima (vlažnim, umjerenim i sušnim) te na slivovima svih veličina [2]. Budući da revitalizacija korita podrazumijeva povećanje dinamike toka i uspostavu riparijskih zona, može zahtijevati zauzimanje dodatne površine uz korito.

Ukoliko su površine uz korito vodotoka u privatnom vlasništvu, potrebno ih je otkupiti ili vlasnicima nadoknaditi izgublenu ekonomsku aktivnost.

Obnova materijala dna korita moguća je na vodotocima s različitim režimima, iako će efikasnost zahvata biti značajna tek na slivovima većim od 1 km<sup>2</sup>. Najpovoljnije vrijeme za radove je u razdoblju niskih vodostaja pri čemu je potrebno osigurati dovoljno vremena za završetak radova prije prvih očekivanih velikih voda [7].

S obzirom na to da obnova materijala dna korita u najvećem broju slučajeva podrazumijeva oplićivanje korita, u proračunima je potrebno uračunati moguće probleme s pronosom leda i stvaranjem ledostaja na morfološki nepovoljnijim profilima vodotoka u zimskim mjesecima, a posljedično i povećanje opasnosti od mogućih ledenih poplava. Problemi nastaju uslijed ledohoda kada nakupine leda naiđu na zamrznuti dio vodotoka, fizičku prepreku ili plitki dio vodotoka te se počinju nabijati jedna pod drugu i u vrlo kratkom vremenu počinju stvarati nepropusnu ledenu barijeru. Ta ledena barijera može formirati gotovo nepropusnu pregradu, onemogućiti normalno otjecanje i izazvati uspor odnosno dizanje razine vodostaja na uzvodnom području te posljedično i poplave. Sa smanjenjem protoka i brzine vode u vodotoku kao i smanjenjem dubine vode, količina i brzina formiranja leda te njegova debljina se povećavaju. Ključni elementi pri tome su i riječna morfologija (sprudovi, plićaci, meandri), ali i objekti u vodotoku poput stupova mostova, odnosno prepreke i suženja na kojima se led može zaustavljati. Slijedom navedenog, prilikom projektiranja mjere u obzir je potrebno uzeti i navedeni faktor, kako implementacija mjere ne bi povećala opasnost od poplava u situacijama pronosa leda i smrzavanja vodotoka [8].

Provedba revitalizacije korita vodotoka kao moguća mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.1.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 5 do Tablica 7) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere revitalizacije korita vodotoka.

Tablica 5. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Oplićivanjem korita i zamjenom „sivih“ struktura zelenima povećava se hrapavost korita i smanjuju brzine tečenja vode. Istodobno dolazi do uravnoteženja erozijskih i sedimentacijskih procesa u koritu. Međutim, za odabir najprikladnije varijante revitalizacije korita vodotoka, informacije o količini i vrsti nanosa su važan projektni parametar zbog shvaćanja sadašnjih procesa erozije i sedimentacije te što točnijeg određivanja režima pronosa nanosa nakon implementacije mjere.
led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj. S obzirom na to da obnova materijala dna korita u najvećem broju slučajeva podrazumijeva oplićivanje korita, u proračunima je potrebno uračunati moguće probleme s pronosom leda i

hidrološki projektni parametar	opis
	stvaranjem ledostaja na morfološki nepovoljnijim profilima vodotoka u zimskim mjesecima, a posljedično i povećanje opasnosti od mogućih ledenih poplava.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi varijantno rješenje revitalizacije vodotoka bilo u skladu s prirodnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata. Zamjenom „sivih“ elemenata zelenima dolazi do promjena u hidrološkom režimu na način da se smanjuje brzina vode uslijed povećanja hrapavosti i dolazi do određenog smanjenja maksimalnog protoka, ali povisuje vodno lice pa je odabir prikladnog rješenja važan kako ne bi došlo do suprotnog efekta i umjesto smanjenja, došlo do povećanja opasnosti od poplava na području implementacije mjere i nizvodnim dionicama vodotoka.
hidrološki režim podzemnih voda	S obzirom na to da količina vode u vodotoku ovisi i o napajanju iz sustava podzemnog toka, podaci o razini podzemne vode i prihranjivanju vodotoka predstavljaju važan projektni parametar kod projektiranja mjere jer razina podzemne vode na taj način utječe i na hidrološke parametre (protok i vodostaj) u vodotoku koji se revitalizira.
opasnost od poplava šireg područja implementacije mjere	Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje se izrađuju temeljem dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja, a koje prikazuju poplavne površine i dubinu vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere na smanjenje opasnosti od poplava, poplavne su površine i dubina poplavne vode te propagacija vodnog vala.

**Tablica 6. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi transportna moć vodenog toka. Do promjene kapaciteta dolazi uslijed promjena poprečnog profila i hrapavosti korita. Povećanje hrapavosti obala rastom vegetacije uzrokuje smanjenje brzine toka čime se povećava visina vodnog lica i posljedično smanjuje kapacitet za prihvat dodatne vode tijekom poplavnih događaja. Iz tog razloga, potrebno je revitalizirati korito vodotoka rješenjem kojim ne dolazi do značajnog smanjenja kapaciteta korita kako ne bi došlo do suprotnih efekata od željenih, odnosno do povećanja umjesto smanjenja opasnosti od poplava.
erodibilnost korita	Važan parametar koji ovisi o pronosu nanosa i erozijskoj snazi vode, a utječe na lokalnu ili globalnu nestabilnost korita vodotoka. Revitalizacijom korita vodotoka dolazi do povećanja hrapavosti te smanjenja brzine tečenja i intenziteta fluvijalne erozije čime se pozitivno utječe na povećanje stabilnosti i smanjenje erodibilnosti korita.

**Tablica 7. Oblikovni i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib pokosa obala	Revitalizacija korita vodotoka može podrazumijevati i zaštitu obala primjenom bioloških materijala i sadnica autohtonih biljnih vrsta, pritom najčešće dobivajući kosu konstrukciju za zaštitu obala koja omogućava ulazak i izlazak iz vode životinjskim vrstama koje obitavaju na lokaciji zahvata.

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
dno korita vodotoka	U obnovi materijala dna korita cilj je postići ravnotežu između sitnozrnatog i krupnozrnatog materijala kako bi se ublažila erozija dna. Kada dno korita obilježava deficit krupnozrnatog materijala, cilj zahvata je povećati bočnu eroziju kako bi vodotok sam proizveo taj tip materijala i taložio ga na dnu korita. Cilj je obratan kada dno korita obilježava suficit sitnozrnatog materijala koji oplićuje korito i degradira bentička staništa – tada se zahvatima nastoji smanjiti erozija obalnih strana korita i poloja s kojih u vodotok pristiže taj tip materijala. Revitalizacijom korita vodotoka dno korita potrebno je povisiti na razinu koja će omogućiti da dno korita pri niskom vodostaju ostane pod vodom 90% vremena. To je posebno važno radi očuvanja bentičkih stanišnih uvjeta u vodotocima s izrazitim godišnjih oscilacijama vodostaja [7].
biološki materijal	Preporuča se korištenje materijala iz nalazišta na lokaciji zahvata, biološkog materijala poput vrbovog pruča ( <i>Salix</i> sp.) dobivenog čišćenjem lokacije i sadnica autohtonih biljnih vrsta.

#### 1.1.1.4 Ekološki aspekti mjere

Revitalizacija korita unaprjeđuje ekološke uvjete u vodotoku. Ekološki ciljevi trebali bi se odrediti već u ranim fazama projektiranja. Budući da su hidrotehnički zahvati na nekim vodotocima provedeni prije više desetaka godina i da možda ne postoje podaci o autohtonim staništima, potrebna su biološka istraživanja u sedimentu odnosno drugim vodotocima u slivu sa sličnim ekološkim uvjetima. Obnova materijala dna i smanjenje erozije dna generalno unaprjeđuju ekološke uvjete za obnovu i razvoj bentičkih staništa. Promjene dubine korita u uzdužnom i poprečnom presjeku također omogućuju razvoj različitih bentičkih staništa.

S druge strane, primjena tehnika biljnog inženjerstva pozitivno utječe na razvoj vodenih i riparijskih staništa koja su važna i kao mrjestilišta i rastilišta riba. Riparijska vegetacija također kontrolira razmjenu materijala i polutanata između vodotoka i okolnih površina, sprječavajući dotok većine polutanata s poljoprivrednih i izgrađenih površina površinskim otjecanjem. Posebno je važno korištenje vegetacije na južnim i zapadnim obalama za stvaranje hlada i smanjivanje temperature vode, što u ljetnim mjesecima doprinosi očuvanju i zaštiti posebice ihtiofaune, ali i svih ostalih vrsta. Pojava ada pak u kombinaciji s razvojem riparijske vegetacije može pozitivno utjecati na lokalne populacije ptica. U izboru vrsta za osnivanje riparijske vegetacije naglasak treba biti na vrstama autohtonima za sliv. Pritom vrste s pionirskim karakteristikama mogu razviti uvjete za rast i razvoj druge flore.

#### 1.1.1.5 Vrste radova

Revitalizacija korita obuhvaća obnovu izvorne dubine korita nasipavanjem dna i proširenjem korita. Kod vodotoka čije je korito premještanom radi izravnavanja moguće je vraćanje korita na izvornu trasu [9] što se najčešće provodi kao dio mjera obnove meandara i rukavaca koje su opisane u zasebnim poglavljima ovih Smjernica (Knjiga 2, poglavlja 1.1 i 1.2). Mjere revitalizacije korita vodotoka najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- obnova materijala dna,



- proširenje korita,
- zamjena „sivih“ struktura zelenima.

Efikasno planiranje, projektiranje i provedba zahvata zahtijevaju uključenost niza dionika: od stručnjaka za prostorno i vodno planiranje i gospodarenje okolišem preko tijela nadležnih za vodno gospodarstvo do privatnih zemljoposjednika, poljoprivrednika i ribolovaca.

### Obnova materijala dna korita s uznapredovalom erozijom dna

Obnova materijala dna korita može uključivati zamjenu postojećeg dna s onakvim kakvo je bilo prije inicijalnih hidrotehničkih zahvata ili ponovno formiranje dna korita oplićivanjem gdje je ono sniženo uslijed intenzivne erozije dna. U obnovi materijala dna korita cilj je postići ravnotežu između sitnozrnatog i krupnozrnatog materijala kako bi se ublažila erozija dna. Kada dno korita obilježava deficit krupnozrnatog materijala, cilj zahvata je povećati bočnu eroziju kako bi vodotok sam proizveo taj tip materijala i taložio ga na dnu korita. Cilj je obratan kada dno korita obilježava suficit sitnozrnatog materijala koji oplićuje korito i degradira bentička staništa – tada se zahvatima nastoji smanjiti erozija obalnih strana korita i poloja s kojih u vodotok pristiže taj tip materijala [7].

Ponovno formiranje dna korita odnosno oplićivanje uključuje zapunjavanje dna korita, kontrolu bočne erozije te formiranje hidrotehničkih stepenica na prijelazima gdje je potrebno. Radi obnove izvornog materijala dna korita, za zapunjavanje se preporučuje koristiti krupnozrnati materijal s pripadajuće naplavne ravnice ili s očuvanih/neerodiranih dijelova dna korita. Optimalna veličina zrna materijala razlikuje se s obzirom na stanišne uvjete i životinjske, prije svega riblje vrste koje se revitaliziraju u vodotoku te hidrološke uvjete (protok, poprečni presjek korita, prirodna veličina zrna materijala u vodotoku) kako bi se osigurao njihov opstanak u koritu. Dno korita se povisuje na razinu koja će omogućiti da dno korita pri niskom vodostaju ostane pod vodom 90% vremena. To je posebno važno radi očuvanja bentičkih stanišnih uvjeta u vodotocima s izrazitim godišnjim fluktuacijama vodostaja [7].

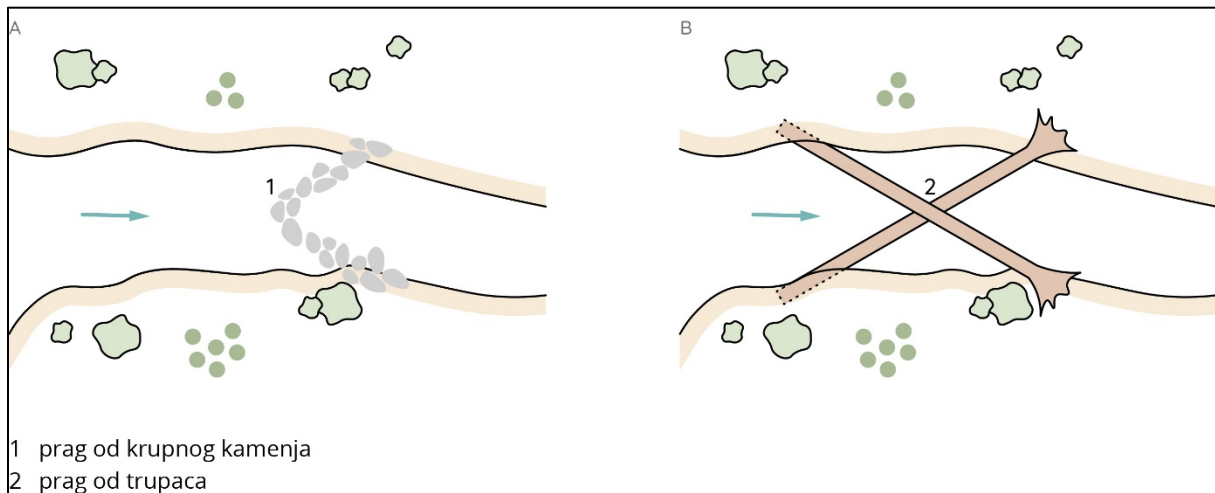
Budući da se zahvati obnove dna korita tipično obavljaju sekcijski, na prijelazima će najčešće biti potrebno formiranje stepenica. Formiranje stepenica opisano je u posebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.5). Dijelovi poloja na kojima je iskapan materijal za zapunjavanje dna korita mogu se transformirati u bare s napajanjem iz podzemnih voda u kojima će se formirati stanišni uvjeti. Ukoliko se uz oplićivanje provodi i proširivanje korita, ako iskopani materijal s obalnih strana nije odgovarajući za zapunjavanje dna, on se može koristiti za zapunjavanje takvih iskopa.

### Obnova materijala dna korita na plitkim vodotocima

Na plićim vodotocima u kojima erozija dna nije odviše uznapredovala, moguće je formiranje barijera od trupaca ili većeg kamenja (eng. *cross vanes*) u svrhu usporavanja vode i taloženja nanosa. Funkcioniranje tih struktura temelji se na ograničavanju transportne snage vode tako da ona može pronijeti sitnozrnati, ali ne i krupnozrnati materijal koji se stoga taloži uzvodno od tih struktura. Barijere od većeg kamenja formiraju se u obliku slova V u tlocrtu sa zaobljenim vrhom usmjerenim uzvodno (Slika 2-a). Pritom

se za konstrukciju izabire kamenje dovoljne veličine i mase koje može izdržati očekivane velike protoke [10].

Drvene barijere formiraju se tako da se po dva trupca polažu u obliku slova X u tlocrtu preko korita. Izabiru se trupci čija je duljina veća od širine korita na lokaciji na kojoj se postavljaju [10]. Oba kraja trupca ukopavaju se u obalu radi stabilizacije pri čemu se bazni odnosno korijenski dio trupca polaže nizvodno (Slika 2-b). Za postizanje taloženja nanosa te se strukture mogu postavljati duž vodotoka na kraćim ili duljim razmacima, ovisno o vrijednostima pronosa nanosa.



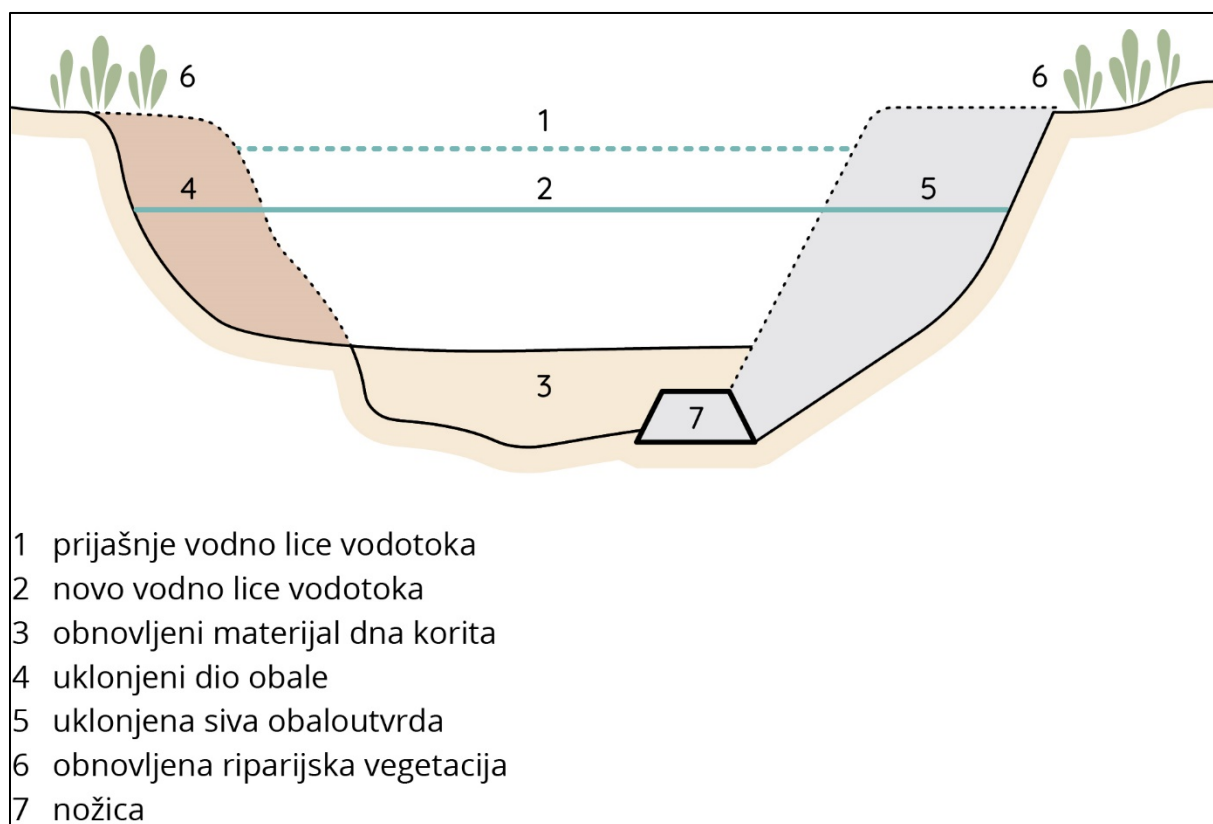
**Slika 2. Tlocrtni prikazi pragova za zadržavanje nanosa: a) od kamenja i b) od trupaca**

S obzirom na to da je stabilnost ovih drvenih i kamenih struktura prilagođena umjerenoj brzini vode, one nisu prikladne za postavljanje na vodotocima s izraženim bujičnim karakterom. Isto tako, pragovi mogu predstavljati značajnu barijeru u kretanju pojedinih vodenih organizama što treba uzeti u obzir pri selekciji i projektiranju tih struktura [10]. Pragovi kao prateća mjera zelene infrastrukture obrađeni su u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.3).

### **Proširenje korita**

Proširenje korita je mjera kojom se lokalno smanjuju negativni učinci kanaliziranja vodotoka budući da se omogućuje slobodan tok vode te se povećava kapacitet korita za prihvatanje vode tijekom poplavnih događaja. Nove dimenzije korita određuju se na temelju hidrauličkih i statičkih proračuna. Uobičajeni radovi na proširenju korita tipično uključuju uklanjanje dijelova obala (Slika 3) i/ili uklanjanje „sivih“ struktura za stabilizaciju obala te njihovu zamjenu zelenim strukturama. Uklanjanjem „sivih“ struktura, obale postaju podložne bočnoj eroziji i zahtijevaju stabilizacijske mjere među kojima se preporučuje biljno inženjerstvo. Stabilizacija obala i povećanje otpornosti na eroziju putem korijenja riparijske vegetacije jedna je od najjeftinijih i ekološki najprihvatljivijih mjera, no njen nedostatak se očituje u vremenu potrebnom da se korijenski sustav razvije i pruži potrebnu zaštitu. Stoga na vodotocima s izraženom bočnom erozijom može biti potrebno

kombiniranje mjera odnosno privremena stabilizacija obala „zelenim“ ili „sivim“ strukturama dok se ne razvije dostatan korijenski sustav.



**Slika 3. Shematski prikaz proširenja korita u poprečnom presjeku**

Proširenje korita često je dio pristupa „prostor za rijeku“ (eng. *room for the river*). S obzirom na to da se formiraju novi erozijsko-akumulacijski odnosi u vodotoku, proširenje korita može omogućiti formiranje isprepletenih rukavaca na trasi vodotoka putem lokalnog taloženja nanosa kojim se formiraju ade – privremeni sedimentacijski otoci. S obzirom na privremenost takvih otoka, na njima se rijetko razvija vegetacija, a kada se razvije, radi se obično o travama (*Poaceae* sp.) [5].

### Zamjena „sivih“ struktura zelenima

„Sive“, obično armirano-betonske strukture s dna i obala korita zamjenjuju se zelenim strukturama koje se ponajprije poistovjećuju sa modificiranim obaloutvrdama ili primjenom biljnog inženjerstva kojim se uspostavlja riparijska i druga vegetacija koja stabilizira obale i regulira procese razmjene vode i materijala između vodotoka i poplavnog područja [11]. Zahvati uspostavljanja riparijske vegetacije kao i postavljanja modificiranih obaloutvrda opisani su u zasebnim poglavljima ovih Smjernica (Knjiga 3, poglavlje 1.3 Riparijska vegetacija; Knjiga 5, poglavlje 1.1 Obaloutvrda).

### 1.1.1.6 Održavanje mjere

Predviđa se da poduzete mjere imaju dugoročni učinak i doprinose obnovi prirodnih fluvijalnih (erozijskih i sedimentacijskih) procesa. U tom pogledu, nisu potrebne posebne mjere održavanja. Godišnji monitoring potrebno je provoditi nakon završetka vlažne sezone kako bi se ustanovilo stanje erozije dna i obala te sanirali nepoželjni učinci eventualnih intenzivnih poplavnih događaja. Periodični monitoring potreban je kod korištenja biljnog inženjerstva i uspostave riparijske vegetacije kako bi se osigurao njen opstanak i uslijed erozivnog djelovanja vodotoka i površinskog otjecanja, hidrometeoroloških uvjeta i ukorjenjivanja te moguće pojave štetnika, bolesti i invazivnih vrsta. U narednim godinama može biti potrebno održavanje u vidu prorjeđivanja i održavanja krošnji. To valja provoditi u jesenskim mjesecima kako bi se izbjegli nepovoljni učinci na širenje sjemena i gniježđenje ptica [12].

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.1.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 8) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 8) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 8. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	

2.1	Iskop i ukop materijala u korito vodotoka	m <sup>3</sup>
2.2	Uklanjanje postojećih elemenata „sive“ infrastrukture	m <sup>3</sup>
2.3	Izgradnja modificiranih obaloutvrda	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnje drveća	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi. Naime, ako implementacijom mjere dolazi do povećanja širine korita vodotoka, može biti potrebno otkupiti zemljište potrebno za provedbu tog zahvata. U konačnici će troškovi implementacije ovisiti o alternativnim oblicima korištenja zemljišta te o lokacijskim uvjetima.

### 1.1.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 9) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 9) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 9. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Orezivanje niskog raslinja	m <sup>2</sup>
1.2	Rezidba drveća	kom
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom



## 1.1.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.1.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute štete na materijalnim dobrima i od izbjegnute štete zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute štete u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 10) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 10. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode	Povećanjem varijacija u širini i dubini korita povećava se kapacitet korita za skladištenje vode u jedinici vremena.
smanjenje brzine toka	Zbog dinamičnije morfologije korita i povećanja hrapavosti do koje dolazi uslijed zamjene armirano-betonskih materijala prirodnima te primjenom vegetacije, dolazi do smanjenja brzine toka.
povećanje evapotranspiracije	Povećanje vodnog lica toka te smanjenje brzine toka povećava evaporaciju dok ozelenjene strukture povećavaju transpiraciju. Taj je učinak međutim rijetko velik.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Revitalizacija korita općenito zamjenjuje umjetne materijale prirodnima uslijed čega dolazi do obnove veze i razmjene između vodotoka i podzemnih voda.

korist	pojašnjenje
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Uvođenje vegetacije uključuje primjenu tla na mjestu umjetnih materijala čime se automatski povećava ukupni kapacitet tla u zoni vodotoka za skladištenje vode.
smanjenje erozije	Smanjenje brzine toka smanjuje njegovu erozijsku moć dok povećanje stabilnosti obala vegetacijom unaprjeđuje otpornost korita na eroziju.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### 1.1.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 11) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [13-16, 17, 18], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 11. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Revitalizacija korita podrazumijeva promjene u morfologiji korita i zamjenu umjetnih materijala prirodnima uslijed čega se unaprjeđuju uvjeti za raznolika vodena i riparijska staništa. Povezanost vodenog toka s podzemnim vodama u sušnom razdoblju omogućuje njegovu stalnost koja je nužna za opstanak vodenih staništa i organizama. Pojava vegetacije na rubovima korita formira povoljne uvjete za mrijest, rast i razvoj vodenih životinja. Smanjenje dnevnih fluktuacija temperature vode, posebice u ljetnom razdoblju, također doprinosi stabilnosti vodenih staništa.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim:	

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Revitalizacija korita podrazumijeva promjene u morfologiji korita odnosno varijacije u širini i dubini te materijalima dna i obala čime se mijenja dinamika toka (usporavanje) i njegov erozijski učinak. Promjene u materijalu mijenjaju strukturu i sediment dna i obala te obnavljaju razmjenu vode između toka i podzemnog vodonosnika i tako osiguravaju kontinuitet vodotoka u različitim godišnjim dobima.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Obnovljena riparijska vegetacija krošnjama stvara sjenu i tako smanjuje dnevne fluktuacije temperature vode, posebice u ljetnom razdoblju. Zamjena umjetnih materijala biljnim povećava apsorpciju ugljičnog dioksida i regulira režim kisika u toku. Riparijska vegetacija na obalama filtrira pronos sedimenta i polutanata s okolnih površina u vodotok.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, engl. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [19].

Budući da se implementacijom mjere revitalizacije korita vodotoka mogu očekivati i značajni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.1.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 12) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [2, 7, 20, 21], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 12. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Vraćanjem korita u prirodno/doprirodno stanje i obnovom riparijske vegetacije unaprjeđuju se stanišni uvjeti za vodene i kopnene organizme. Organski i genetski materijal biljaka, algi, gljiva i životinja iz tih staništa mogu se koristiti za održavanje i osnivanje populacija. Učinak mjere ovisit će i o stanju okolnog područja i kvaliteti tla.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Riparijska vegetacija zadržava i filtrira polutante koji površinskom otjecanjem dotječu s okolnih površina prema vodnim tijelima. Vodena flora također sudjeluje u razgradnji tvari antropogenog podrijetla koje pristignu u vodno tijelo.
2.1.2. smanjenje štetnog djelovanja antropogenog porijekla	Vodena i riparijska vegetacija stabiliziraju obale i dno korita te tako sprječavaju njihovu eroziju koja ostavlja tzv. „rane“ u krajobrazu. Na taj način smanjuje se negativan vizualni doživljaj krajobrazu.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Promjene u poprečnom presjeku korita direktno utječu na fluvijalne procese odnosno eroziju, pronos i taloženje nanosa u koritu. Riparijska vegetacija zadržava i filtrira polutante koji površinskom otjecanjem dotječu s okolnih površina prema vodotoku te usporava površinsko otjecanje i vodeni tok, posebice tijekom poplavnih događaja. Primjerice, korijenje vezuje fosfor uz čestice gline i druge sedimente.

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Poboljšanje stanja i formiranje uvjeta za razvoj novih vodenih i riparijskih staništa unaprjeđuje bioraznolikost. Biljne, životinjske i gljivlje populacija su često raznolikije i bogatije u riparijskim zonama nego u okolnim staništima te predstavljaju vruće točke bioraznolikosti i genetskog materijala.
2.2.4. regulacija kvalitete tla	Sustav korijenja i biološki debris doprinose pedogenezi kvalitetnog tla. Taj učinak je međutim ograničen na uske riparijske zone.
2.2.5. svojstva vode	Riparijska vegetacija ima mali utjecaj na kemijska svojstva vode, iako filtrira polutante koji dopijevaju u vodna tijela.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Riparijske zone povećavaju transpiraciju u odnosu na ratarske i travnjačke površine te smanjuju lokalne dnevne fluktuacije u temperaturi zraka, no zbog relativno male površine je taj učinak ograničen.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Riparijske zone su vruće točke bioraznolikosti, i mogu se organizirati da uključuju različite estetsko-rekreativne sadržaje koji uključuju biotičke elemente. U tom pogledu će značajnost koristi od mjere ovisiti o prisutnosti tih sadržaja i mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Proširivanjem korita povećava se kapacitet vodotoka za skladištenje vode.
4.2.2. podzemna voda za prehranu, materijale ili energiju	Uklanjanje „sivih“ struktura i zamjena zelenima obnavlja interakciju između podzemnih i površinskih tokova vode te povećava procjeđivanje vode u podzemlje koje se često koristi kao vodonosnik u vodoopskrbnim sustavima. Riparijska vegetacija također unaprjeđuje procjeđivanje površinske vode u podzemlje.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Tlo u riparijskim zonama ima određeni kapacitet za procjeđivanje površinske vode i vezivanje polutanata.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Riparijske zone uključuju obalna područja s dinamičnim hidromorfološkim obilježjima i posljedično hidrološkom raznolikošću. Te zone mogu se organizirati da uključuju različite estetsko-rekreativne sadržaje koji uključuju abiotičke elemente. U tom pogledu će značajnost koristi od mjere ovisiti o prisutnosti tih sadržaja i mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	



## Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.1.3 Primjeri mjere

#### 1.1.3.1 Revitalizacija korita rijeke Drave u Koruškoj

Projekt obnove gornjeg toka Drave u Koruškoj, u Austriji, provodio se od 2006. do 2011. godine. Revitaliziran je dio toka između Oberdrauburga i Spittala an der Drau duljine oko 68 km, a cilj projekta bilo je postizanje bolje kontrole i ublažavanje opasnosti od poplava. Naime, Drava je u tom dijelu imala anastomozirajuće korito do druge polovice 19. stoljeća te redovno plavila održavajući močvare i vlažne livade u svojoj dolini. Hidroregulacijski zahvati započeli su 1870-ih godina izravnavanjem korita radi smanjenja opasnosti od poplava i oslobađanja plavljenih površina za poljoprivredu i naseljavanje. Istraživanja nakon stogodišnjih poplava 1965. i 1966. godine detektirala su uznapređovalu eroziju dna, sužavanje i produbljivanje korita, smanjenje stabilnosti obala te pogoršane ekološke uvjete (ugroženost ribljih i biljnih vrsta, lokalno izumiranje životinjskih vrsta poput vidre) [22].

Iako su „sive“ strukture za obranu od poplava funkcionirale desetljećima, produbljivanje korita dovelo je do njihove destabilizacije i smanjene funkcionalnosti. Prvi zahvati revitalizacije korita započeti su 1993. godine kojima je revitalizirano 10 km korita, sto močvarnih lokaliteta te oko 100 ha riparijske zone. Poboljšanje hidromorfoloških i ekoloških uvjeta potaknulo je daljnje revitalizacijske zahvate među kojima je i ovaj LIFE projekt „Life vein – Upper Drau River“ [19]. Zahvati od 2006. do 2011. su uključivali proširenje korita na ukupnoj duljini od 5 km na tri dionice (Rosenheim, Amlach/St. Peter i Obergottesfeld), izgradnju brane za zadržavanje nanosa, formiranje novih rukavaca i bara, obnovu riparijskih zona te formiranje područja rekreativnih sadržaja [22, 23].

Proširenje korita uključivalo je uklanjanje nasipa uz korito, iskop materijala u svrhu fizičkog proširenja korita te izgradnju skrivenih struktura u koritu radi zaštite obala od erozije tijekom poplavnih događaja (Slika 4). Izgradnja brane za zadržavanje nanosa u nizvodnom dijelu projektnog područja bila je potrebna radi smanjivanja erozivne snage vodotoka, odnosno intenzivne erozije i pronosa erodiranog materijala s dna korita (Slika 5). Brana je konstruirana na način da tijekom poplavnih događaja zadržava plivajući drveni materijal i debris dok omogućuje pronos smrvljenih stijena i šljunka nizvodno. Na taj se način omogućuje taloženje šljunka nizvodno i ublažava intenzivna erozija dna [22].



Slika 4. Iskopavanje materijala radi proširenja korita kod Amlacha/St. Petera u listopadu 2009. godine



Slika 5. Brana za zadržavanje nanosa [22]

Projekt je provodilo i sufinanciralo federalno Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva Republike Austrije s partnerima zaduženim za pojedinačne manje dijelove projekta, projektiranje i nadzor. Ukupna vrijednost projekta iznosila je 4,6 milijuna eura od čega je 32,6% sufinancirano iz EU sredstava [23].

Revitalizacija korita rezultirala je uravnoteženjem procesa pronosa i taloženja nanosa. Isto tako je i stabilizirana razina vodnog lica. Proširenje korita rezultiralo je njegovim većim kapacitetom za prihvat vode tijekom poplavnih događaja. Formiranje novih rukavaca i povremeno plavljenih bara omogućilo je obnovu staništa za rijetke vrste za koje se smatralo da su izumrle u gornjem toku Drave [22, 23].

### 1.1.3.2 Revitalizacija dna korita potoka Inchewan Burn u Škotskoj

Potok Inchewan Burn u duljini od oko 2.270 m teče središnjom Škotskom prije nego se ulije u rijeku Tay kod sela Birnama sjeverno od Edinburga. U izvorišnom dijelu teče pošumljenim, reljefno raščlanjenim područjem uslijed čega ima bujični karakter. Kad je 1970-ih pored sela građena magistralna cesta A9 Edinburg–Inverness, dionica potoka duga 100 m je pomaknuta i kanalizirana kako bi se osigurala stabilnost mosne strukture. Kanal je stabiliziran armiranim betonom te gabionskim madracima i košarama. Pucanje žica na gabionskim madracima i košarama nakon određenog vremena dovelo je do rasipanja kamenog materijala po koritu i stvaranja barijera za ulazak atlantskog lososa iz rijeke Tay u potok kojeg je ta vrsta koristila za mrijest (Slika 6, lijevo). Ekološki učinak se s vremenom kontinuirano pogoršavao dovodeći do toga da je za vrijeme niskog vodostaja voda tekla kroz rasuto kamenje [24].

Sanacija donjeg toka potoka na dionici duljine 100 m provedena je između rujna i studenog 2007. godine, tijekom sušnog razdoblja. Cilj sanacije bila je revitalizacija korita, koja je na obalama bila ograničena time što su postojeće obalne strukture morale pružati temelje za most. Najprije su uklonjene žice dezintegriranih gabiona, a tok je privremeno preusmjeren kroz cijevi. Korito je revitalizirano na način da su formirane kaskadne stepenice od prirodnog kamena s bazenom podno svake stepenice. Kaskade su oblikovane da oponašaju uzvodni dio korita (Slika 6, desno). Veći kamen korišten za kaskade prikupljen je s okolnog terena, a korišten je i manji kamen iz gabiona. Najveći kameni (~500 kg) korišteni su kao temelji stepenica te duž obala kao zaštita gabiona od abrazije i radi estetske kvalitete. Manji kamen postavljen je uzvodno od velikog koji je omogućio njegovo zadržavanje tijekom tečenja vode. Budući da je uzdužni pad na dionici vodotoka bio značajan, za stabilizaciju najkritičnijih dijelova korita korištena je ukopana armirano-betonska baza s čeličnim klinovima. Navedeno je osiguralo položaj kamenog materijala tijekom bujičnih događaja [24].





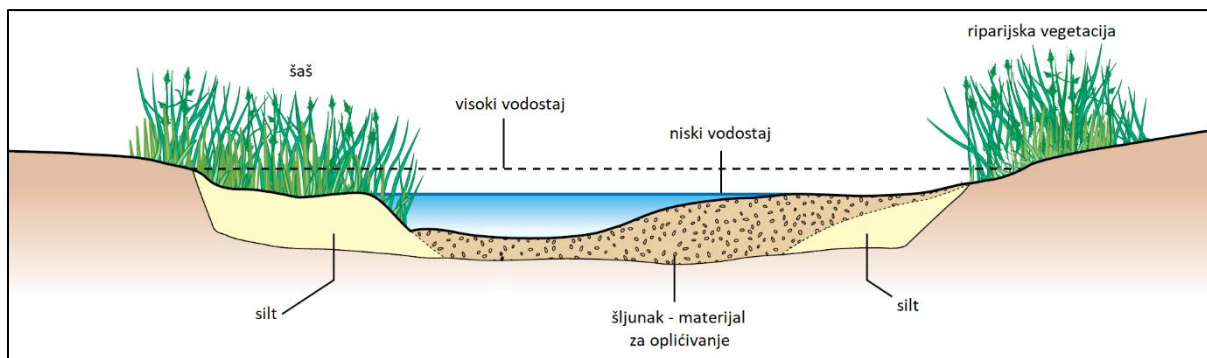
Slika 6. Stanje korita potoka Inchewan Burna prije radova u kolovozu 2006. (lijevo) i nakon radova u prosincu 2007. (desno) [24]

Ukupni trošak projekta iznosio je 150.000 € prema tečaju iz 2007. godine. Već u prosincu 2007. godine u potoku su zabilježeni atlantski losos, morska i smeđa pastrva. Monitoring proveden 2009. godine pokazao je oporavak staništa i unaprjeđenje hidrauličkih obilježja vodotoka [24].

### 1.1.3.3 Revitalizacija korita rijeke Kennet u Engleskoj oplićivanjem

Rijeka Kennet teče južnom Engleskom prije nego se ulije u Temzu kod Readinga zapadno od Londona. Gornji dio toka teče karbonatnom podlogom od sedimenata krede (engl. *chalk*) koje obilježava propusnost pa vodotok ima kontinuiranu vezu s podzemnim vodama iz kojih se i napaja. Budući da u gornjem toku rijeka teče ruralnim područjem, rijeka se u prošlosti koristila za mlinove, a tijekom 20. stoljeća provedeno je i strojno produbljivanje korita, korito je kumulativno produbljivano uslijed antropogenih utjecaja [24].

Zahvat je obavljen u listopadu 2000. godine kada je vodostaj rijeke bio najniži. Sekcija korita duljine 210 m uzvodno od Ramsburyja revitalizirana je primarno kroz smanjenje dubine korita. U svrhu određivanja učinaka zahvata na niski i visoki vodostaj i poplavne događaje, provedeno je detaljno modeliranje toka. Ono je pokazalo da bi maksimalna dubina vode tijekom niskog vodostaja trebala biti 50 cm. Sukladno proračunima, dno korita povišeno je asimetrično u uzdužnom i poprečnom presjeku kako bi se osigurala dinamika toka i razvoj vegetacije. Dublji dijelovi ostali su namijenjeni usporenom toku vode dok su plići dijelovi uz obale trebali potaknuti razvoj riparijske vegetacije (Slika 7). Oplićivanje je provedeno korištenjem materijala (šljunka s <5% pijeska i silta) iskopanog iz okolnih naplavnih ravnica kako se ne bi mijenjao petrološki sastav dna [24].



Slika 7. Shematski prikaz opličivanja korita rijeke Kennet u poprečnom presjeku [24]

Trošak zahvata bez istražnih radova i izrade projekata iznosio je 23.000 € prema tečaju iz 2000. godine. Monitoring proveden nakon godinu dana pokazao je da je zahvat uspješno spriječio bočnu i eroziju dna. Također je došlo do obnove autohtonih staništa u koritu te povratka potočne pastrve nakon nekoliko desetljeća izbjavanja. Pliće dijelove uz obale nastanio je šaš [24].

#### 1.1.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

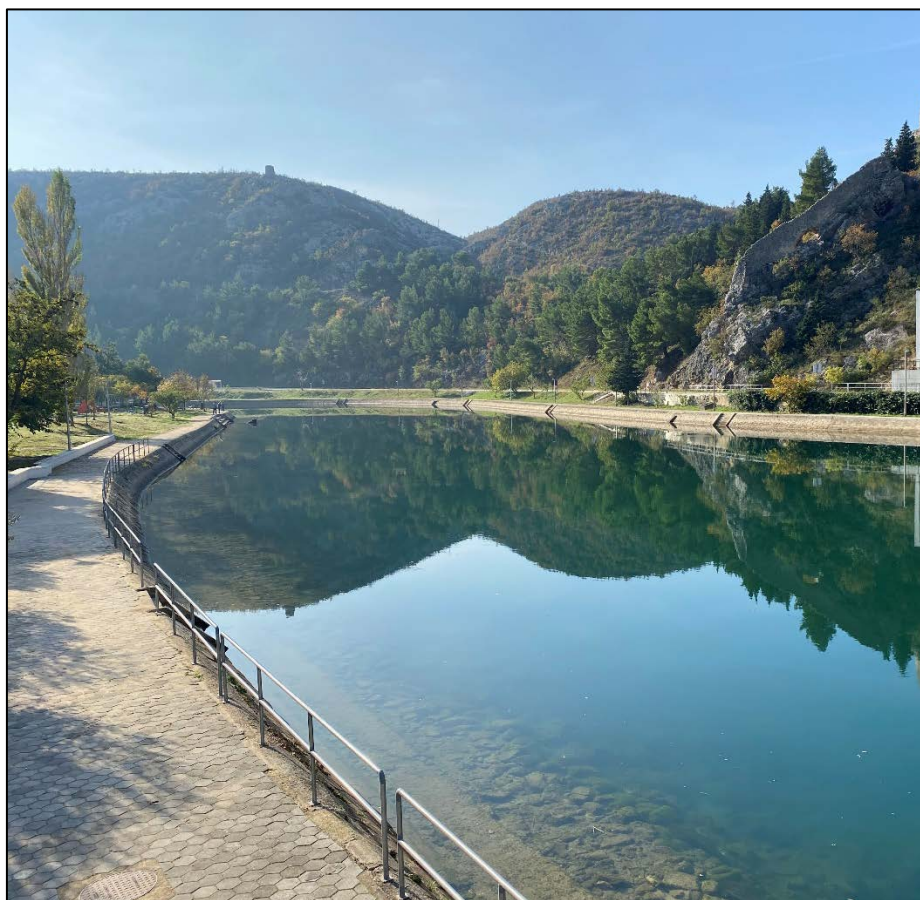
- [1] Curić, Z., Curić, B. (1999): *Školski geografski rječnik*, Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb
- [2] *Stream Bed Re-Naturalization*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/stream-bed-re-naturalization>
- [3] *Green Infrastructure and Flood Management: Promoting Cost-Efficient Flood Risk Reduction via Green Infrastructure Solutions*, European Environment Agency, Luxembourg, ISBN 9789292138943, 2017.
- [4] Kuspilić, N. (2009): *Postupci zaštite od voda*, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb
- [5] Rohde, S. (2004): *River Restoration: Potential and Limitations to Re-Establish Riparian Landscapes*, Assessment & Planning, Swiss Federal Institute of Technology Zurich
- [6] *Floodplains: A Natural System to Preserve and Restore*, EEA, Luxembourg, 2020.
- [7] *Riverbed Material Restoration*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/riverbed-material-renaturalization>
- [8] Geonatura d.o.o. (2019): *Elaborat zaštite okoliša za ocjenu o potrebi procjene utjecaja na okoliš za zahvat uređenja korita rijeke Drave*, Zagreb
- [9] Saldi-Caromile, K., Bates, K.K., Skidmore, P., Barent, J., Pineo, D. (2004.): *Stream Habitat Restoration Guidelines*, Washington Departments of Fish and Wildlife and Ecology, U.S. Fish and Wildlife Service, Olympia
- [10] Yochum, S.E. (2015): *Guidance for Stream Restoration and Rehabilitation*, USDA, Fort Collins



- [11] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [12] *Riparian Vegetation Management: Engineering in the Water Environment Good Practice Guide*, Scottish Environment Protection Agency, Edinburgh, 2009.
- [13] Vita projekt d.o.o. (2021): *Studija o utjecaju na okoliš za projekt Drava LIFE: Integralno upravljanje rijekom*, Zagreb
- [14] *Re-Meandering*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/re-meandering>
- [15] *Reconnection of Oxbow Lakes and Similar Features*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/reconnection-oxbow-lakes-and-similar-features>
- [16] *Restoration and Reconnection of Seasonal Streams*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/restoration-and-reconnection-seasonal-streams>
- [17] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [18] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [19] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [20] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [21] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [22] *Life Vein – Upper Drau River*, LIFE-Project, Klagenfurt, 2011.
- [23] *Case Study: Revitalisation of the Upper Drau*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/case-study/revitalization-upper-drau-river-austria>
- [24] *Manual of River Restoration Techniques*, 3rd ed., River Restoration Centre, Cranfield, 2020.

## 1.2 Revitalizacija obala vodotoka

Obale vodotoka su prirodni ili umjetni tereni koji se bočno nadovezuju na korito vodotoka. U prošlosti su mnoge prirodne obale zamijenjene umjetnima izgrađenim od armiranog betona ili drugih građevnih materijala kako bi se povećala njihova stabilnost i unaprijedio sustav obrane od poplava, čime je došlo do ograničavanja slobodnog toka i prirodnih fluvijalnih procesa. Nedostaci tog pristupa prepoznati su uslijed povećane brzine toka i erozije dna, nepovezanosti vodotoka i obalnog područja, degradacije ekoloških uvjeta te smanjenja bioraznolikosti [1, 2]. Na slici u nastavku (Slika 8) dan je primjer izgrađene obale.



Slika 8. Primjer izgrađene obale (izvor: Vita projekt d.o.o.)

Revitalizacija obala vodotoka obuhvaća uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala te izvedbu stabilizacije obala biološkim materijalom. Uklanjanje konstrukcija podrazumijeva rušenje inertnih dijelova konstrukcije kako bi se omogućilo proširenje korita, pospješila varijabilnost protoka (dubina, brzina i sediment) i staništa, ali i smanjile vodne količine u koritu vodotoka za vrijeme velikih voda ukoliko se uklanjanjem omogućava prelijevanje vode u pripadno poplavno područje. Mjera je preduvjet za mnoge druge mjere zelene infrastrukture poput obnove meandara i poplavnih područja, revitalizacije korita vodotoka i sadnje riparijske vegetacije [3]. U kontekstu zelene infrastrukture stabilizacija obala provodi se biološkim materijalom koji omogućuje razvoj riparijske vegetacije, no u



slučajevima specifičnih hidroloških i hidrauličkih uvjeta može biti moguća primjena jedino građevinskih rješenja [1, 4, 5]. Regulirane vodotoke najčešće karakterizira primjena „sive“ infrastrukture čime se dobivaju ravna, uniformna i glatka korita s malim koeficijentom hrapavosti i otporom tečenja [2]. Uklanjanjem „sivih“ konstrukcija na obalama vodotoka i omogućavanjem razvoja riparijske vegetacije povećava se koeficijent hrapavosti, smanjuje brzina tečenja u koritu i usporava otjecanje, smanjuje erozijsko djelovanje vode i pojačava taloženje sedimenta. Nadalje, uklanjanjem konstrukcija dolazi do proširenja korita vodotoka što direktno utječe na snižavanje vodnog lica za vrijeme velikih voda. Na slici u nastavku (Slika 9) dan je primjer prirodne obale s prisutnom riparijskom vegetacijom koja sudjeluje u stabilizaciji korita i zaštiti od erozije (rijeka Dretulja).



**Slika 9. Primjer prirodne obale s prisutnom riparijskom vegetacijom (rijeka Dretulja)**

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## **1.2.1 Tehnički opis**

### **1.2.1.1 Projektiranje mjere**

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere.

## Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 13) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje revitalizacije obala vodotoka. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 13. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• karte opasnosti i rizika od poplava</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

## Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se na obalama te unutar korita vodotoka. Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 14).

Tablica 14. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i općenitih mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene šireg područja implementacije mjere te u svrhu određivanja povezanosti površinskih i podzemnih voda.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području implementacije, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Budući da mjera predstavlja zahvat revitalizacije vodotoka, biološka istraživanja potrebno je provesti s ciljem utvrđivanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznolikosti područja kako bi se u fazi nakon implementacije moglo zaključiti u kojoj mjeri je zahvat pozitivno utjecao na bioraznolikost područja.

### Podloge za potrebe proračuna

Prilikom izrade projekta revitalizacije obala vodotoka potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 15) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

Tablica 15. Podloge potrebne za proračune

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti lokaciju zahvata i uže područje uzvodno i nizvodno od zahvata
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka uz lokaciju zahvata	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom visine do razine velike vode i uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za uređenje obala nakon uklanjanja dijelova konstrukcije su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta uz lokaciju zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na slivu i vodotoku na kojem se uklanjaju konstrukcije)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	vodostaj, protok i pronos nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)



## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 16). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 16. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđeno uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala;</li> </ul>
<p>Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž toka na dionici vodotoka na kojoj se planira uklanjanje, kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa obala te mogućnost ili ograničenja uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju obala vodotoka;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju obala na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita nakon uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju obala;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti nakon uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju obala.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
<p>Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost korita nakon uklanjanja konstrukcija – statičkim proračunima utvrđuje se mogućnost provedbe mjere, odnosno mogućnost uklanjanja konstrukcija/dijela konstrukcije za stabilizaciju obale.</li> </ul>
<p>Za nasute građevine nakon uklanjanja najčešće armirano-betonskih konstrukcija, u smislu proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti pokosa obala;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje.</li> </ul>

Prilikom planiranja revitalizacije obala vodotoka, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa) budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

### 1.2.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Mjera je primjenjiva na svim vodotocima koji su u prošlosti utvrđivani i modificirani „sivom“ infrastrukturom radi zaštite od fluvijalne erozije ili u neke druge svrhe, međutim potencijal za obnovu se smanjuje ukoliko se vodotok koristi za plovidbu, proizvodnju električne energije, ili su konstrukcije za stabilizaciju obala neophodne u zaštiti okolnih izgrađenih područja od poplava. Glavno ograničenje primjenjivosti mjere je način korištenja vodotoka i okolnog područja te blizina infrastrukture [1, 3]. Imajući na umu da je velik broj vodotoka reguliran upravo iz navedenih razloga, primjenjivost mjere je ograničena. Ukoliko je mjera sastavni dio većih projekata zelene infrastrukture poput obnove meandara, poplavnog područja, rukavaca i sl. koje prati i promjena načina korištenja okolnog područja, tada se i primjenjivost mjere povećava.

Mjera je pogodna za vodotoke na kojima je zbog utvrđivanja obala došlo do smanjenja dinamike hidromorfoloških procesa, ujednačavanja toka i nestanka sedimentacijskih formi poput otoka, sprudova i plitkih dijelova vodotoka s malim brzinama tečenja. S ekološkog stajališta radi se o vrlo bitnim staništima za razmnožavanje, hranjenje i zaklon mnogih životinjskih vrsta [3]. Za pripadnu mjeru nisu definirana ograničenja vezana uz propusnost tla ili dubinu [3].

Podatak o veličini slivnog područja nije relevantan za implementaciju mjere, međutim mjera je primjenjivija na uzvodnim i srednjim dijelovima vodotoka, uzimajući u obzir činjenicu da se na donjim tokovima vodotoka obično javlja veća potreba za stabilizacijom obala u funkciji obrane od poplava zbog značajnih količina vode koja dolazi s gornjih i srednjih dijelova toka. Izuzetak su donji tokovi vodotoka uz prirodno poplavno područje koje se želi povezati s koritom vodotoka, gdje je mjera obično dio većeg projekta obnove poplavnog područja [3].

Provedba mjere kao moguća mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.2.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 17 do Tablica 19) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere revitalizacija obala vodotoka.

Tablica 17. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	S obzirom na to da je nanos jedan od ključnih elemenata u formiranju korita vodotoka, informacije o njegovom pronosu (količini) važne su zbog shvaćanja procesa erozije i sedimentacije u koritu koji značajno utječu na stabilnost obala.
led	Usljed prisutnosti leda u vodotoku može doći do dinamičkog udara ledenih santi o obalu i abrazije obale nakon uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju. Iz tog razloga

hidrološki projektni parametar	opis
	su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice o kojima ovisi mogućnost uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju obala. Uklanjanjem konstrukcija na obalama dolazi do promjena u hidrološkom režimu na način da se povećava koeficijent hrapavosti i time smanjuje brzina tečenja, usporava otjecanje, smanjuje erozijsko djelovanje vode i pojačava taloženje sedimenta. Nadalje, uklanjanjem konstrukcija najčešće dolazi do proširenja korita vodotoka što direktno utječe na snižavanje vodnog lica. Ukoliko dolazi do uklanjanja konstrukcija kako bi se omogućila bočna povezanost vodotoka s poplavnim područjem, smanjuju se vodne količine u koritu vodotoka za vrijeme velikih voda.
hidrološki režim podzemnih voda	Podaci o razini podzemne vode predstavljaju važan projektni parametar jer visoka razina podzemne vode u zaobalju može uzrokovati hidraulički lom tla ili pojavu klizne plohe na obali nakon naglog sniženja razine vode u vodotoku na mjestu uklanjanja konstrukcije.
opasnost od poplava šireg područja implementacije mjere	Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje se izrađuju temeljem dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja, a koje prikazuju poplavne površine i dubine vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak implementacije mjere na smanjenje opasnosti od poplava, poplavne su površine i dubina poplavne vode te propagacija vodnog vala.

**Tablica 18. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
erodibilnost korita	Važan parametar o kojem ovisi mogućnost provedbe uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju obala jer provedba neće biti moguća ukoliko nakon uklanjanja dođe do intenzivno procesa erozije, nastajanja nanosa i njegovog taloženja u koritu nizvodno, kao i do mogućeg rušenja obale.
hrapavost korita	Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi dna i stanju obraštenosti korita, a opisuje se Manningovim koeficijentom hrapavosti. Uklanjanjem konstrukcija i razvojem riparijske vegetacije dolazi do povećanja koeficijenta hrapavosti što rezultira smanjenjem brzine vode uz obalu, ali i povisuje vodno lice pa je izbor koeficijenta hrapavosti jedan od ključnih parametara za osiguranje stabilnosti obala i reguliranje vodotoka nakon uklanjanja postojećih konstrukcija.

**Tablica 19. Oblikovni i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib pokosa obala vodotoka	Nakon uklanjanja konstrukcija potrebno je izvesti nagib pokosa obala tako da uklanjanje ne potakne mehanizme rušenja obala. Zaštita obala od rušenja postiže se smanjenjem brzine vode, primjenom filtarskih konstrukcija u zaobalju ili smanjenjem nagiba pokosa. Nadalje, nagib je bitan parametar koji determinira prisutnost biljnih i životinjskih zajednica te ga je potrebno uskladiti i s ekološkim ciljevima implementacije mjere.

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
širina projektnog područja	Ovisi o geometrijskim karakteristikama konstrukcije koja se uklanja te o načinu korištenja okolnog područja (npr. poljoprivreda ili urbani razvoj) koje može uslijed uklanjanja biti pod većom opasnošću od poplava.
kota krune obala	Implementacija mjere najčešće se provodi na obali koja predstavlja prepreku za bočno povezivanje vodotoka s poplavnim područjem. Pritom dolazi do snižavanja i formiranja kote krune obale na način da ona omogućuje prelijevanje vode za vrijeme velikih voda.
biološki materijal	Nakon uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju obala koje najčešće spadaju u domenu „sive“ infrastrukture, obale je potrebno urediti primjenom biološkog materijala iz nalazišta na lokaciji zahvata, primjerice primjenom humusa za poravnanje pokosa ili sadnjom autohtone riparijske vegetacije. Ukoliko je nakon uklanjanja potrebno dodatno stabilizirati obale, preporuča se korištenje zelenih primjera pratećih mjera koje su dane ovim Smjernicama (Knjiga 5).

### 1.2.1.4 Ekološki aspekti mjere

Da bi se mjera mogla smatrati zelenom infrastrukturom, mora sadržavati elemente rješenja vraćanja područja u prirodno/doprirodno stanje, a što uključuje ponovno uspostavljanje dinamike hidromorfoloških procesa, veću morfološku raznolikost vodotoka i razvoj riparijske vegetacije.

Budući da se u velikom broju slučajeva stabilizacija obala odvijala na obali podložnoj eroziji, za očekivati je da će taj proces ponovno uspostaviti nakon uklanjanja postojećih konstrukcija. Navedeno će doprinijeti ponovnom intenziviranju hidromorfoloških procesa kroz povećani unos sedimenta u vodotok, čime će doći i do povećanja taloženja nanosa nizvodno i na suprotnoj obali. Navedeni procesi su pozitivni i poželjni s ekološkog stajališta te povećavaju raznolikost staništa u riječnom ekosustavu.

Na lokacijama gdje zbog načina korištenja zemljišta i postojeće infrastrukture nije moguće dozvoliti ponovno uspostavljanje erozijskih procesa, uputno je stabilizirati obalu razvojem riparijske vegetacije koja također s ekološkog stajališta pruža brojne koristi. Riparijske zone oslanjaju se prvenstveno na ekološke doprinose upravljanja vodnim tijelima. Uz filtriranje i taloženje sedimenta, polutanata i hranjivih tvari, riparijske zone osiguravaju staništa za niz biljnih i životinjskih vrsta (uključujući oprašivače), pružaju sklonište te osiguravaju koridore za kretanje životinja. Ekološki benefiti ovih zona važni su za okolna poljoprivredna i druga doprirodna područja, kroz funkcije oprašivanja, smanjenje brzine vjetera, i dr. Putem evapotranspiracije i zasjenjenosti vodnog tijela riparijska vegetacija smanjuje dnevne fluktuacije temperature i tako u ljetnim mjesecima smanjuje opasnost od razvoja anoksičnih uvjeta u stratificiranim jezerima te cvjetanje algi.

Radi osiguravanja lokalnih ekoloških uvjeta, pri formiranju riparijskih zona nužno je koristiti autohtone biljne vrste koje mogu omogućiti obnovu prirodnih ekosustava prilagođenih lokalnim hidroklimatskim i pedološkim uvjetima. Prije formiranja riparijskih zona kao i u njihovom održavanju treba motriti pojavu alohtonih vrsta, posebice invazivnih, i evaluirati njihov učinak na stanište i biocenozu te poduzeti potrebne mjere kako bi se očuvao autohtoni ekosustav.

Implementacijom mjere mogu se očekivati i pozitivni utjecaji na povezano poplavno područje, ukoliko će biti ponovno uspostavljen prethodno izgubljen režim povremenog plavljenja.

### 1.2.1.5 Vrste radova

Mjera revitalizacije obala vodotoka najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obale primjenom plovne ili kopnene mehanizacije;
- uređenje pokosa obala;
- sadnja riparijske vegetacije.

#### Uklanjanje konstrukcija primjenom plovne ili kopnene mehanizacije

Izbor tehnologije izvođenja radova ovisi o uvjetima tečenja u vodotoku i načinu korištenja okolnog područja. Kod manjih vodotoka postoji mogućnost privremenog skretanja toka radi izvođenja radova u suhim uvjetima, međutim u velikim rijekama to neće biti moguće. Za izvođenje radova na uklanjanju konstrukcija koristi se plovna ili kopnena strojna mehanizacija, ovisno o karakteristikama lokacije, dostupnosti mehanizacije i financijskim sredstvima.

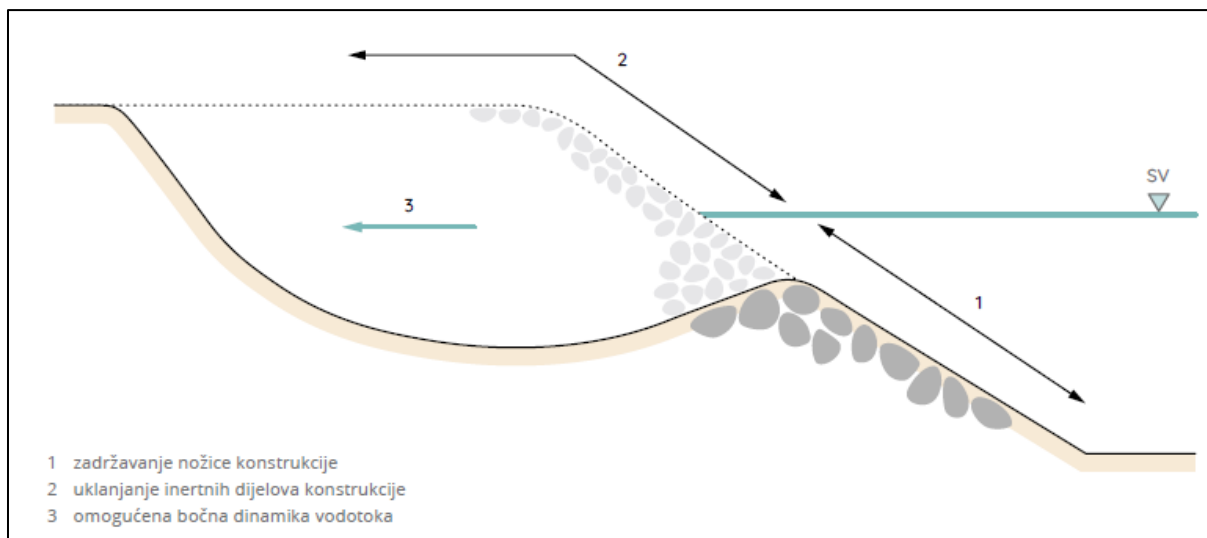
Plan izvođenja radova mora obuhvatiti:

- raspored planiranih radova i pregled pristupnih putova;
- detaljan plan odlaganja i zbrinjavanja građevinskog materijala nastalog uklanjanjem konstrukcije.

Ukoliko nastali građevinski materijal zadovoljava tražene kvalitete, preporuča se njegova reciklaža i ponovna upotreba za izgradnju neke druge građevinske konstrukcije. Višak nastalog materijala potrebno je odložiti na privremenu, a kasnije i trajnu legalnu deponiju.

Na slici u nastavku dan je shematski prikaz mjere (Slika 10).





Slika 10. Shema uklanjanja inertnih dijelova konstrukcija za stabilizaciju obala vodotoka

### Uređenje pokosa obala

Uređenje pokosa obala moguće je provesti na više načina, a ovisno o potrebama stabilizacije obala. U nekim slučajevima bit će prikladno djelomično ukloniti konstrukciju pri čemu će se zadržati nožica od kamenog materijala kako bi se osigurala stabilnost obale. Po završetku uklanjanja provodi se humusiranje za izravnavanje svih površina i sadnja trave (*Poaceae* sp.) hidrosjetvom. Preporuča se korištenje humusnog materijala preuzetog na lokaciji zahvata. Ukoliko nije drugačije određeno projektom, debljina humusnog sloja treba iznositi minimalno 25 cm.

U slučaju potrebne dodatne stabilizacije obala, moguće je postavljanje drvenih sanduka sa živim prućem koji će doprinijeti razvoju riparijske vegetacije [2]. Postavljanje drvenih sanduka kao oblika modificirane obaloutvrde detaljnije je obrađeno u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.1).

Tijekom provedbe mjere treba voditi računa o pažljivom izvođenju radova i rukovanju strojevima kako bi unos materijala i zamućenje vode bili što manji te kako bi se izbjeglo stvaranje visokih količina suspendiranog materijala u stupcu vode. Uređenje pokosa obala detaljnije je opisano u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.1).

### Sadnja riparijske vegetacije

Gdje god je to primjenjivo preporuča se sadnja drvenaste riparijske vegetacije koja pruža više koristi od travnate podloge. Glavne koristi su stabilizacija obale razvojem razgranatog korijenskog sustava, filtriranje i taloženje sedimenta, onečišćujućih i hranjivih tvari te pružanje staništa brojnim biljnim i životinjskim vrstama, što sve doprinosi poboljšanju stanišnih uvjeta i većoj bioraznolikosti. Primjena riparijske vegetacije detaljnije je opisana u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 3, poglavlje 1.3).

### 1.2.1.6 Održavanje mjere

Održavanje mjere obuhvaća redovito praćenje stanja i provjeru stabilnosti obale na kojoj je uklonjena konstrukcija. Praćenje stanja trebalo bi se provoditi najmanje jednom godišnje. Na taj način moguće je na vrijeme detektirati intenzivnije fluvijalne procese od projektiranih i provesti izvanredne mjere zaštite obale od urušavanja.

Redovno održavanje ovisi o karakteristikama na lokaciji zahvata, ali najčešće uključuje održavanje vegetacije, preciznije košnju travnate i orezivanje riparijske vegetacije koja je zasađena ili se razvila nakon uklanjanja konstrukcije.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.2.1.7 Troškovi izgradnje

Budući da je mjera uklanjanja konstrukcija za stabilizaciju obala često samo jedan segment u većim projektima zelene infrastrukture, u većini slučajeva je dostupan podatak o ukupnim troškovima projekta koji sačinjavaju i uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala vodotoka [3].

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 20) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 20) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 20. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>

<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Uklanjanje elemenata postojeće „sive“ infrastrukture	m <sup>3</sup>
2.2	Humusiranje	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sijanje trave	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnja grmlja	kom
3.3	Nabava i sadnja drveća	kom

### 1.2.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 21) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 21) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 21. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.2.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavljju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.2.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 22) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 22. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
<p>smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva</p> <p>usporavanje površinskog otjecanja sa sliva</p>	Uklanjanjem konstrukcija za stabilizaciju obala vodotoka ne utječe se značajno na karakteristike slivnog područja zbog čega je i utjecaj na površinsko otjecanje sa sliva malen. On se donekle ogleda u usporavanju otjecanja u riparijskoj zoni.
kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode	Uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala vodotoka obično je popraćeno proširenjem korita uslijed čega neminovno dolazi do povećanja njegovog kapaciteta za skladištenje vode tijekom visokog vodostaja i poplavnih događaja. Ocjena koristi ove mjere izravno ovisi o značajkama proširenja korita.
smanjenje brzine toka	Povećanjem širine vodotoka povećava se površina dna korita čime se povećava učinak hrapavosti podloge na brzinu toka. Osim značajki proširenja korita, korist od mjere uvjetovana je i riparijskom vegetacijom koja također povećava bočnu hrapavost korita.
povećanje evapotranspiracije	Učinak mjere na evapotranspiraciju najvećim se dijelom odnosi na sadnju riparijske vegetacije. Ocjena koristi pritom ovisi o odnosu riparijske vegetacije i načina korištenja okolnog područja.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Samo uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala vodotoka dovodi do zamjene umjetnih, nepropusnih materijala podloge prirodnim, propusnim materijalima. Na taj se način omogućuje infiltracija vode u tlo, iako to kvantitativno nije značajno. Sadnja riparijske vegetacije donekle će pedogenetskim procesima povećati kapacitet tla za skladištenje vode, iako zbog male površine riparijske zone taj učinak neće biti velik.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	

## Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

### 1.2.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 23) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [1, 7, 8], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 23. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Ponovno uspostavljanje hidromorfoloških procesa na lokaciji implementacije mjere čiji se učinci prenose i na nizvodne dionice doprinosi povećanju morfološke raznolikosti vodotoka, a time i povećanju kvalitete staništa za vodene organizme.  Riparijska vegetacija ima izuzetno velik utjecaj na stanišne uvjete u obalnim dijelovima korita koji se kod manjih (užih) vodotoka očituju u čitavoj širini korita. Učinci se ogledaju u smanjenju dnevnih temperaturnih fluktuacija uslijed zasjenjenosti, unosu hranjivih tvari putem lišća i drugog biološkog materijala te filtriranog nanosa, pružanju skloništa (stabljike vodenih biljaka, korijenja i otpalih drvenastih struktura), hranilišta, mrjestilišta i rastilišta vodenih organizama. Što je veća duljina riparijske zone duž vodnog tijela, to je veći pozitivan utjecaj na sastav i brojnost vodenih organizama.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala vodotoka obično praćeno proširenjem korita povećava dinamiku širine i dubine korita, strukture sedimenta dna kao i strukture obalnog pojasa čime utječe i dinamiku samog vodenog toka. Samo uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala ne utječe na kontinuitet vodotoka no druge mjere koje se obično primjenjuju poput reintegracije rukavaca mogu doprinijeti kontinuitetu.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> </ul>	



element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<ul style="list-style-type: none"> <li>• struktura i sediment dna rijeke</li> <li>• struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• režim kisika</li> <li>• sadržaj iona</li> <li>• pH, m-alkalitet</li> <li>• hranjive tvari</li> </ul>	Krošnje smanjuju izloženost vodotoka dnevnim fluktuacijama temperature vode. Biološki debris i filtrirani nanos iz površinskog otjecanja povećavaju količinu hranjivih tvari u vodnom tijelu. Vodena flora također unaprjeđuje režim kisika. Riparijska vegetacija značajan je filter onečišćujućih tvari koje se površinskim otjecanjem pronose s okolnih površina u vodna tijela.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nesintetske</li> <li>• sintetske</li> <li>• ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [9].

Budući da se implementacijom mjere mogu očekivati i značajni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.2.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 24) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [1, 10, 11], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 24. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala vodotoka i proširenje korita doprinose obnovi prirodnog stanja korita i vodenog ekosustava. Povećanjem prostorne dinamike širine i dubine korita diversificiraju se stanišni uvjeti za vodenu floru i faunu što je posebno važno za različite stadije razvoja ihtiofaune. Ukoliko je mjera popraćena obnovom riparijske vegetacije, unaprijedit će se i riparijski stanišni uvjeti koji omogućavaju pojavu, rast i razvoj različitih riparijskih i kopnenih biljnih i životinjskih vrsta.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Povećanjem dinamike u dubini i širini korita te kompoziciji sedimenta stvaraju se uvjeti za raznolikiju vodenu floru koja proizvodi kisik važan za razgradnju organskih tvari koje pristižu iz okolnih područja. Korist može biti i veća ukoliko je mjera popraćena obnovom ili sadnjom riparijske vegetacije koja filtrira pronos polutanata i nutrijenata s okolnog zemljišta prema vodotoku.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Unaprjeđenje stanišnih uvjeta za razvoj vodene i riparijske flore omogućuje stabiliziranje sedimenta dna i obala uslijed čega se povećava i njihova otpornost na fluvijalnu eroziju. Pritom uključivanje obnove/sadnje riparijske vegetacije u obalnom pojasu može značajno povećati korist ove mjere.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Povećanjem prostorne dinamike širine i dubine korita diversificiraju se stanišni uvjeti za vodenu floru i faunu čime se omogućavaju uvjeti za obitavanje i životne funkcije vodenih organizama u različitim stadijima razvoja.
2.2.5. svojstva vode	Stvaranjem povoljnih uvjeta za razvoj vodene i riparijske vegetacije te dinamike vodenog toka unaprjeđuje se režim kisika važnog za razgradnju organskih tvari. Ukoliko je mjera popraćena obnovom/sadnjom riparijske vegetacije, korist može biti i veća budući da riparijska vegetacija filtrira polutante i nutrijente koji s okolnog zemljišta površinskim otjecanjem pristižu u vodotok.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Obnova stanišnih uvjeta povećava bioraznolikost u vodotoku i riparijskoj zoni koja povećava atraktivnost krajobrazu. Značajnost koristi od mjere ovisi o tome je li i u kojem opsegu mjera popraćena
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	obnovom/sadnjom riparijske vegetacije te mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbe abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Povećanjem širine korita povećava se kapacitet za pohranu vode dok se diversifikacijom fluvijalnih uvjeta povećava autopurifikacija vode koja se onda može, uz prikladan tretman, koristiti u različite vodoopskrbne i gospodarske svrhe.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla neživim procesima	Veća dinamika vodenog toka obično je popraćena većom količinom kisika otopljenog u vodi koji je važan za razgradnju organskih tvari koje pristižu iz kopnenih oblika korištenja okolnog zemljišta.
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Budući da se obnavlja prirodna dinamika vodenog toka, omogućuju se prirodni procesi fluvijalne erozije i taloženja nanosa koji teže obnovi prirodne ravnoteže. Proširenje korita također omogućava veći kapacitet za pohranu poplavnih voda tijekom visokog vodostaja.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Povećanje hidromorfološke raznolikosti korita (promjene u širini, pojava ada i raznolikih obalnih pokosa) povećava i atraktivnost krajobraza. Značajnost koristi od mjere ovisi o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

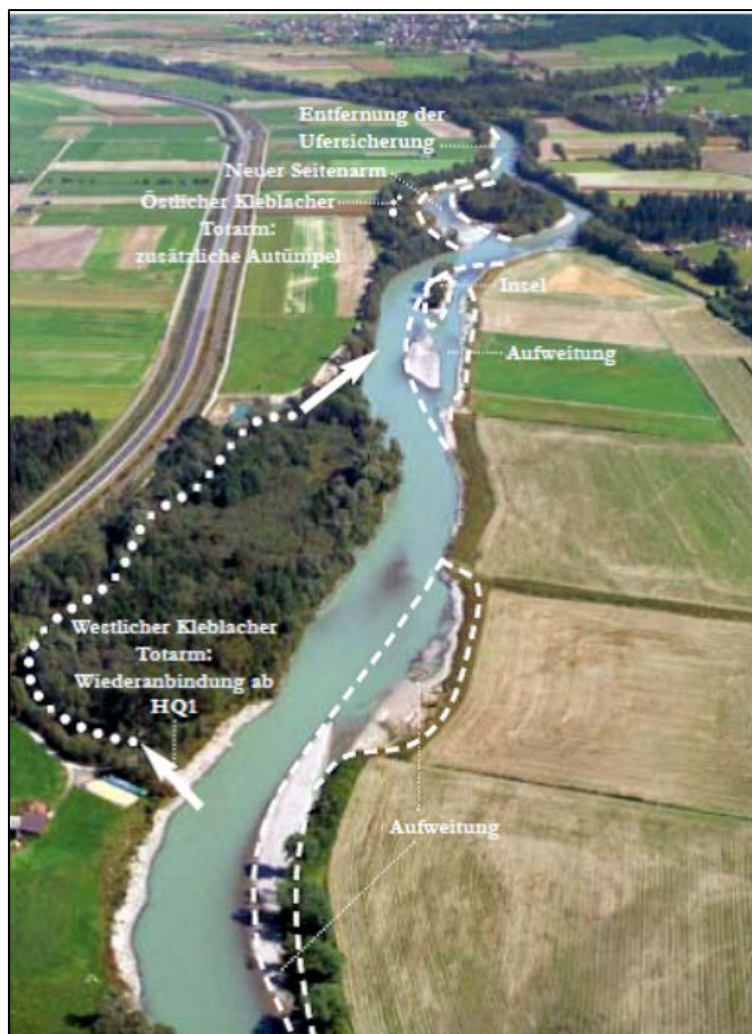
## 1.2.3 Primjeri mjere

### 1.2.3.1 Uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala na rijeci Dravi u Austriji

Drava je do kasnog 19. stoljeća ima slobodni prirodni tok s isprepletenim koritom koje se često mijenjalo u gornjem dijelu toka. Iako brane nisu građene u gornjem dijelu toka Drave, brojne druge intervencije poput kanaliziranja korita, gradnje regulacijskih i stabilizacijskih konstrukcija i isušivanja močvara radi dobivanja poljoprivrednih površina značajno su izmijenile njen tok. Te su intervencije dovele do promjene erozijsko-akumulacijskih procesa i produbljivanja korita, snižavanja razine podzemnih voda, daljnjeg nestanka močvara i pritiska na obale i stabilizacijske strukture [12].

Stoga je upravo uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala bila glavni cilj LIFE Nature projekta „Obnove močvara i riparijskih zona u gornjem toku rijeke Drave“ koji se provodio 2002. i 2003. godine u Koruškoj, u Austriji. Njihovim uklanjanjem nastojalo se postići proširenje korita i obnova povoljnih ekoloških uvjeta te osigurati plitku razinu podzemnih voda radi održavanja močvara i navodnjavanja poljoprivrednih površina [12].

Uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala provedeno je na 1.300 m toka rijeke Drave kod Kleblacha. Armirano-betonski materijal konstrukcija uklonjen je te je korito na nekoliko dionica šireno na 45 m [12]. Prikaz jedne dionice na kojoj je provedeno uklanjanje konstrukcija za stabilizaciju obala i proširenje korita dan je na slici u nastavku (Slika 11). Proširenje korita i uspostava novih riparijskih zona zahtijevala je otkup dijelova zemljišta neposredno uz korito. Dodatne mjere provedene u projektu uključivale su i obnovu i reintegraciju rukavaca s vodotokom te sadnju aluvijalnih šuma kako bi se obnovili ekološki uvjeti koji su postojali prije intervencija iz 19. i 20. stoljeća [12].



**Slika 11. Intervencije na toku rijeke Drave kod Kleblacha s označenim dijelovima obale na kojima su uklonjene konstrukcije za stabilizaciju obala (desna obala) [12]**

Tijekom prve dvije godine (2002.-2004.) hidromorfološka dinamika bila je iznimno snažna prilagođavajući se novonastalim morfološkim uvjetima u koritu. Uklanjanjem konstrukcija za stabilizaciju obala omogućena je bočna erozija, a erodirani sediment počeo se taložiti na plićim dijelovima korita formirajući ade. Došlo je do diversifikacije dijelova korita s obzirom na sastav sedimenta dna i brzinu toka. Proširenjem korita povećan je njegov kapacitet za zaprimanje vode tijekom poplavnih događaja manjih i srednjih razmjera [12].

### 1.2.3.2 Stabilizacija obala rijeke Odelouce u Portugalu prirodnim materijalom

Rijeka Odelouca teče južnim Portugalom i ulijeva se u Atlantski ocean. Vodotok je tijekom 20. stoljeća mijenjan kako bi se omogućila intenzifikacija poljoprivrede, a pojedini su dijelovi vodotoka, prije svega nizvodno, kanalizirani. Nakon gradnje brane u srednjem toku rijeke 2010. godine došlo je do značajnih promjena u hidromorfološkim obilježjima



vodotoka što se odrazilo kroz pogoršanje funkcionalnosti (uključujući kapacitet za retenciju vode) i ekoloških obilježja vodotoka [13].

Ciljevi revitalizacije uključivali su obnovu funkcionalnosti rijeke (uključujući obranu od poplava), poboljšanje stanišnih uvjeta za ugrožene vrste te povećanje participacije dionika. Stabilizacija obala rijeke (nagiba 0-1%) provedena je primjenom bioinženjerskih mjera. Najprije je provedena resekcija obala te je postavljen geotekstil od kokosovih vlakana kako bi se spriječila erozija, zadržala vlažnost tla i stvorili uvjeti za razvoj autohtone vegetacije. Potom su postavljeni kameni gabioni i drveni sanduci sa živim prućem koji su prekriveni slojem tla. Na kraju su zasađene autohtone biljne vrste koje su prethodno prikupljene iz sjemena i reznica iz okolnog područja i uzgojene u lokalnim rasadnicima [13].

Ukupna vrijednost projekta iznosila je oko 5.600.000 € [13]. Slika u nastavku (Slika 12) prikazuje radove na revitalizaciji obala.



Slika 12. Prikaz radova na obalama rijeke Odeoluce [13]

## 1.2.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] *Natural bank stabilisation*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/natural-bank-stabilisation>

[2] *Stream Corridor Restoration: Principles, Processes and Practices*, The Federal Interagency Stream Restoration Working Group, Washington, 2001.

- [3] *Elimination of riverbank protection*, NRW, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/elimination-riverbank-protection>
- [4] *The Practical Stream Bioengineering Guide*, USDA Natural Resources Conservation Service, Plant Materials Center, Idaho, 1998.
- [5] *Engineering in the Water Environment Good Practice Guide, Bank Protection: Rivers and Lochs*, Scottish Environment Protection Agency, Stirling, 2008. Springer, Cham, 241-253
- [6] Elektroprojekt d.d. (2017): *Elaborat zaštite okoliša: Obaloutvrda na lijevoj obali Kupe u Starom Farkašiću*, Zagreb
- [7] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [8] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [9] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [10] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [11] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [12] Michor, K. (2007): LIFE-Nature project "Restoration of the wetland and riparian area at the Upper Drau river", u: Füreder, L. i dr. (ur.): *13th International LIFE-Symposium Riverine Landscapes. Restoration, Flood protection, Conservation*, Amt der Tiroler Landesregierung, Innsbruck, 221-242.
- [13] *Case Study: The Odelouca River*, NRW, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/case-study/natural-bank-stabilization-and-riparian-buffer-galleries-along-odelouca-river-portugal>

### 1.3 Riparijska vegetacija

Riparijska zona obuhvaća tranzicijski prostor obrastao vegetacijom poput trava (*Poaceae* sp.), grmlja i/ili drveće na kontaktu obale i korita s elementima i vodenih i kopnenih staništa. Riparijske zone predstavljaju područja s iznimnim krajobraznim vrijednostima i potencijalima. Tlo i vegetacija u toj zoni su pod stalnim ili sezonskim utjecajem stajaće ili tekuće vode, a vegetacija istodobno ima i veliki utjecaj na vodno tijelo uz koje se nalazi, osiguravajući bitne funkcije hidrološkog sustava i vodenih ekosustava [1, 2]. Riparijsku zonu u pravilu karakterizira velika bioraznolikost uslijed povoljnih stanišnih uvjeta za različite biljne i životinjske organizme. Vodeni dio riparijske zone (područja korita uz obale) predstavlja važna hranilišta, mrjestilišta i rastilišta tijekom pojedinih ili svih stadija životnog ciklusa za mnoge vrste riba, vodozemaca i beskralješnjaka. Korijenski sustav vegetacije stabilizira korito i smanjuje eroziju [1]. Riparijske zone važne su za odvajanje vodotoka i stajaćih voda od drugih oblika korištenja zemljišta (poljoprivreda, prometna infrastruktura, naselja i dr.) koji mogu imati utjecaja na morfološke i fizikalno-kemijske značajke vodotoka. Njihova uloga ogleda se u usporavanju i filtriranju površinskog otjecanja s okolnih površina, povećanju infiltracije vode u tlo i podzemlje te stabilizaciji obala sustavom korijenja [2, 3].

U mnogim potočnim i riječnim dolinama uslijed promjena u načinu korištenja zemljišta i regulacijskih zahvata na koritu, ponajviše kanaliziranja i izravnavanja, u proteklom je stoljeću došlo do uklanjanja riparijske vegetacije. Time su narušeni riparijski stanišni uvjeti i smanjena dostupnost hrane životinjskim organizmima te značajno smanjena bioraznolikost. U mnogim slučajevima uklanjanje riparijske vegetacije omogućilo je širenje biljnih i životinjskih invazivnih vrsta koje uzrokuju osiromašenje populacija autohtonih vrsta. Taj je problem posebice izražen kod klasičnih obaloutvrda od kamenog nabačaja i armiranog betona bez omogućenog razvoja vegetacije, kod kojih je uklonjen ili prekriven prirodni supstrat koji odgovara autohtonim životinjskim vrstama [1]. Osim toga, budući da obaloutvrde zaustavljaju bočnu eroziju i povećavaju brzinu toka, dolazi do povećane erozije dna i produbljivanja korita te gubitka ekološki značajnih pješčanih i šljunčanih obala. Postavljanje geotekstila u nožici pokosa i korita pak sprječava razvoj fitobentosa koji ima važnu ulogu u održavanju kakvoće vode i staništa [1].

Riparijske zone formiraju se iz više razloga koji su često komplementarni:

- stabilizacija obala,
- sprječavanje pronosa erodiranog materijala u vodna tijela,
- smanjenje opasnosti od poplava (u kombinaciji s drugim mjerama),
- održavanje i obnova riparijskih krajobraza i ekosustava.

Obale bez vegetacije izložene su erozivnom djelovanju vodenog toka. Sustavom korijenja, riparijska vegetacija stabilizira obale i povećava njihovu otpornost na bočnu eroziju. Povećanjem hrapavosti obala i bočnih strana omočenog oboda (korijenje i krošnje), riparijska vegetacija smanjuje brzinu toka te tako smanjuje eroziju, a povećava taloženje nanosa u koritu [4, 5].

Na slikama u nastavku (Slika 13 i Slika 14) prikazane su lokacije na Kupi s razvijenom i uklonjenom riparijskom vegetacijom.





**Slika 13. Obala Kupe u Maloj Gorici s razvijenom riparijskom vegetacijom**



**Slika 14. Obala Kupe u Karlovcu s uklonjenom riparijskom vegetacijom**

Uslijed povećane hrapavosti terena, u riparijskim zonama dolazi do taloženja nanosa pronošenog površinskim otjecanjem sa sliva. Ta filtracijska uloga posebice je važna kada se vodotoci ili stajaće vode nalaze u poljoprivrednim ili izgrađenim područjima s kojih se spiru krutine, nitrati i fosfati koji mogu imati nepovoljne učinke na ekološko stanje vodnog tijela [3]. Na područjima na kojima dolazi do krčenja prirodne vegetacije radi prenamjene zemljišta ili pomlađivanja sastojina kao i na područjima stradalim od požara, zemljište je

izloženo intenzivnijim erozijskim procesima te se riparijske zone formiraju radi smanjenja pronosa nanosa u vodna tijela. Iako takvi vegetacijski pojasevi imaju mali ili nikakav učinak na ukupnu eroziju unutar sliva, oni mogu zadržati veliki dio erodiranog sedimenta. Neka istraživanja pokazuju da riparijske zone mogu zadržati do 80% sedimenta pronesenog površinskim otjecanjem [6]. Iako pošumljene riparijske zone imaju ograničenu sposobnost usporavanja i pohranjivanja površinskog otjecanja u odnosu na veće šumske površine, taj kapacitet se povećava sa širinom riparijske zone i gustoćom vegetacijskog pokrova [2].

Hrapavost terena svoju ulogu ima i tijekom poplavnih događaja kada riparijska vegetacija usporava tok vode i zadržava plivajući nanos poput debala, granja i drugog. Riparijska vegetacija pojedinačno gledano ima vrlo ograničen učinak na smanjenje opasnosti od poplava zbog malog kapaciteta za zadržavanje i usporavanje vode. Međutim, kada se riparijske zone implementiraju kao dio programa obnove poplavnog područja, revitalizacije vodotoka i drugih, tada njihov kumulativni učinak na smanjenje opasnosti od poplava može biti značajan [2].

Riparijska vegetacija iznimno je važna za održavanje, unaprjeđenje i obnovu vodenih i riparijskih ekosustava. Naime, zadržavanjem ispranog materijala akumuliraju se i hranjive tvari koje biljne zajednice koriste za rast i razvoj. Biljni otpad poput otpalih grana, lišća i stabljika jednogodišnjih biljaka također se razgrađuje i prihranjuje tlo. Zadržani drvenasti ostaci pak mogu diversificirati vodena staništa, pružiti zaklon od grabežljivaca i vodenih struja te dovesti do retencije finog sedimenta koji pak može osigurati važan supstrat za mrijest. Krošnje mogu smanjiti direktnu izloženost Sunčevoj radijaciji i vjetru i tako, u kombinaciji s evapotranspiracijom, smanjiti varijabilnost temperature vode i zraka. Konačno, riparijske su zone važni koridori za kretanje životinjskih vrsta u kultiviranim krajobrazima poput poljoprivrednih i izgrađenih površina [2].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su prostorno planiranje, krajobrazna arhitektura, hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

### 1.3.1 Tehnički opis

#### 1.3.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni isključivo za provedbu mjere riparijska vegetacije, a ne za kombinaciju te mjere s drugim mjerama danima u Smjernicama.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 25) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja riparijske vegetacije. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne



informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 25. Podloge za preliminarnu analizu**

podloge za preliminarnu analizu
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• pedološke karte</li> <li>• karte opasnosti i rizika od poplava</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se na koritu vodotoka i obalnoj zoni neposredno uz korito. Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 26).

**Tablica 26. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
biološki istražni radovi

**vrste potrebnih istražnih radova**

Budući da mjera predstavlja zahvat revitalizacije vodotoka, biološka istraživanja potrebno je provesti s ciljem utvrđivanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznolikosti područja kako bi se u fazi nakon implementacije moglo zaključiti u kojoj mjeri je zahvat pozitivno utjecao na bioraznolikost područja.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izvedbu riparijskih zona potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune kako bi se provjerilo njezino djelovanje na protočnost korita i moguće uspore. U tablici u nastavku (Tablica 27) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 27. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti uže područje implementacije mjere
situacijski prikaz, karakteristični poprečni profili i uzdužni profili korita	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku uz koji se planira sadnja riparijske vegetacije)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na vodotoku uz koji se planira sadnja riparijske vegetacije
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
vrsta slivne površine, odnosno vegetacijskog pokrova tla	podaci o koeficijentu otjecanja u ovisnosti o vrsti slivne površine i vegetacijskom pokrovu tla

**Proračuni**

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijanta rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 28). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 28. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun otjecanja sa sliva razmatranog područja za postojeće i buduće stanje;</li> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka uz koju je planirana sadnja riparijske vegetacije.</li> </ul>

**proračuni**

Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:

- statističke metode (analize povijesnih podataka);
- hidrološki (matematički) modeli;
- parametarske metode.

**hidraulički proračuni**

- izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa;
- dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja riparijske vegetacije na protočni profil vodotoka, odnosno na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja);
- modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita;
- proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti pokosa obala.

Prilikom planiranja riparijske vegetacije na obalama vodotoka, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed velikih klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

### 1.3.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Riparijske zone primjenjive su uz vodotoke i stajaće vode u područjima s različitim oblicima korištenja zemljišta. Često se formiraju uz vodna tijela koja se nalaze u poljoprivrednim i izgrađenim područjima u svrhu stabilizacije obala i sprječavanja pronosa erodiranog materijala i kemikalija u ta tijela. Kad se riparijske zone formiraju u šumskim predjelima, one se izuzimaju iz sječe šuma, a njihova širina može varirati između 2 i više od 50 m. Iako su riparijske zone primjenjive na slivovima svih veličina, njihove funkcije bit će efektivnije na manjim slivovima odnosno na uzvodnim dijelovima većih slivova gdje su nagibi veći pa je pronos nanosa površinskim otjecanjem pod utjecajem gravitacije značajniji [2].

Ukoliko se mjera primjenjuje na većim potezima vodotoka, potrebno je provjeriti njeno djelovanje na protočnost korita, uspore, ostale mjere zaštite od poplava i druge mjere zelene infrastrukture.

Provedba mjere riparijska vegetacije kao moguće mjere zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.3.1.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 29 do Tablica 30) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja uspostave riparijskih zona.

**Tablica 29. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
količina sedimenta	Nanos koji dospije površinskim otjecanjem u vodno tijelo filtrirat će se i dijelom taložiti u riparijskoj zoni pa su informacije o karakteristikama i debljini sloja istaloženog sedimenta na lokaciji zahvata važne za definiranje širine zone. Veća količina sedimenta zahtijeva šire riparijske zone za učinkovito filtriranje i zadržavanje sedimenta.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice o kojima ovisi mogućnost sadnje riparijske vegetacije, posebno kada se implementira s primarnom svrhom stabilizacije pokosa obala vodotoka. Riparijska vegetacije najčešće uzrokuje povećanje hrapavosti pokosa obala, smanjenje brzine tečenja, ali i smanjenje protočnog profila i povišenje vodnog lica, pa je analiza utjecaja riparijske vegetacije na hidrološki režim površinskog toka veoma važna kako ne bi došlo do suprotnog efekta od željenog, odnosno do povećavanja umjesto smanjenja opasnosti od poplava.
hidrološki režim podzemnog toka	Prilikom dugotrajne velike vode dolazi do izjednačavanja razine podzemne vode s razinom vode u vodotoku. Nakon naglog sniženja vodostaja u vodotoku pojavit će se strujanje vode iz zaobalja prema koritu vodotoka. Ako je to strujanje velikog intenziteta može doći do razvoja mehanizama rušenja obala poput hidrauličkog loma tla. Iz tog razloga podaci o razinama podzemne vode predstavljaju važan projektni parametar, posebice kada se riparijska vegetacija implementira sa svrhom stabilizacije obala.
količina i intenzitet oborina na slivnom području	O njima ovisi dimenzioniranje riparijske zone i učinak na ublažavanje površinskog otjecanja sa sliva.
nagib terena	Dimenzioniranje riparijske zone ovisi o nagibu terena neposredno uz vodno tijelo s kojeg ga površinsko otjecanje sa sliva prihranjuje vodom.

**Tablica 30. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi funkcionalnost mjere u obrani od poplava. Do promjene kapaciteta može doći uslijed promjena poprečnog profila i hrapavosti korita. Primjerice, povećanje hrapavosti obala rastom vegetacije može uzrokovati smanjenje kapaciteta i povišenje vodnog lica pa je mogućnost implementacije riparijske vegetacije sa svrhom stabilizacije obala vodotoka potrebno detaljno analizirati.
erodibilnost korita	Riparijska vegetacije utječe na povećanje hrapavosti korita, smanjenje brzine tečenja uz obalu, disipaciju energije valova i smanjenje erozijskog djelovanja koje nepovoljno utječe na stabilnost obala vodotoka.

Tablica 31. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
Širina riparijske zone	Širina riparijske zone varira između 2 i više od 50 m [2]. Iako se obično projektira fiksna širina zone, ona ipak može varirati ovisno o terenu i oblicima korištenja zemljišta, posebice kad se radi o duljim zonama. Općenito je učinak riparijske vegetacije na kretanje i filtriranje vode i sedimenta proporcionalan širini zone.
nagib obala i naplavnih ravnica	Iako se riparijske zone mogu formirati na obalama i naplavnim ravnicama različitih nagiba, širina zone trebala bi se povećavati s povećanjem nagiba terena.
krajobrazno oblikovanje	Riparijske zone imaju iznimne krajobrazne potencijale za brojne oblike korištenja i tvore jedne od najvrjednijih elemenata identiteta riječnih krajobraza. Oblikovanju riparijskih zona stoga treba pristupiti temeljem izrađene projektne dokumentacije – projekta krajobraznog uređenja ili krajobraznog elaborata, kojim se pristupa oblikovanju temeljem izrađenih krajobraznih analiza, predlaganjem varijantnih rješenja i usuglašavanjem sa relevantnim dionicima – potencijalnim korisnicima tog prostora.
biljne vrste	Za formiranje riparijskih zona trebalo bi koristiti autohtone biljne vrste koje mogu omogućiti obnovu prirodnih ekosustava prilagođenih lokalnim hidroklimatskim i pedološkim uvjetima. Nadalje, oblik i veličina korijenskog sustava biljnih vrsta značajni su čimbenici za osiguravanje stabilnosti obala i smanjenje opasnosti od pojave klizne plohe pa odabir vrsta ponajprije ovisi o jačini i razgranatosti korijenskog sustava.

### 1.3.1.4 Ekološki aspekti mjere

Riparijske zone oslanjaju se prvenstveno na ekološke doprinose upravljanja vodnim tijelima. Uz filtriranje i taloženje sedimenta, polutanata i hranjivih tvari, riparijske zone osiguravaju staništa za niz biljnih i životinjskih vrsta (uključujući oprašivače), pružaju sklonište te osiguravaju koridore za kretanje životinja. Ekološki benefiti ovih zona, kroz funkcije oprašivanja, smanjenje brzine vjetra i dr., važni su za okolna poljoprivredna i druga doprinska područja. Putem evapotranspiracije i zasjenjenosti vodnog tijela riparijska vegetacija smanjuje dnevne fluktuacije temperature i tako u ljetnim mjesecima smanjuje opasnost od razvoja anoksičnih uvjeta u stratificiranim jezerima te cvjetanje algi [3, 4].

Radi osiguravanja lokalnih ekoloških uvjeta, pri formiranju riparijskih zona nužno je koristiti autohtone biljne vrste koje mogu omogućiti obnovu prirodnih ekosustava prilagođenih lokalnim hidroklimatskim i pedološkim uvjetima. Prije formiranja riparijskih zona kao i u njihovom održavanju treba motriti pojavu alohtonih vrsta, posebice invazivnih, i evaluirati njihov učinak na stanište i biocenu te poduzeti potrebne mjere kako bi se očuvao autohtoni ekosustav [2].

U slučajevima kad se riparijske zone primjenjuju radi zaštite vodnih tijela i njihovih ekosustava u poljoprivrednim ili deforestiranim područjima, riparijska vegetacija ima značajnu ulogu u filtriranju sedimenta i polutanata poput dušika, fosfora i drugih kroz biološke (npr. apsorpcija nutrijenata putem riparijske vegetacije) i fizikalno-kemijske (npr. apsorpcija nutrijenata poput fosfora njihovim vezanjem uz čestice gline i druge sedimente) procese [4]. Riparijska vegetacija u tom pogledu ima važnu ulogu u denitrifikaciji vode koja sudjeluje u površinskom otjecanju, a isto tako pruža funkciju presretanja polutanata



s poljoprivrednih i izgrađenim površinama prije nego se površinskim otjecanjem sliju u vodno tijelo [2, 7].

### 1.3.1.5 Vrste radova

Radovi s biljnim materijalom koji se odnose na oblikovanje i održavanje riparijskih zona definiraju se projektom krajobraznog uređenja, odnosno krajobraznim elaboratom. Formiranje riparijskih zona može se izvoditi sijanjem sjemena, sadnjom sadnica i polaganjem reznica. Izbor metode ovisi o lokalnim uvjetima (nagib terena, debljina sloja tla, stupanj degradiranosti). Sve metode zahtijevaju prethodnu pripremu terena za osnivanje riparijske zone koja može uključivati pripremu tla i uklanjanje postojeće vegetacije ako je ona alohtona ili invazivna te izbor prikladnih biljnih vrsta za osnivanje riparijske vegetacije.

Izbor biljaka za osnivanje riparijske vegetacije treba se zasnivati na kriterijima raznolikosti, autohtonosti, prilagođenosti lokalnim hidroklimatskim i pedološkim uvjetima, oblika i veličine korijenskog sustava. Raznolikost biljnih vrsta osigurava višeslojni vegetacijski pokrivač koji omogućuje brojnije funkcije poput usporavanja površinskog tečenja, filtriranja nanosa, stabilizacije obala, usporavanje vjetera i druge. Autohtone biljne vrste prilagođenije su lokalnim hidroklimatskim i pedološkim uvjetima i stoga se očekuje da će imati veću vjerojatnost klijanja i ukorjenjivanja te postizanja povoljnih interspicijskih odnosa. Ovisno o nagibu i geološkim obilježjima obala, posebice kod uslojene podloge, oblik i veličina korijenskog sustava značajni su čimbenici za osiguravanje stabilnosti obala i smanjenje opasnosti od pojave klizne plohe [5].

Sijanje se provodi u proljeće, na početku vegetacijskog razdoblja kako bi biljke imale dovoljno vremena za rast i razvoj tijekom toplog dijela godine. Kod sijanja na obalama podložnim eroziji može biti prikladno posaditi biljke koje će stabilizirati obalu i omogućiti povoljne uvjete za klijanje, rast i razvoj biljaka iz sjemenki. Ako su obale podložne intenzivnoj eroziji, može biti potrebna upotreba biorazgradivog geotekstila koji stabilizira obalu. Geotekstil se postavlja na strmije obale i učvršćuje mrežom kolaca. Njegov vijek trajanja je ograničen, ali općenito dovoljno traje da omogući ukorjenjivanje biljaka i njihov razvoj do stadija u kojem one pružaju dostatnu stabilizaciju obala [8].

Kod sadnje se koriste sadnice iz rasadnika ili transplantanti iz okolnih područja. Pogodne kombinacije sastoje se od 2-3 vrste drvenastih i 4-5 vrsta grmolikih biljaka. Drvenaste i biljne sadnice sade se na način da se sadnice iste vrste grupiraju u nekoliko grupa koje se pojavljuju naizmjenice u strukturi kako bi se formirala maksimalna strukturna raznolikost i spriječilo da brzorastuće biljke prevladaju nad onima koje rastu sporije. Razmak među grupama ne bi trebao biti veći od 150 cm. Ako na područjima u kojima se planira uspostavljanje riparijske zone s mješovitim biljnim vrstama postoji travnata vegetacija, ona se može sačuvati u formi busena koji se potom ponovno sade nakon sadnje drugih sadnica. Pritom treba ostaviti zonu od ~50 cm oko sadnica golom kako bi se spriječilo da ju trava preraste i zasjeni [8]. Sadnju treba provoditi izvan vegetacijskog razdoblja odnosno tijekom kasne jeseni i ranog proljeća kada tlo nije smrznuto.

Osim sadnica, riparijska vegetacija može se uspostaviti i polaganjem reznica. Reznice se dobivaju od grana grmolikih ili drvenastih biljaka koje, kad su dijelom duboko zabijene u tlo, a dijelom vire iz tla, mogu pustiti korijenje i lišće. Za razvoj živog kolja u biljke, režim

vlažnosti tla treba biti takav da osigura vlagu budućem korijenskom dijelu kolca u većem dijelu vegetacijskog razdoblja te da korijenje može dosegnuti vodno lice ili vadoznu zonu tijekom većeg dijela vegetacijskog razdoblja. Nadalje, tlo mora biti takvo da omogućuje penetraciju korijenja zbog čega kompaktna i glinovita tla smanjuju uspješnost razvoja reznica u biljke [9]. Postupak korištenja reznica detaljnije je opisan u zasebnom poglavlju ovih Smjernica u sklopu opisa modificiranih obaloutvrda (Knjiga 5, poglavlje 1.1).

Neovisno o metodi koja se koristi treba osigurati da stabla s velikim krošnjama nisu smještena direktno uz korito kako zasjenjivanjem ne bi prouzročila slabe uvjete za razvoj druge vegetacije važne za stabilizaciju obala i otpornost od erozije.

### 1.3.1.6 Održavanje mjere

Nove riparijske zone zahtijevaju periodični monitoring kako bi se osigurao njihov opstanak uslijed erozivnog djelovanja vodotoka i površinskog otjecanja, hidrometeoroloških uvjeta i ukorjenjivanja te moguće pojave štetnika, bolesti i invazivnih vrsta. U narednim godinama može biti potrebno održavanje u vidu prorjeđivanja i održavanja krošnji. To valja provoditi u jesenskim mjesecima kako bi se izbjegli nepovoljni učinci na širenje sjemena i gniježđenje ptica [8].

U prvim godinama razvoja riparijske vegetacije u poljoprivrednim i šumskim područjima može biti potrebno ograđivanje riparijske zone kako bi se osigurao rast i razvoj nesmetan ispašom domaćih i divljih životinja. Naime, životinje, posebice stoka, mogu brstiti mladice riparijske vegetacije te istodobno vlastitom masom ugroziti stabilnost obala koje još nisu stabilizirane sustavom korijenja [10].

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.3.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 32) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 32) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme)

koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 32. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Humusiranje	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnja grmlja	kom
3.3	Nabava i sadnja drveća	kom
3.4	Nabava i sijanje trava	m <sup>2</sup>

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere riparijska vegetacija čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi. Budući da formiranje riparijskih zona zahtijeva zemljište, ono može biti potrebno otkupiti od vlasnika. Alternativno je moguće da se zemljište ne otkupljuje već se donese program na nacionalnoj, regionalnoj ili lokalnoj razini kojim se potiče i/ili obvezuje vlasnike zemljišta uz vodotoke na formiranje i održavanje riparijskih zona uz vodna tijela [2].

Na javnim šumskogospodarskim te privatnim površinama na kojima se osnivaju riparijske zone, javljaju se troškovi u vidu izgubljene ekonomske aktivnosti koja bi se obavljala na dijelu zemljišta izdvojenom za riparijsku vegetaciju. To može biti potrebno nadoknaditi vlasnicima zemljišta [4].

### 1.3.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 33) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih

radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 33) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 33. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Rezidba drveća	kom
1.3	Orezivanje grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.3.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

#### 1.3.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 34) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [2, 3], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 34. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
<p> smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva</p> <p> usporavanje površinskog otjecanja sa sliva</p>	Zbog male površine, riparijske zone imaju vrlo ograničen učinak na ukupno površinsko otjecanje sa sliva u vidu količine i brzine otjecanja, no njihov je učinak značajan u predjelima neposredno uz vodna tijela uz koja se nalaze.
smanjenje brzine toka	Putem korijenja i krošnji, riparijska vegetacija povećava hrapavost obalnih strana korita i na taj način uzrokuje usporavanje toka što je izraženije tijekom poplavnih događaja.
povećanje evapotranspiracije	Riparijska vegetacija povećava evapotranspiraciju u odnosu na golo tlo i većinu poljoprivrednih kultura. Transpiracija je povećana kod raznolikije i više vegetacije.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Zbog relativno male površine u slivu i visoke razine vodnog lica u blizini vodotoka, riparijska vegetacija ima relativno mali učinak na infiltraciju vode u podzemlje.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Vegetacijski pokrivač unaprjeđuje infiltracijski i retencijski kapacitet tla za zadržavanje vode dospjele površinskim otjecanjem u odnosu na poljoprivredna i druga tla. Ipak, zbog male dubine vodnog lica, taj kapacitet nije moguće značajnije povećati.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.3.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 35) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [2, 3, 7, 11, 12], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.



Tablica 35. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Riparijska vegetacija ima izuzetno velik utjecaj na stanišne uvjete u obalnim dijelovima korita koji se kod manjih (užih) vodotoka očituju u čitavoj širini korita. Učinci se ogledaju u smanjenju dnevnih temperaturnih fluktuacija uslijed zasjenjenosti, unosu hranjivih tvari putem lišća i drugog biološkog materijala te filtriranog nanosa, pružanju skloništa (stabljike vodenih biljaka, korijenja i otpalih drvenastih struktura), hranilišta, mrjestilišta i rastilišta vodenih organizama. Što je veća duljina riparijske zone duž vodnog tijela, to je veći pozitivan utjecaj na sastav i brojnost vodenih organizama.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Riparijska vegetacija putem stabljika, korijenja i krošnji povećava hrapavost obalnih strana čime smanjuje brzinu toka i stabilizira obale povećavajući njihovu otpornost na eroziju. Biološki debris i sustav korijenja povoljno djeluju na pedogenezu kojom se povećava veza između površinskih i podzemnih voda.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Krošnje smanjuju izloženost vodotoka dnevnim fluktuacijama temperature vode. Biološki debris i filtrirani nanos iz površinskog otjecanja povećavaju količinu hranjivih tvari u vodnom tijelu. Vodena flora također unaprjeđuje režim kisika. Riparijska vegetacija značajan je filter onečišćujućih tvari koje se površinskim otjecanjem pronose s okolnih površina u vodna tijela.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela (odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu), izravno utječe na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, engl. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [13].

Budući da se implementacijom mjere obnove riparijske vegetacije mogu očekivati i značajni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može

se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.3.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 36) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [2, 3, 14, 15], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 36. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere smanjuje se erozija obale koja može ugrožavati kopnena područja koja se koriste za uzgoj biljaka ili životinja.  Riparijske zone predstavljaju prijelazne ekosustave s povoljnim stanišnim uvjetima za različite biljne i životinjske vrste. Biljne vrste mogu se koristiti za uspostavljanje drugih riparijskih zona.
1.1.3. kultivirane kopnene životinje za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Riparijska vegetacija zadržava i filtrira polutante koji površinskom otjecanjem dotječu s okolnih površina prema vodnim tijelima. Vodena flora također sudjeluje u razgradnji tvari antropogenog podrijetla koje pristignu u vodno tijelo.
2.1.2. smanjenje štetnog djelovanja antropogenog porijekla	Vegetacija stabilizira obale i tako sprječava njihovu eroziju koja ostavlja tzv. „rane“ u krajobrazu. Na taj način smanjuje negativan vizualni doživljaj krajobraza i moguće štete na okolnom području uz obalu podložnu eroziji.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Riparijska vegetacija zadržava i filtrira polutante koji površinskim otjecanjem dotječu s okolnih površina prema vodnim tijelima te usporava površinsko otjecanje i vodeni tok, posebice tijekom poplavnih događaja. Primjerice, korijenje vezuje fosfor uz čestice gline i druge sedimente.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Riparijske zone obilježavaju povoljni stanišni uvjeti za život razvoj biljnih, životinjskih i gljivljih populacija te su one često raznolikije i bogatije od okolnih staništa i predstavljaju područja velike bioraznolikosti i genetskog materijala.
2.2.4. regulacija kvalitete tla	Sustav korijenja i biološki debris doprinose pedogenezi kvalitetnog tla. Taj učinak je međutim ograničen na uske riparijske zone.
2.2.5. svojstva vode	Riparijska vegetacija ima mali utjecaj na kemijska svojstva vode, iako filtrira polutante koji dopijevaju u vodna tijela.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Riparijske zone povećavaju transpiraciju u odnosu na poljoprivredne i travnjačke površine te smanjuju lokalne dnevne fluktuacije u temperaturi zraka, no zbog relativno male površine je taj učinak ograničen.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Riparijske zone su područja velike bioraznolikosti i krajobraznih kvaliteta, i mogu se organizirati da uključuju različite estetsko-rekreativne sadržaje koji uključuju biotičke elemente. U tom pogledu će značajnost koristi od mjere ovisiti o prisutnosti tih sadržaja i mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.2. podzemna voda za prehranu, materijale ili energiju	Riparijska vegetacija unaprjeđuje procjeđivanje površinske vode u podzemlje koje se često koristi kao vodonosnik u vodoopskrbnim sustavima. Međutim, zbog visoke razine vodnog lica u blizini vodnih tijela i male širine riparijskih zona taj učinak ne može biti značajan.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Tlo u riparijskim zonama ima određeni kapacitet za procjeđivanje površinske vode i vezivanje polutanata.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Riparijske zone uključuju obalna područja s dinamičnim hidromorfološkim obilježjima i posljedično hidrološkom raznolikošću. Te zone mogu se organizirati da uključuju različite estetsko-rekreativne sadržaje koji uključuju abiotičke elemente. U tom pogledu će značajnost koristi od mjere ovisiti o prisutnosti tih
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	sadržaja i mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.3.3 Primjer mjere

#### 1.3.3.1 Obnova riparijske zone kao dio projekta ekološke revitalizacije sliva rijeke Órbigo u Španjolskoj

Rijeka Órbigo teče provincijom León u sjeverozapadnoj Španjolskoj te se ulijeva u rijeku Duero. Promjene u načinu korištenja zemljišta i intervencije na koritu, obalama i naplavnim ravninama u obliku pragova i kanala, dovele su do gubitka riparijske vegetacije, povećanja erozije i opasnosti od poplava te ugroženosti infrastrukture. Gotovo polovicu svih površina na slivu činile su plantažne šuma, prije svega šume topole (*Populus* sp.), dok su među ostalim oblicima korištenja zemljišta poljoprivreda s navodnjavanjem (35%), močvare (9%) i izgrađene površine (8%). Prirodna riparijska vegetacija je na većini obala i naplavnih ravnica uklonjena i zamijenjena navodnjavanjem usjevima i plantažnim šumama. Cilj projekta bila je ekološka revitalizacija sliva rijeke Órbigo u duljini od 23,5 km, ukupne površine oko 45 ha, koja je uključivala niz mjera obnove poplavnog područja (revitalizaciju korita, reintegraciju vodotoka s naplavnom ravnicom, stabilizaciju obala zelenim mjerama, uklanjanje klasičnih obaloutvrda te obnovu i održavanje riparijske zone). „Sive“ građevine bile su prisutne na čak 23% duljine rijeke uključene u projekt [16].

Projekt je pripreman između 2008. i 2010. godine kada je odobren, a radovi su započeli u jesen 2011. i trajali do jeseni 2012. Prihvaćanju projekta prethodili su analiza stanja i participativno planiranje i projektiranje. Partneri na implementaciji projekta bili su španjolsko Ministarstvo za okoliš, ruralna područja i pomorstvo, lokalno vodnogospodarsko tijelo, jedinice lokalne samouprave, lokalni pravni subjekti, udruženja stanovnika i nevladine organizacije. Ukupna vrijednost projekta iznosila je oko 2.000.000 € od čega je oko petine utrošeno u projektiranje i izvedbu riparijskih zona [16].



Obale i naplavne ravnice duž korita rijeke Órbigo predstavljaju subhorizontalne ravnine s nagibom do 1%. Projektom su uklonjene amirano-betonske i druge strukturne konstrukcije s korita, obala i naplavnih ravnica te je udaljavanjem nasipa od korita prošireno poplavno područje. Riparijske zone, ovisno o uvjetima erozije, uspostavljene su sadnjom i kolčenjem. Oko 7,2 ha obalne zone zasađeno je autohtonom riparijskom vegetacijom (*Salix alba*, *Populus nigra*, *Alnus glutinosa*, *Fraxinus angustifolia*). Kolčenje živim vrbovim prućem (*Salix* sp.) provedeno je u duljini od 4.912 m u svrhu stabilizacije obale i redukcije erozije [16]. Fotografski prikaz obnove riparijske vegetacije duž rijeke Órbigo dan je na slici u nastavku (Slika 15).



**Slika 15. Obnova riparijske vegetacije duž rijeke Órbigo [17]**

Kombinirani učinak različitih mjera zelene infrastrukture rezultirao je smanjenjem opasnosti i rizika od poplava. Poplave iz 2013. i 2014. godine, u usporedbi s onima iz 1995. i 2000. koje su uzrokovale značajne štete, imale su značajno niže vodno lice i uzrokovale tek manje materijalne štete i znatno manje prijave štete od strane građana. Riparijska vegetacija unaprijedila je kapacitet tla za infiltraciju i retenciju vode. Osim toga, zabilježena je diversifikacija staništa. Godišnje održavanje od završetka projekta uključuje periodični monitoring, popunjavanje i zamjenu oštećene vegetacije. Iste ili slične mjere planirane su i za preostale sekcije sliva [16]. Valja napomenuti kako lokalno stanovništvo ispočetka nije bilo naklonjeno projektu budući da nije razumjelo koristi od zamjene „sive“ infrastrukture



zelenom. To je promijenjeno kroz uključivanje javnosti u svim fazama planiranja i projektiranja [16].

### 1.3.3.2 Obnova riparijske zone kao dio projekta revitalizacije gornjeg toka Drave u Austriji

Projekt obnove gornjeg toka Drave u Koruškoj, u Austriji, provodio se od 2006. do 2011. godine. Revitaliziran je dio toka između Oberdrauburga i Spittala an der Drau duljine oko 68 km, a cilj projekta bilo je postizanje bolje kontrole i ublažavanje opasnosti od poplava. Naime, Drava je u tom dijelu imala anastomozirajuće korito do druge polovice 19. stoljeća te redovno plavila održavajući močvare i vlažne livade u svojoj dolini. Hidroregulacijski zahvati započeli su 1870-ih godina izravnavanjem korita radi smanjenja opasnosti od poplava i oslobađanja plavljenih površina za poljoprivredu i naseljavanje. Istraživanja nakon stogodišnjih poplava 1965. i 1966. godine detektirala su uznapredovalu eroziju dna, sužavanje i produbljivanje korita, smanjenje stabilnosti obala te pogoršane ekološke uvjete (ugroženost ribljih i biljnih vrsta, lokalno izumiranje životinjskih vrsta poput vidre) [18].

Iako su „sive“ strukture za obranu od poplava funkcionirale desetljećima, produbljivanje korita dovelo je do njihove destabilizacije i smanjenja učinkovitosti. Prvi zahvati revitalizacije korita započeti su 1993. godine kojima je revitalizirano 10 km korita, sto močvarnih lokaliteta te oko 100 ha riparijske zone. Poboljšanje hidromorfoloških i ekoloških uvjeta potaknulo je daljnje revitalizacijske zahvate među kojima je i ovaj LIFE projekt „Life vein – Upper Drau River“ [18]. Zahvati od 2006. do 2011. uključivali su proširenje korita na ukupnoj duljini od 5 km na tri dionice (Rosenheim, Amlach/St. Peter i Obergottesfeld), izgradnju brane za zadržavanje nanosa, formiranje novih rukavaca i bara, obnovu riparijskih zona te formiranje područja rekreativnih sadržaja [18,19]. Revitalizacijom je uspostavljeno 25 ha riparijske zone. Dijelovi naplavne ravnice neposredno uz korito koji su se koristili za poljoprivredu su otkupljeni te su formirani uvjeti za razvoj riparijske vegetacije (Slika 16). Očekuje se da će se na proširenjima kroz nekoliko desetljeća od završetka projekta formirati 2 ha aluvijalnih šuma [18, 19].



Slika 16. Revitalizacija riparijske zone s barama i novim rukavcem na sekciji Drave kod Obergottesfelda prije i neposredno nakon zahvata [18]

Projekt je provodilo i sufinanciralo federalno Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodnog gospodarstva Republike Austrije s partnerima zaduženim za pojedinačne manje dijelove projekta, projektiranje i nadzor. Ukupna vrijednost projekta iznosila je 4,6 milijuna € od čega je 32,6% sufinancirano iz EU sredstava. Oko 15% sredstava utrošeno je u akvizicije zemljišta. Jedan od problema u projektiranju bile su promjene u naklonosti poljoprivrednika prema projektu i fluktuacije troškova otkupa pojedinačnih zemljišta [19].

Riparijska vegetacija doprinijela je u nizvodnom smanjenju protoka i opasnosti od poplava. Biološki monitoring je pokazao da se broj vodozemaca povećao šest puta, a povećao se i broj vrsta riba, kukaca i paučnjaka. Uslijed poboljšanih riparijskih stanišnih uvjeta povećao se i broj ptičjih vrsta. Dijelovi riparijske zone uređeni su za rekreativno korištenje [19].

### 1.3.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] Lončar, G., Vranješ, D., Tomašević, I., Čović, K., Buj, I., Dašić, G., Korica, L. (2017): Mogućnosti ublažavanja utjecaja regulacijskih zaštitnih vodenih građevina na vodene ekosustave, *Inženjerstvo okoliša 4*, 121-128

[2] *Forest Riparian Buffers*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/forest-riparian-buffers>

[3] *Buffer Strips and Hedges*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/buffer-strips-and-hedges>

[4] *Green Infrastructure Guide for Water Management: Ecosystem-Based Management Approaches for Water-Related Infrastructure Projects*, UNEP, 2014.

[5] Donat, M. (1995): *Bioengineering Techniques for Streambank Restoration: A Review of Central European Practices*, Ministry of Environment, Lands and Parks and Ministry of Forests of Canada, Vancouver

[6] de la Cretaz, A., Barten, P. (2007): *Land Use Effects on Streamflow and Water Quality in the Northeastern United States*, CRC Press, Boca Raton

[7] Sweeney, B., Bott, T., Jackson, J., Kaplan, L., Newbold, J., Standley, L., Hession, W., Horwitz, R. (2004): Riparian Deforestation, Stream Narrowing, and Loss of Stream Ecosystem Services, *PNAS* 101, 14132-14137

[8] *Riparian Vegetation Management: Engineering in the Water Environment Good Practice Guide*, Scottish Environment Protection Agency, Edinburgh, 2009.

[9] Sotir, R., Fischenich, J. (2007): Live Stake and Joint Planting for Streambank Erosion Control, u: *EMRRP Technical Notes Collection*, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg

[10] Yochum, S. (2015) *Guidance for Stream Restoration and Rehabilitation*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, National Stream & Aquatic Ecology Center, Fort Collins

[11] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

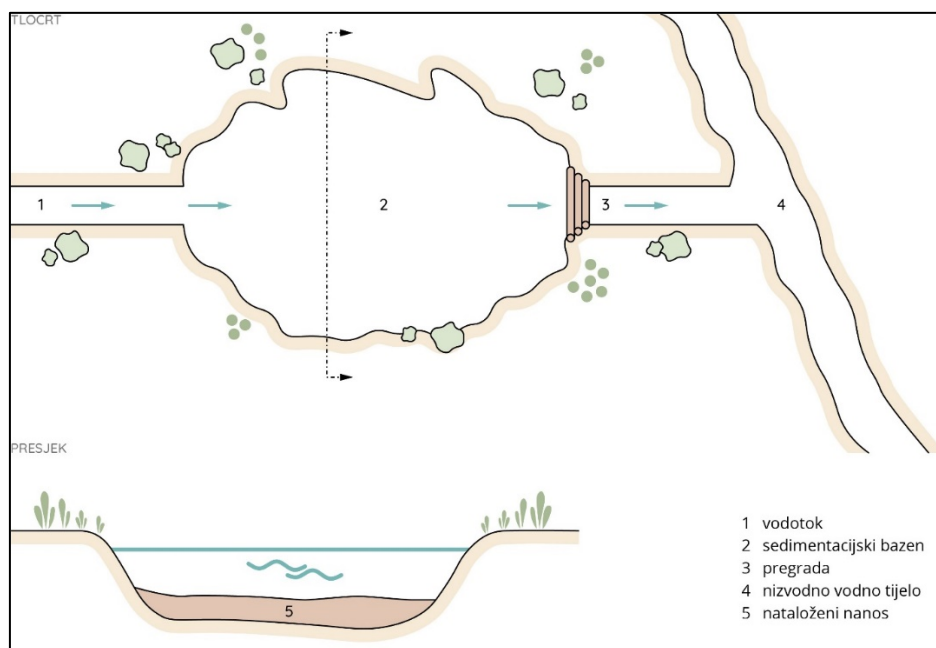
[12] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

- [13] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [14] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis Consulting Ltd., Nottingham
- [15] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [16] *Case Study: Órbigo River Ecological Status Improvement (Stretch I): Duero River Basin*, NWRM, Valbonne, 2014.
- [17] Río Órbigo (14).Jpg, autor: Vilorio, C. F., [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Río\\_Órbigo\\_\(14\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Río_Órbigo_(14).jpg) (pristupljeno 28.4.2022.)
- [18] *Life Vein – Upper Drau River*, Lebensader Obere Drau, Klagenfurt, 2011.
- [19] *Case Study: Revitalisation of the Upper Drau*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/case-study/revitalization-upper-drau-river-austria>

## 1.4 Sedimentacijski bazen

Sedimentacijski bazen je umjetno vodno tijelo izgrađeno za hvatanje sedimenta koji se pronosi vodotokom [1]. To su umjetna jezera na vodotocima u čijem nizvodnom dijelu može biti izvedena pregrada najčešće izrađena od trupaca, čiji je cilj zadržavanje sedimenta i biljnog materijala [2]. Izgradnjom sedimentacijskih bazena održava se protočnost korita, ali se smanjuje brzina tečenja [3]. Iako primarna svrha ovih objekata nije smanjenje opasnosti od poplava, sedimentacijski bazeni u sklopu mreže postojećih vodotoka pomažu u smanjenju opasnosti od poplava nizvodnih područja sliva, djelujući kao prostorno ekstenzivni oblici zelene infrastrukture koji su sposobni zadržati dodatne količine vode u vodotoku [1]. Osim navedenih učinaka, ovi objekti su korisni i za održavanje kakvoće vode u vodotoku [2].

Sedimentacijski bazeni su vodna tijela manjih dimenzija, do nekoliko desetaka m<sup>2</sup>, smještenih unutar mreže postojećih vodotoka te je za njihovu implementaciju potrebno relativno malo područje. Primarno se koriste na postojećim šumskim vodotocima, međutim mogu biti korisni i za hvatanje sedimenata donošeni otjecanjem vode s poljoprivrednih površina. Mjera je najučinkovitija u uvjetima srednjih protoka dok su neki od čimbenika koji utječu na njenu funkcionalnost veličina slivnog područja, hidraulička svojstva vodotoka, brzina protoka i karakteristike tla na kojem se vodotok nalazi. Mjera ima ograničen vijek trajanja ovisno o količini suspendiranog materijala u vodi, međutim uspješnim održavanjem i uklanjanjem taloga vijek trajanja se povećava [1]. Na slici u nastavku (Slika 17) dan je shematski prikaz sedimentacijskog bazena.



Slika 17. Shematski prikaz korita sedimentacijskog bazena u tlocrtu i poprečnom presjeku

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja

kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.4.1 Tehnički opis

### 1.4.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni za planiranje i projektiranje mjere izgradnje sedimentacijskih bazena koje su potrebne ukoliko je planirana izgradnja većeg broja, odnosno mreže sedimentacijskih bazena. Opseg potrebnih podloga i proračuna značajno se smanjuje kada se radi o pojedinačnim zahvatima. Primjerice, nije potrebno provesti geološka i geomehanička istraživanja, kao i proračun mehaničke stabilnosti.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 37) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja izgradnje sedimentacijskih bazena. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 37. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• karte opasnosti i rizika od poplava</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)



**podloge za preliminarne analize**

uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)

stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)

podaci o šumskim površinama

podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

**Terenski istražni radovi**

Terenski istražni radovi provode se:

- na slivu uzvodnog područja u odnosu na lokaciju mjere;
- na dionici vodotoka na kojem je planirana implementacija mjere;
- na lokaciji utoka vodotoka u veće vodno tijelo.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 38).

**Tablica 38. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja sa slivnog područja.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području sedimentacijskog bazena, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Budući da sedimentacijski bazen onemogućuje migracije vodenim organizmima, primjenjivi su jedino u vodotocima bez većih migratornih organizama poput riba i rakova. Ukoliko ne postoje recentni i kvalitetni podaci o fauni vodotoka, potrebno je provesti istraživanja kako bi se utvrdilo obitavaju li u vodotoku organizmi kojima bi pregrada sedimentacijskog bazena predstavljala nepremostivu prepreku u odvijanju migracija.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta izgradnje sedimentacijskog bazena potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 39) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

Tablica 39. Podloge potrebne za proračune

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti lokaciju zahvata i uže područje vodotoka uzvodno i nizvodno od sedimentacijskog bazena
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku i slivu na kojem se gradi sedimentacijski bazen)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode

## Proračuni

U tablici u nastavku (Tablica 40) navedeni su podaci o proračunima i analizama koje je potrebno provesti prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere. Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 40. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati krivulju trajanja protoka i vodostaja na dionici vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja sedimentacijskog bazena;</li> <li>definirati vršne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđeno projektiranje sedimentacijskog bazena.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:
<ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina toka unutar sedimentacijskog bazena kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa kroz sedimentacijski bazen;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala - provesti analize utjecaja izgradnje sedimentacijskog bazena na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (izradi model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina – drvenih pregrada.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>

**proračuni**

Na temelju provedenih geoloških i geotehničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:

- stabilnost korita – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine

U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti provode se (ne isključivo) proračuni:

- analize stabilnosti pokosa obala sedimentacijskog bazena;
- analiza procjeđivanja;
- stabilnost drvene pregrade na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije, hidraulički lom tla;
- globalna stabilnost temeljnog tla;
- proračun za seizmičko djelovanje;
- dimenzioniranje konstrukcije.

### 1.4.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Mjera je primjenjiva na područjima gdje postojeći vodotoci pronose velike količine nanosa [2]. S obzirom na geografske značajke područja, mjeru je moguće implementirati na šumskim i poljoprivrednim područjima, urbanim površinama, a djelomično ju se može primijeniti i u močvarnim područjima [1].

Budući da pregrada sedimentacijskog bazena onemogućuje migracije vodenim organizmima, mjera je primjenjiva jedino u vodotocima bez migratornih organizama poput riba i rakova.

Sedimentacijski se bazeni najčešće projektiraju na pritocima prije utoka u veći vodotok. Točan položaj sedimentacijskog bazena ovisi o specifičnim uvjetima i nagibu korita vodotoka te njegovom međuodnosu s vodotokom u koji se ulijeva. Ako je udaljenost između sedimentacijskog bazena i većeg vodotoka premala, postoji opasnost od turbulentnog toka vode iz većeg vodotoka koji može uzrokovati transport suspendiranog sedimenta iz sedimentacijskog bazena [1]. Isto tako drenirana voda koja dotječe u sedimentacijski bazen treba biti dovedena iz samo jednog smjera, tj. sedimentacijski se bazeni ne smiju postavljati na spoju više vodotoka jer to može dovesti do povećanja dinamike vode i posljedično smanjenja akumulacijske funkcije bazena [4].

Na šumskim se područjima mjera primjenjuje u svrhu smanjenja negativnog utjecaja na kakvoću površinskih voda uzrokovanog sječom šuma i uklanjanjem šumskog pokrova. Mjera se također može primjenjivati i na područjima na kojima je došlo do ekstenzivnog i neracionalnog korištenja šumskih površina koji su uzrokovali pokretanje sedimenta. Implementacija mjere može imati i važnu ulogu u očuvanju kakvoće vode na gradilištima i na šumskim područjima zahvaćenim požarima. Navedena funkcionalnost također može biti ostvarena implementacijom mjere koja se odnosi na izgradnju bara (eng. *detention ponds*) [1].

Na poljoprivrednim područjima na kojima prilikom značajnijih oborina dolazi do ispiranja tla s obradivih površina, mjera može imati važnu ulogu u očuvanju tla zadržavanjem, odnosno hvatanjem ispranog sedimenta s poljoprivrednih površina. Sedimentacijski bazeni za hvatanje sedimenta mogu se koristiti i za poboljšanje kakvoće vode nizvodno od močvarnih područja [1].

Mjera nije primjenjiva u vodotoku čije je korito građeno od glina uzevši u obzir da je za erodirane čestice veličine glina potrebno dugotrajno vrijeme taloženja. Sedimentacijski bazeni su najučinkovitiji u vodotocima čija su korita građena od šljunaka i krupnog pijeska. U takvim koritima, sedimentacijski bazeni mogu zadržati 30-50%, odnosno maksimalno 60-70% transportiranog nanosa u vodi [4].

Uzevši u obzir površinu uzvodnog sliva, mjera je primjenjiva na slivovima vodotoka čije se površine kreću do 1 km<sup>2</sup>, iako postoji mogućnost primjene mjere i na vodotocima čiji se slivovi prostiru na površinama do 10 km<sup>2</sup> [1].

Na šumskom području s gustom mrežom vodotoka na kojima su izvedeni sedimentacijski bazeni, od kojih svaki drenira relativno malo područje, uočljiva je uska povezanost između broja sedimentacijskih bazena i intenziteta poplava u nizvodnim dijelovima sliva. Navedeno upućuje da, iako su sedimentacijski bazeni učinkoviti samo u slučajevima kada se grade na područjima s malom uzvodnom slivnom površinom, njihovi korisni učinci na vodeni okoliš vidljivi su na većim slivnim površinama koja obuhvaćaju veće nizvodno područje [1].

Provedba mjere kao moguće mjere zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.4.1.3 Projektni parametri

Za dimenzioniranje sedimentacijskih bazena potrebno je izračunati maksimalni godišnji protok na dionici vodotoka na kojem je planirana implementacija mjere. Projektirane dimenzije sedimentacijskog bazena također se temelje i na brzini taloženja čestica nanosa veličine od krupnog praha (>0,02 mm) prema krupnijem nanosu. Površina sedimentacijskog bazena određuje se na temelju brzine taloženja nanosa i procijenjenog otjecanja vode kroz sedimentacijski bazen.

U tablicama u nastavku (Tablica 41 do Tablica 43) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere izgradnje sedimentacijskog bazena.

Tablica 41. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Nanos koji se taloži u sedimentacijskom bazenu po svom sastavu čine čestice anorganskog (uglavnom petrografski sastav) i organskog porijekla (produkt drvene i lisnate mase). Na količinu i vrstu nanosa utjecat će topografski položaj sliva, geološki sastav i biljni pokrivač. S obzirom na to da vijek trajanja sedimentacijskog bazena ovisi o količini nataloženog nanosa, informacije o njegovoj vrsti i pronosu (količini) veoma su važne.
hidrološki režim površinskog toka	Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na lokaciji vodotoka na kojem je planirana implementacije mjere potrebno je odabrati mjerodavne metode izračuna maksimalnog godišnjeg protoka. Također, potrebno je analizirati sve raspoložive hidrološke podatke koji se odnose na predmetnu lokaciju kako bi tehničko rješenje sedimentacijskog bazena bilo u skladu s prirodnim uvjetima tečenja. Izgradnjom

hidrološki projektni parametar	opis
	sedimentacijskog bazena dolazi do promjena u hidrološkom režimu na način da se povećava kapacitet korita za prihvatanje vode, smanjuje brzina vode, produljuje trajanje vodnog vala i snižava maksimalni protok. Takvom promjenom u hidrološkom režimu smanjuje se opasnost od poplava na području implementacije mjere te na nizvodnim dionicama vodotoka.
hidrološki režim podzemnih voda	S obzirom na to da količina vode u vodotoku ovisi i o napajanju iz sustava podzemnog toka, podaci o razinama podzemne vode predstavljaju važan projektni parametar kod dimenzioniranja sedimentacijskog bazena. Prilikom projektiranja mjere treba uvelike obratiti pozornost da tehničko rješenje ne prouzroči dreniranje podzemlja odnosno snižavanje razine podzemne vode.

**Tablica 42. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi transportna moć vodnog toka i funkcionalnost vodotoka u obrani od poplava. Uslijed implementacije mjere, doći će do povećanja kapaciteta korita u dijelu sedimentacijskog bazena čime će se stvoriti dodatni prostor za zadržavanje vode u vodotoku. S druge strane, zatrpavanjem sedimentacijskog bazena nanosom, može doći do smanjenja kapaciteta korita i povišenja vodnog lica vodotoka.
erodibilnost korita	Važan parametar koji ovisi o pronosu nanosa i erozijskoj snazi vode, a utječe na lokalnu ili globalnu nestabilnost korita vodotoka. Smanjenjem brzina tečenja, smanjuje se proces fluvijalne erozije te vodotok u dijelu sedimentacijskog bazena postaje ustaljeniji.
hrapavost korita	Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi dna i stanju obraštenosti korita, a opisuje se Manningovim koeficijentom hrapavosti. Povećanjem koeficijenta hrapavosti smanjuje se brzina tečenja i protok vode, ali se povisuje vodno lice pa je izbor koeficijenta hrapavosti jedan od ključnih parametara za uspješno funkcioniranje mjere u obrani od poplava.
brzina tečenja vode	Budući da turbulentno tečenje onemogućava taloženje čestica nanosa, kako bi se navedeno spriječilo, potrebno je sedimentacijski bazen projektirati tako da maksimalna brzina vode kroz bazen ne premašuje vrijednost od 1-2 m/s [4].

**Tablica 43. Oblikovani i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
dno korita sedimentacijskog bazena	Korito sedimentacijskog bazena potrebno je produbiti u odnosu na korito vodotoka, ali na način da ne dođe do turbulentnog tečenja na prijelazima. Iz tog razloga, korito sedimentacijskog bazena je potrebno postupno produbljivati prema uzvodnom dijelu bazena, pritom izbjegavajući nastanak oštih rubova [4].
nagib pokosa obala sedimentacijskog bazena	Ukoliko se tlo pokosa sastoji od finog i lako erodiranog materijala, nagib pokosa bi trebao iznositi maksimalno 1:2. Kada se pokosi izvode u kompaktnijem materijalu koji nije podložan eroziji, nagibi pokosa mogu biti i strmiji, međutim prilikom projektiranja potrebno je uzeti u obzir da nagibi pokosa obale ne otežavaju kretanje životinja u širem području sedimentacijskog bazena [4]. Nadalje, nagib pokosa obala ovisi i o tome je li obala stabilizirana hidrotehničkom građevinom ili je podvrgnuta prirodnim procesima erozije i taloženja nanosa. Za stabilizaciju obala preporuča se korištenje bioloških vodogradnji koje su detaljnije objašnjene u sklopu Pratećih mjera ovih Smjernica (Knjiga 5).



oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
širina projektnog područja	Ovisi o geometrijskim karakteristikama projektiranog sedimentacijskog bazena (širina i dužina bazena) i načinu uporabe okolnog područja.
biološki materijal	Za izgradnju pregrade na izlazu iz sedimentacijskog bazena preporuča se korištenje biološkog materijala, primjerice drvenog materijala dobivenog krčenjem i čišćenjem lokacije zahvata.

#### 1.4.1.4 Ekološki aspekti mjere

Sedimentacijski bazen najčešće se koristi za održavanje kakvoće vode degradirane uslijed aktivnosti gospodarenja šumama. Pokretanje nanosa uzrokovano čistom sječom šuma, izgradnjom cesta ili održavanjem jaraka često ima štetne utjecaje na kakvoću vode okolnih vodotoka, uslijed narušavanja biološke kakvoće uzrokovane gubitkom staništa i ugrožavanja fizikalno-kemijskih elemenata, osobito onih povezanih s eutrofikacijom.

Sediment koji se pronosi vodotocima može negativno utjecati na staništa riba i beskralježnjaka u nizvodnim vodotocima. Prekomjerni unos sitnog sedimenta u rijeke može dovesti do degradacije staništa za mrijest riba te lokalnog izumiranja pojedinih ribljih vrsta u vodotoku. Stoga implementacija mjere sprječavanjem pronosa nanosa može imati važnu ulogu u zaštiti staništa na nizvodnim dijelovima vodotoka [1].

Osim smanjenja štetnih utjecaja na kakvoću vode kroz smanjenje pronosa nanosa, izgradnja sedimentacijskih bazena u mreži uzvodnih vodotoka može odigrati značajnu ulogu u smanjenju opasnosti od poplava s obzirom na to da se izgradnjom sedimentacijskih bazena otvaraju dodatni prostori za pohranu vode. Time dolazi do smanjenja brzine tečenja te ublažavanja i odgode nailaska vodnog vala u nizvodnim dijelovima sliva [1].

Sedimentacijski bazen, budući da se radi o manjem vodnom tijelu male dubine lentičkih stanišnih uvjeta, može predstavljati važno stanište za skupine organizama koji su u pojedinim fazama života ovisni o vodenim ekosustavima, poput brojnih beskralježnjaka i vodozemaca.

#### 1.4.1.5 Vrste radova

Mjera izgradnje sedimentacijskog bazena najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- iskop materijala – produbljenje i proširenje korita vodotoka;
- uređenje dna i obala sedimentacijskog bazena;
- uređenje pregradnih objekata za zadržavanje sedimenta;
- uređenje pristupnih puteva (po potrebi).

#### Iskop materijala

Izgradnja sedimentacijskog bazena započinje iskopom materijala na dionici vodotoka kojim se produbljuje i proširuje korito vodotoka. Dimenzije bazena ovisit će o količini ulazne vode i vrsti nanosa kojeg ona transportira pa je za optimalno funkcioniranje bazena potrebno prilagoditi njegovu veličinu, a ako postoji potreba – primjerice u velikim slivnim područjima

– može biti uputno izgraditi i nekoliko manjih sedimentacijskih bazena unutar mreže uzvodnih vodotoka umjesto jednog velikog bazena smještenog prije utoka u veće vodno tijelo [4].

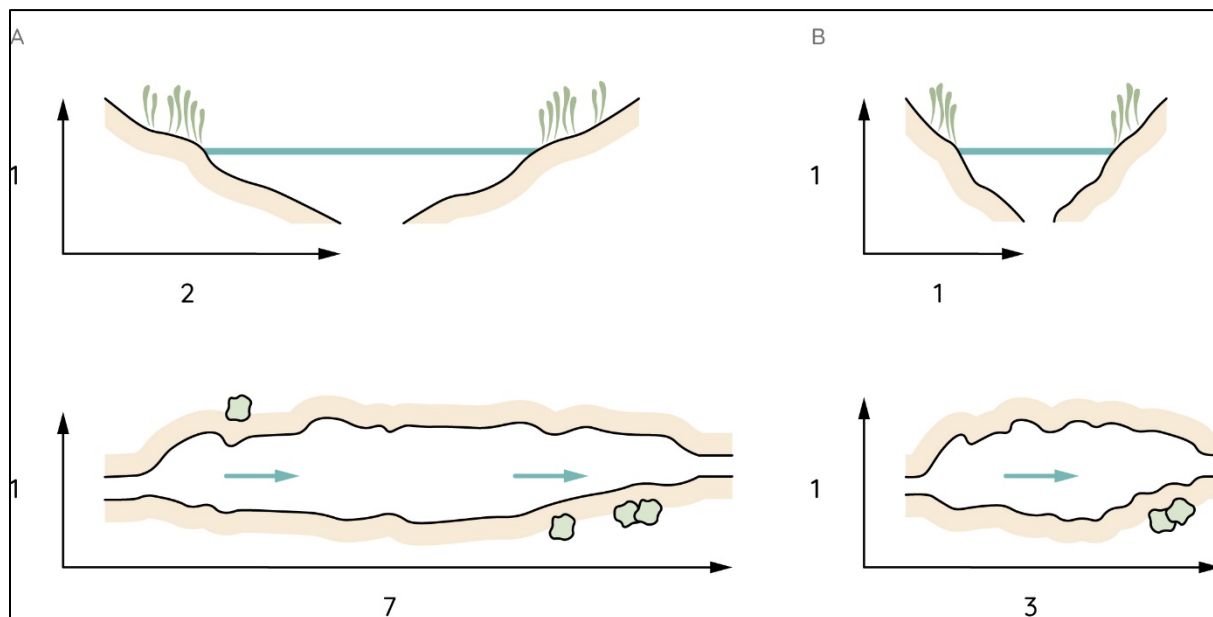
Naime, nanos koji se transportira vodotokom često sadrži i sitnije čestice koje se neće istaložiti u bazenu. Sedimentacijski bazeni zadržavaju čestice čija je brzina taloženja (m/s) jednaka ili veća od procijenjenog protoka ( $m^3/s$ ) podijeljenog s površinom sedimentacijskog bazena ( $m^2$ ). S obzirom na navedeno, pri određivanju dimenzija sedimentacijskog bazena uzima se u obzir maksimalna brzina koja omogućuje taloženje čestica veličine krupnog praha ( $>0,02$  mm) [4].

Prije uklanjanja sedimenta potrebno je provesti analize fizikalno-kemijskih karakteristika sedimenta. Ispitivanja se provode na parametre propisane relevantnim zakonodavstvom kako bi se utvrdila pogodnost odlaganja sedimenta na poljoprivrednim ili šumskim područjima. Ukoliko se pokaže da sediment nije pogodan za tu namjenu, potrebno je izraditi dokumentaciju u svrhu zbrinjavanja sedimenta na način da ne dođe do onečišćenja okoliša.

Ukoliko je sediment pogodan za odlaganje na širem okolnom području, potrebno ga je odložiti na dovoljno veliku udaljenost od bazena kako bi se smanjio rizik od urušavanja obale bazena i kretanja tla natrag u bazen. Za odlaganje materijala iz iskopa potrebno je predvidjeti područje veličine 2-3 puta veće od površine sedimentacijskog bazena.

### Uređenje dna i obala sedimentacijskog bazena

Nagib pokosa vodotoka na kojem se planira implementacija mjere kao i podložnost materijala pokosa eroziji definira izvedbu i zaštitu pokosa sedimentacijskog bazena i njegovu površinu. Ovisno o nagibu pokosa obala, omjer između širine i duljine bazena bi trebao iznositi između 1:3 i 1:7 kako bi se voda mogla ravnomjerno rasporediti u akumulacijskom području sedimentacijskog bazena. Ukoliko se tlo pokosa sastoji od finog i lako erodiranog materijala, nagib pokosa bi trebao iznositi maksimalno 1:2. Kada se pokosi izvode u kompaktnijem materijalu koji nije podložan eroziji, nagibi pokosa mogu biti i strmiji, međutim prilikom projektiranja potrebno je uzeti u obzir da nagibi pokosa obale ne otežavaju kretanje životinja u širem području sedimentacijskog bazena [4]. Shematski prikaz omjera nagiba pokosa i duljine sedimentacijskog bazena dan je na slici u nastavku (Slika 18).



Slika 18. Shematski prikaz omjera nagiba pokosa i dimenzija sedimentacijskog bazena

Uzimajući u obzir da turbulentni tok remeti taloženje čestica, kako bi se spriječilo stvaranje velike turbulencije potrebno je izbjegavati oštre rubove unutar sedimentacijskog bazena. Isto tako, radi smanjenja turbulencije korito bazena trebalo bi biti dublje u uzvodnom dijelu i postupno se oplićivati u nizvodnom smjeru [4].

### Uređenje pregradnih građevina za zadržavanje sedimenta

U nizvodnom dijelu sedimentacijskog bazena na izlazu iz bazena u vodotok postavlja se pregrada od drvenog materijala kako bi se povećalo vrijeme zadržavanja vode, a time i učinkovitost implementirane mjere. Ovdje je primjenjivo rješenje pregrade od drvenih trupaca kakvo se primjenjuje kod bujičnih vodotoka te je detaljnije opisano u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 4, poglavlje 1.3).

### Uređenje pristupnih puteva (po potrebi)

Ukoliko se proračunima utvrdi značajna količina i potreba češćeg čišćenja sedimentacijskog bazena od istaloženog nanosa, izgradnja mjere treba obuhvatiti i rješenje pristupa bazenu. Preporuka je, gdje god je to moguće, korištenje postojećih šumskih i poljskih puteva.

#### 1.4.1.6 Održavanje mjere

Budući da je osnovna funkcija sedimentacijskih bazena taloženje nanosa iz vodenog toka, održavanje mjere uključuje redovito čišćenje istaloženog sedimenta s dna bazena. Za te je zahvate potrebno korištenje mehanizacije pa može biti potrebno osigurati pristupne putove. S obzirom na to da je, pojednostavljeno gledano, učinkovitost mjere obrnuto proporcionalna stupnju zapunjenosti bazena, njega je potrebno redovito motriti te po potrebi organizirati i izvanredno čišćenje bazena. Cilj je motrenja i čišćenja spriječiti nisku

učinkovitost bazena do koje dolazi znatno prije potpunog zatrpavanja bazena nanosom, budući da se smanjenjem površine poprečnog presjeka povećava brzina vode odnosno protok, a njime i pronos nanosa nizvodno.

Kod definiranja potrebe za čišćenje treba isto tako uzeti u obzir i da ono privremeno povećava turbulencije vode i na taj način uzrokuje povećanje suspendiranog materijala u vodi koji se pronosi nizvodno. Ukoliko se na sedimentacijskim bazenima s manjim zapunjavanjem razvije gusta vegetacija, motrenjem se može zaključiti kako daljnje čišćenje nije potrebno jer je započeo proces zamočvarivanja uslijed kojeg se zadržava funkcija zadržavanja nanosa u prirodnim uvjetima.

Čišćenje bazena potrebno je uskladiti s godišnjim životnim ciklusom organizama koji nastanjuju bazen, npr. potrebno je izbjegavati reproduktivni period vodozemaca.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

#### 1.4.1.7 Troškovi izgradnje

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 44) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 44) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 44. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop materijala	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i postavljanje drvenih trupaca	m

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji, udio u ukupnim troškovima implementacije mjere izgradnje sedimentacijskih bazena čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

#### 1.4.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 45) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 45) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 45. Troškovnik radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena	m <sup>2</sup>
1.2	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

#### 1.4.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.



### 1.4.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings& key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 46) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [1], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 46. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
<p> smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva</p> <p> usporavanje površinskog otjecanja sa sliva</p>	<p>S obzirom na to da je sedimentacijski bazen manje proširenje u koritu vodotoka, njegova uloga u smanjenju i usporavanju površinskog otjecanja sa sliva nije značajna.</p>
<p>kapacitet (volumen) za skladištenje vode</p>	<p>Budući da se izgradnjom sedimentacijskog bazena lokalno širi i produbljuje korito vodotoka, povećava se i njegov kapacitet za skladištenje vode koji može posebno doći do izražaja tijekom visokog vodostaja i poplavnih događaja. Povećanje kapaciteta odgovarat će ukupnom volumenu sedimentacijskog bazena umanjenom za srednji volumen vode koja se u koritu vodotoka nalazila prije izgradnje bazena.</p>
<p>smanjenje brzine toka</p>	<p>Umiranje toka jedna je od temeljnih funkcija sedimentacijskih bazena kako bi se potaknulo taloženje nanosa na njegovom dnu. Ukupna brzina toka u bazenu je smanjena u odnosu na dionice vodotoka bez bazena.</p>
<p>povećanje evapotranspiracije</p>	<p>Budući da sedimentacijske bazene obilježava nešto veća površina i manja brzina toka, voda u njima se brže zagrijava nego u ostatku vodotoka uslijed čega se povećava i njena evaporacija. Taj učinak ipak nije značajan.</p>
<p>povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode</p>	<p>Proširenjem i produblivanjem korita vodotoka radi formiranja sedimentacijskog bazena povećava se ploha na kojoj dolazi do interakcije između površinske i podzemne vode, no nema značajnijih promjena u infiltraciji i prihrani podzemne vode.</p>

korist	pojašnjenje
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Taloženjem nanosa na dnu bazena formira se materijal u kojem započinju pedogenetski procesi i koji ima određeni kapacitet za skladištenje vode. Ipak, u interpretaciji treba uzeti u obzir da je povećanje tog kapaciteta značajno manje i sporije od smanjenja kapaciteta korita bazena za prihvatanje vode.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### 1.4.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 47) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [1, 5, 6], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 47. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Smanjenje pronosa nanosa može poboljšati stanišne uvjete u nizvodnim vodnim tijelima, odnosno u određenoj mjeri uspostaviti režim pronosa koji je bio prisutan prije antropogenih djelatnosti zbog kojih se i javio problem prekomjerne količine nanosa koji se pronosi nizvodno.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Sedimentacijski bazen regulira pronos nanosa što pozitivno utječe na hidromorfološke procese u nizvodnim vodnim tijelima, budući da je uzrok prekomjernog pronosa nanosa antropogenog porijekla.

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>• struktura i sediment dna rijeke</li> <li>• struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• režim kisika</li> <li>• sadržaj iona</li> <li>• pH, m-alkalitet</li> <li>• hranjive tvari</li> </ul>	Zadržavanjem nanosa koji se ispire s poljoprivrednih površina ili šumskog zemljišta nakon sječe pozitivno se utječe na nizvodnu kakvoću vode uslijed zadržavanja određenog dijela organskih i onečišćujućih tvari.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nesintetske</li> <li>• sintetske</li> <li>• ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Monetizacija koristi provodi se prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima. Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.–2021. (NN 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [7].

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.4.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 48) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [1, 8, 9], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 48. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbe biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Smanjenje pronosa nanosa može poboljšati stanišne uvjete u nizvodnim vodnim tijelima, odnosno u određenoj mjeri uspostaviti režim pronosa koji je bio prisutan prije antropogenih djelatnosti zbog kojih se i javio problem prekomjerne količine nanosa koji se pronosi nizvodno.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Smanjenje pronosa nanosa može poboljšati stanišne uvjete u nizvodnim vodnim tijelima, odnosno u određenoj mjeri uspostaviti režim pronosa koji je bio prisutan prije antropogenih djelatnosti zbog kojih se i javio problem prekomjerne količine nanosa koji se pronosi nizvodno.
<b>4. opskrbe abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Smanjenje pronosa nanosa pozitivno utječe na kakvoću vode nizvodno.

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.4.3 Primjeri mjere

#### 1.4.3.1 Sedimentacijski bazeni u sklopu WAMBAF projekta, Baltičke zemlje

U sklopu projekta Upravljanje vodama na području Baltičkih zemalja (WAMBAF Projekt), koji je trajao od ožujka 2016. do veljače 2019. godine, izvedeni su sedimentacijski bazeni radi zadržavanja erodiranog materijala i sprječavanja njihovog pronosa u nizvodna vodna tijela. Projekt se provodio na području Švedske, Finske, Poljske, Estonije, Latvije i Litve. Cilj projekta bilo je rješavanje problema negativnog utjecaja na kakvoću vode nastalih uslijed aktivnosti u šumarstvu. Projektom su dani primjeri dobre prakse u načinu održavanja mreže šumskih jaraka na području država sudionica kojima se pospješuje zaštita kakvoće vode [10].

Unutar primjera dobre prakse, poseban je naglasak stavljen na smanjenje transporta suspendiranog materijala, hranjivih tvari i spojeva žive u vodnim tijelima unutar šumskih područja i njihov pronos u nizvodna vodna tijela, kao i na povećanje kapaciteta zadržavanja vode u šumama [10].

U sklopu navedenog projekta, sedimentacijski bazeni su predstavljeni kao vodni objekti čija je svrha zadržavanje sedimenta i čestica hranjivih tvari koje su donesene iz šumskih područja kao posljedica aktivnog gospodarenja šumama te sprječavanje njihovog daljnjeg transporta u nizvodna vodna tijela. To su produbljeni i prošireni dijelovi vodotoka u kojima dolazi do smanjenja brzine vode što olakšava taloženje suspendiranog sedimenta na dno sedimentacijskog bazena [10].

Na slici u nastavku (Slika 19) prikazan je sedimentacijski bazen izgrađen u sklopu WAMBAF projekta koji je smješten u istočnom području središnjeg dijela Švedske, oko 100 km sjeverno do glavnog grada Stockholma. Bazeni je konstruiran 2013. godine, a na slici je prikazano stanje bazena dvije godine nakon njegove izgradnje.

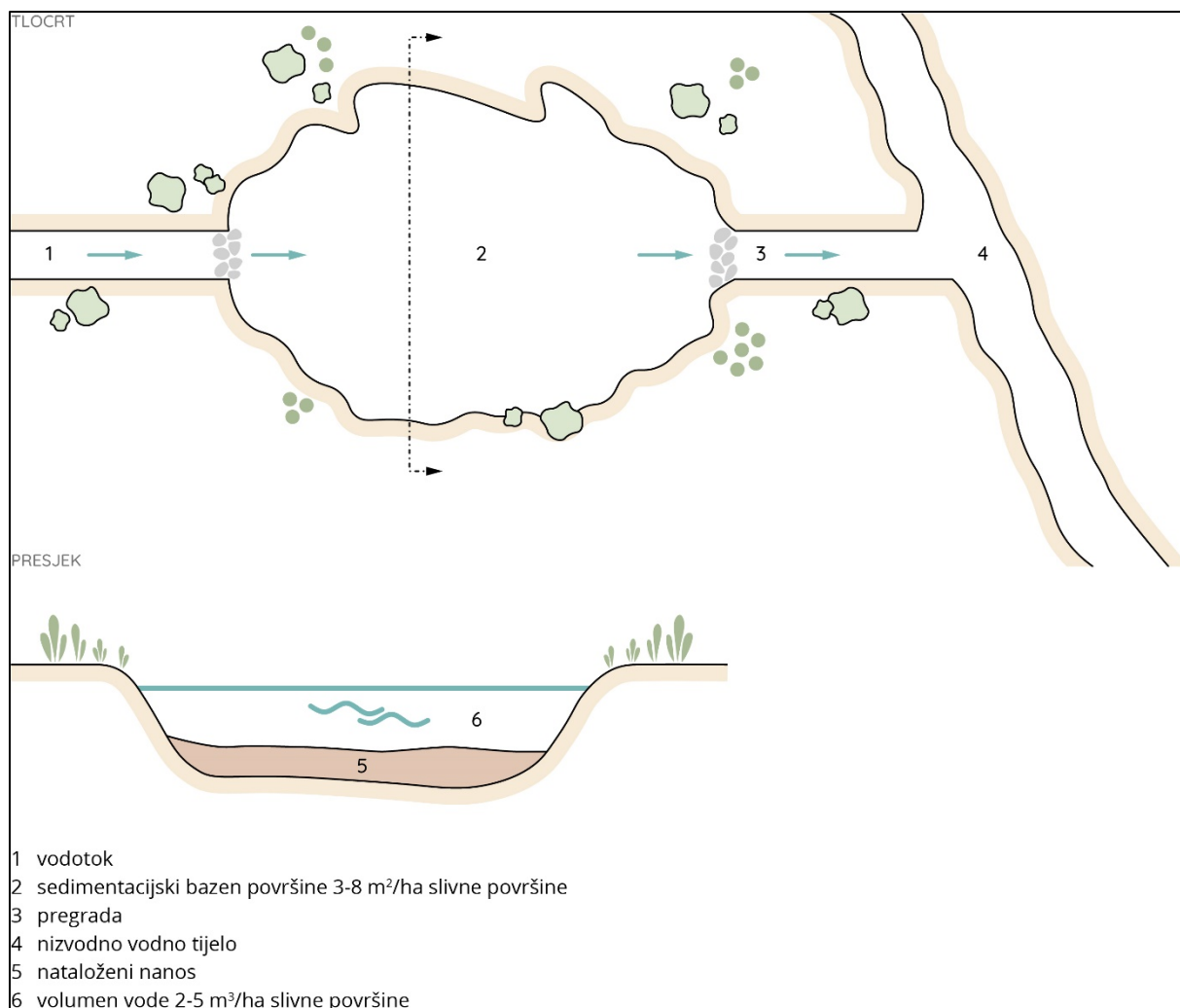




**Slika 19. Prikaz sedimentacijskog bazena u središnjem dijelu Švedske, fotografiranog dvije godine nakon izgradnje [10]**

Projektirani izgled sedimentacijskog bazena i način njegovog dimenzioniranja definirani u sklopu WAMBAF projekta prikazani su na skici u nastavku (Slika 20). Dimenzioniranje sedimentacijskog bazena izvedeno je na način da površina bazena iznosi 3-8 m<sup>2</sup> po hektaru površine sliva dok je volumen sedimentacijskog bazena 2-7 m<sup>3</sup> po hektaru površine sliva. Nanos se taloži na dnu sedimentacijskog bazena dok je na ulazu i izlazu iz sedimentacijskog bazena projektirana pregrada za zadržavanje krupnijeg materijala donesenog vodom. Sedimentacijski bazen je projektiran nedaleko prije utoka kanala u nizvodno veće vodno tijelo [10].

U Finskoj je dimenzioniranje sedimentacijskog bazena izvedeno na način da je površina bazena iznosila 3-8 m<sup>2</sup> po hektaru površine sliva, dok je dubina bazena iznosila oko 2 m. Izveden je po jedan sedimentacijski bazen po površini sliva do 40 ha, dok je za slivna područja veća od 40 ha bilo potrebno više sedimentacijskih bazena. U Latviji je izgradnja sedimentacijskog bazena obavezna u državnim šumama ukoliko je duljina sustava odvodnje veća od 0,8 km. U tim slučajevima gradi se sedimentacijski bazen koji je 0,5 m dublji od dna jarka, dok se dužina bazena kreće od 30 do 50 m [11].



Slika 20. Shematski prikaz sedimentacijskog bazena (Modificirano: Vita projekt d.o.o.) [10]

Rezultati WAMBAF projekta pokazali su da sedimentacijski bazeni zadržavaju u prosjeku 25% donesenog suspendiranog materijala. Varijacije u učinkovitosti ove mjere uvelike ovise o lokalnim čimbenicima kao što su površina sedimentacijskog bazena u odnosu na sliv, vrsta tla na kojem se nalazi, oblik korita vodotoka te vrsti vegetacije i pokrova [11].

#### 1.4.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] *Sediment capture ponds*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/sediment-capture-ponds>

[2] Bonacci, O. (2016): Mjere prirodnog retencioniranja vode, *Hrvatske vode* 24 (96), 161-169

[3] *Stručne smjernice – Upravljanje rijekama (Jačanje stručnih znanja i tehničkih kapaciteta svih relevantnih ustanova za Ocjenu prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (OPEM)*, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Zagreb, 2015.

[4] *Manual for constructing water protection structures at ditch network maintenance sites and for water retention in forests*, Tool Box, WAMBAF, Interreg Baltic Sea Region, Natural Resources Institute Finland, Helsinki, 2020.

[5] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[6] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[7] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[8] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting

[9] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

[10] *WAMBAF – Good Practices for Ditch Network Maintenance to Protect Water Quality in the Baltic Sea Region*, Natural Resources Institute Finland, Helsinki, 2018.

[11] *Forest Drainage and Water Protection in the Baltic Region Countries – Current Knowledge, Methods and Areas for Development*, Natural Resources Institute Finland, Helsinki, 2017.

# **SMJERNICE ZA TEHNIČKO PROJEKTIRANJE I PROCJENU SOCIOEKONOMSKE IZVEDIVOSTI MJERA ZELENE INFRASTRUKTURE**

## **KNJIGA 4 – MJERE UREĐENJA BUJIČNIH SLIVOVA**

## SADRŽAJ

<b>1</b>	<b>Mjere uređenja bujičnih slivova .....</b>	<b>3</b>
1.1	Bujični slivovi .....	3
1.2	Šumski pokrivač u zoni prikupljanja.....	9
1.3	Bujične pregrade.....	28
1.4	Drenažne fašine .....	48
1.5	Stabilizacijsko-retencijske konturne strukture.....	63
1.6	Pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem.....	80



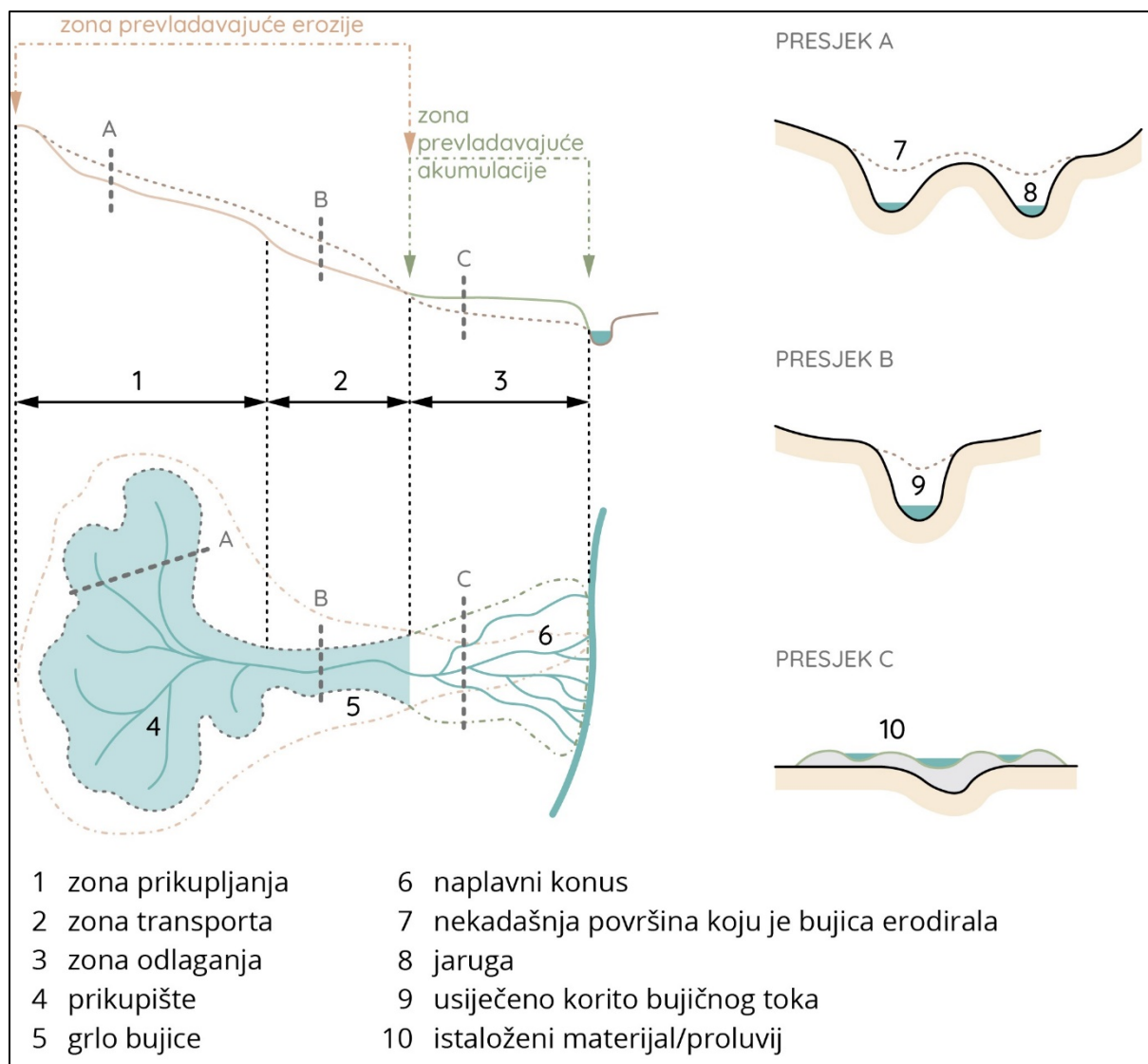
## 1 Mjere uređenja bujičnih slivova

### 1.1 Bujični slivovi

Bujični tok je najčešće povremeni vodotok u kojem se tečenje javlja neposredno i kratkotrajno nakon intenzivnih oborina [1]. Bujice karakteriziraju velike i brze oscilacije protoka, turbulentno tečenje jake erozivne sposobnosti, sklonost promjene smjera tečenja i veliki pronos nanosa, uključujući i pokretanje klizišta [2]. Erozijsko je djelovanje najveće na padini u gornjem toku gdje se posljedično javlja i transport relativno velike količine finog i krupnog sedimenta koji se taloži na ravnijim dijelovima sliva [3, 4]. Bujičnom erozijom na nagnutom rastresitom zemljištu se usijecaju jaruge. Zbog velike količine vode i brzine protoka, bujični tokovi mogu pomicati i veće komade odlomljenih stijena, lomiti ili čupati i transportirati drveće kao i antropogene objekte poput mostova i manjih građevina [5]. To se najčešće događa na prirodnim suženjima korita ili antropogenoj nadgradnji poput mostova, gdje se stvara usko grlo za plutajući materijal poput granja i trupaca, uzrokujući usporavanje toka i podizanja razine vode, što može dovesti do destrukcije takvih struktura [6].

Uz linearnu eroziju duž korita, bujične tokove karakterizira i značajan rizik od poplava. Za razliku od fluvijalnih poplava koje se odvijaju periodično, primjerice redovito plavljenje rijeke u proljetnom razdoblju, bujične poplave javljaju se iznenada—kao direktna posljedica obilnih oborina ili naglog otapanja snijega—i traju kratko (od nekoliko sati do nekoliko dana) [1,7]. Poplave obično nastaju u gornjem dijelu toka gdje uslijed topografskih uvjeta površinsko otjecanje prevladava nad procjeđivanjem u podzemlje.

Topografsko područje s kojeg se bujični tok prihranjuje vodom naziva se bujični sliv (Slika 1). On je obično prostran u strmom uzvodnom dijelu gdje oborinske vode konvergiraju u tokove i usijecaju vododerine i jaruge. Vododerine nastaju otjecanjem kišnih mlazova tijekom oborina koji dube kanale, često V poprečnog presjeka, duboke i do nekoliko metara, širine do dva metra. Spajanjem više slivnih površina formira se bujični tok koji dubi jaruge – veće kanale V poprečnog presjeka koji mogu biti duboki i više od petnaest metara [15]. Taj uzvodni dio je zona prikupljanja vode. Sukladno nagibu terena, jaruge konvergiraju u jedinstveno korito bujičnog toka i u njemu su brzina i protok najveći. To je zona transporta i u njoj, kao i u prethodnoj zoni, djeluje snažna bujična erozija. Smanjenjem nagiba terena smanjuju se i brzina toka i njegovo erozijsko djelovanje te se pojavljuje taloženje plutajućeg, vučenog i suspendiranog materijala. To je zona odlaganja i taloženja nanosa.



Slika 1. Shematski prikaz bujičnog sliva

Nastanak i razvoj bujičnih tokova ovisi o nizu faktora među kojima se ističu hidrometeorološki uvjeti, nagib terena, geološko-pedološke te vegetacijska obilježja sliva [7]. Kako je već spomenuto, bujični se tokovi javljaju uslijed intenzivnih padalina ili otapanja snijega zbog naglog porasta temperature zraka na padinama velikog nagiba [6]. Što je nagib terena veći, veće je i površinsko otjecanje uslijed gravitacije, a manja infiltracija vode u podzemlje. Geološko-pedološki uvjeti ogledaju se kroz faktor vodonepropusnosti podloge po kojoj oborinska voda teče. Razlikuju se izrazito vodopropusna podloga poput šljunka i pijeska, umjereno vodonepropusna podloga poput fliša, lapora i škriljavaca te izrazito vodonepropusna podloga poput gline i eruptivnih stijena. Vodonepropusne podloge smanjuju infiltraciju vode u podzemlje i povećavaju površinsko otjecanje te u razdobljima intenzivnih oborina ili naglog otapanja snijega povećavaju bujičnost sliva [7].

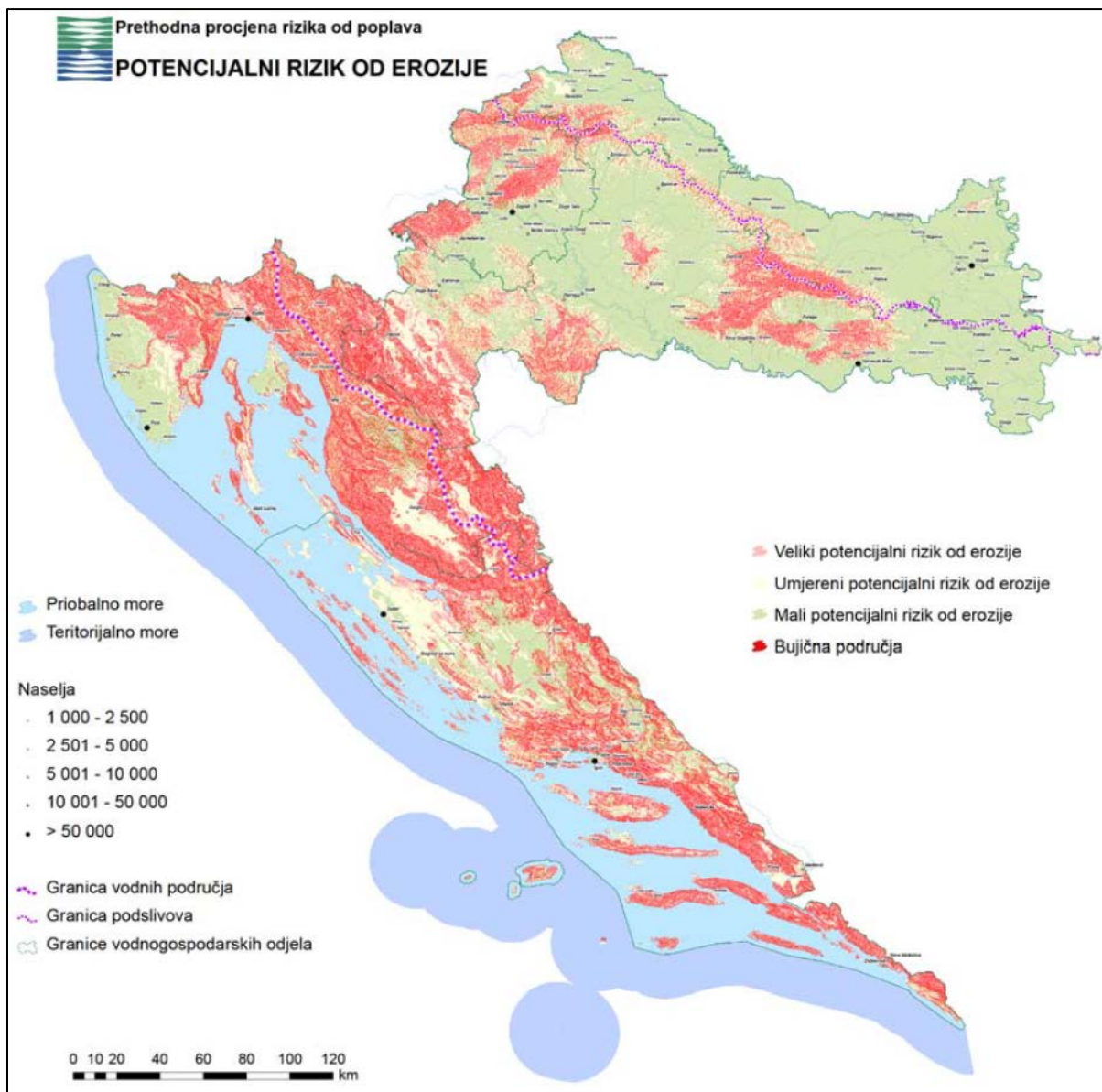
Vegetacijski pokrov utječe na površinsko otjecanje mijenjajući hrapavost površine i stabilnost tla. Šumsko-drvenasta vegetacija sustavom korijenja učvršćuje tlo na padinama

i smanjuje bujično površinsko otjecanje. Utjecaj travnate vegetacije na stabilnost tla je manja dok je stabilnost tla najmanja na padinama bez stalnog vegetacijskog pokrova kao što su oranice [7]. Konačno, erodirane površine podložnije su daljnjoj eroziji od onih koje nisu erodirane. Često se događa da bujični tokovi transportiraju velike količine nanosa koji se istaloži u riječnom koritu u koje se bujični vodotoci ulijevaju. Na taj način dovode do zapunjavanja riječnih korita i smanjenja propusnosti za normalno otjecanje što može rezultirati povećanjem rizika od poplava. Ukoliko bujice otječu u akumulacije ili retencije, tada se nanos taloži u njima i smanjuje njihov volumen za prihvata vode [8].

Važno je spomenuti da i stalni vodotoci, posebice brdski i planinski potoci, mogu imati bujični karakter koji ovisi o lokalnom hidrometeorološkom režimu. To znači da u razdobljima intenzivnih padalina ili otapanja snijega njihovi maksimumi protoka mogu biti višestruko (i preko trideset puta) veći od mjesečnih srednjaka [9]. Takvi su primjerice potoci koji teku južnim padinama Medvednice prema gradu Zagrebu ili sa Slavenskog gorja prema dolinama Save i Drave.

Za razliku od mediteranskih, kontinentalne bujice u Hrvatskoj imaju dulje tokove s većim padovima u najuzvodnijim dijelovima te su bogatije vodom, a karakterizira ih manje izražena granica koja odvaja zone prikupljanja i odlaganja [8]. Ipak, područja najugroženija bujičnim poplavama smještena su u Gorskoj i Primorskoj Hrvatskoj sukladno većoj raščlanjenosti reljefa (Slika 2) [10]. Te dvije prostorne cjeline obilježava i krški okoliš. Bujični tokovi u krškim i nekrškim područjima značajno se razlikuju kao i njihove posljedice. Zbog porozne geološko-pedološke podloge, stalni vodotoci u kršu su rijetki—česta je pojava vodotoka koji dijelom (u jednom ili više sekcija) teku podzemnim kanalima kao ponornice te ponovno izdašno izvire. Stoga je opasnost od bujičnih poplava najveća u zavalama polja u kršu gdje vodotoci izvire na kontaktu propusne i nepropusne podloge.

Oborine se, naime, brzo infiltriraju u krško podzemlje gdje pod utjecajem gravitacije teku porama i pukotinama te ih ispunjavaju. S obzirom na vrlo ograničen volumen tih pora i pukotina, pri intenzivnim oborinama razina vodnog lica brzo raste povećavajući tlak podzemne vode koja stoga brže i obilnije istječe iz krškog vodonosnika na vrelima i manjim izvorima [5]. Nerijetko izdašnost vrela vodotoka bujičnog karaktera ovisi o zasićenosti podzemlja vodom i razini vodnog lica. Primjerice, vrelo Rječine ima srednji protok od 6,85 m<sup>3</sup>/s dok je maksimalni izmjereni protok 60,1 m<sup>3</sup>/s [1], a gotovo svake godine i presuši. Postojeća korita ne mogu primiti tolike količine vode te dolazi do njenog izlivanja i plavljenja. Mjere zelene infrastrukture u ovakvim slučajevima obrađene su u poglavlju Ponorske zone ovih Smjernica (Knjiga 2, poglavlje 1.5).



**Slika 2. Rizik od bujične i fluvijalne erozije na teritoriju Republike Hrvatske [10]**

Bujične tokove i poplave karakterizira velika dinamičnost koja otežava njihovo kontroliranje. Erozijsko djelovanje bujice može dovesti do topografskih promjena poput usijecanja novih vododerina i jaruga na padinama većeg nagiba dok sedimentacijsko djelovanje na padinama manjeg nagiba često rezultira promjenama položaja i dimenzija korita, što sve otežava kontrolu hidroloških procesa koji se odvijaju u njima [1]. Tome treba pridodati i da se očekuje da će opasnost od bujičnih tokova i poplava porasti uslijed klimatskih promjena budući da se predviđaju manje redovite, ali intenzivnije padaline [8,11].

Bujične poplave imaju veliko ekološko značenje jer erodiraju materijal na padinama kojega transportiraju nizvodno. Transportirani nanos, hranjive tvari, staništa, organizmi i cijele biocenozne različitog sastava se talože na ravnijim predjelima [1]. Pored toga, bujični vodotoci su zbog velike brzine toka u duboko usječenom i često hrapavom koritu bogati

kisikom koji je potreban za razgradnju organskih tvari u vodotoku. U tom pogledu dotjecanje bujične vode u stalne vodotoke i stajačice doprinosi kvaliteti vode u njima [12]. Kada se izvode strukturni zahvati u koritu, koncept zelene infrastrukture pretpostavlja korištenje lokalnih materijala poput kamena i drveta kad god oni mogu dostatno osigurati funkcije smanjenja brzine toka, smanjenja erozije i prijenosa nanosa te stabiliziranja tla i padina [13].

Mjere zelene infrastrukture za uređenje bujičnih slivova uključuju sljedeće mjere:

- pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača u zoni prikupljanja,
- bujične pregrade,
- drenažne fašine,
- stabilizacijsko-retencijske konturne strukture,
- pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem.

Pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača primjenjivo je u svim zonama bujičnog sliva, no najveće učinke na reguliranje površinskog otjecanja i erozijsko djelovanje imaju u zoni prikupljanja gdje su nagibi terena najveći i u kojima je zbog orografskih obilježja površinsko otjecanje najveće. Na strmim dolinskim stranama jaruga primjenjuju se pokosi ojačani ozelenjivanjem, ponajprije radi zaštite izgrađene infrastrukture, dok se na manje strmim pokosima izvode stabilizacijsko-retencijske konturne strukture poput živih fašina i pleternih zidova. U koritima bujičnih vodotoka mogu se izvoditi bujične pregrade tipa drvenog sanduka ili žive palisade, a na vododerinama drenažne fašine. Neposredno uz tok u različitim zonama bujičnog sliva preporučuje se sadnja i održavanje riparijske vegetacije. Ta je mjera detaljnije opisana u posebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 3, poglavlje 1.3).

Osim specifičnih mjera, sanacija bujičnih slivova može zahtijevati i promjene u načinu korištenja zemljišta. S obzirom na to da je krčenje prirodne vegetacije radi dobivanja poljoprivrednih površina u reljefno raščlanjenijim područjima u mnogim slučajevima dovelo do smanjenja stabilnosti padina i povećanja intenziteta bujičnih procesa i učinaka, promjena načina korištenja zemljišta na određenim predjelima može biti jedino dugoročno rješenje u kontroli erozije i obnovi krajobraza.

Budući da bujični vodotoci mogu nositi velike blokove stijenskog i drvenastog materijala, strukture mostova, posebice kad se njihovi stupovi nalaze unutar korita, mogu predstavljati prepreke rezultirajući problemom uskog grla. Dok te strukture mogu dovesti do formiranja barijera od nanosa i dovesti do poplava, vrlo često uslijed siline toka i brzine plivajućeg i vučenog nanosa može doći do oštećenja pa i destrukcije takvih struktura [13]. Stoga je masne i slične konstrukcije potrebno projektirati tako da ne predstavljaju prepreku u tečenju, odnosno da budu otporne na protok bujične vode i materijala.

S obzirom da većina zahvata podrazumijeva primjenu bioinženjerskih metoda, za njihovo je projektiranje i provedbu potreban multidisciplinarni pristup. U tom pogledu, projektni tim uz građevinarsku struku treba uključivati i stručnjake iz biološke i krajobrazno-arhitektonske struke koji će znati odabrati i uskladiti biljni materijal s pedološkim i ekološkim uvjetima područja te stanišnim specifičnostima pojedinih vrsta organizama [14].



### 1.1.1 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Bonacci, O., Erceg, O. (2019): Hidrološki i ekohidrološki vidovi vodotoka koji presušuju i povremenih vodotoka, *Hrvatske vode* 27, 237-244.
- [2] Zakon o vodama, NN 66/19, 84/21
- [3] Curić, Z., Curić, B. (1999): *Školski geografski rječnik*, Hrvatsko geografsko društvo, Zagreb
- [4] Benac, C. (2016): *Rječnik pojmova u općoj i primijenjenoj geologiji*, Građevinski fakultet u Rijeci, Rijeka
- [5] Bonacci, O., Ljubenković, I., Roje-Bonacci, T. (2006): Karst Flash Floods: An Example from the Dinaric Karst (Croatia), *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6, 195-203
- [6] Babić Mladenović, M. (2018): *Uređenje vodotoka*, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd
- [7] Stefanović, M., Gavrilović, Z., Bajčetić, R. (2014): *Lokalna zajednica i problematika bujičnih poplava: priručnik za lokalnu zajednicu i organizacije civilnog društva*, OECD, Misija u Srbiji, Beograd
- [8] *Strategija upravljanja vodama* (ur. Biondić, D.), Hrvatske vode, Zagreb, 2009
- [9] Faber, M. (2022): *Medvednički potoci u prostornom planiranju Zagreba*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- [10] *Prethodna procjena rizika od poplava — Republika Hrvatska: Vodno područje rijeke Dunav i Jadransko vodno područje*, Hrvatske vode, Zagreb, 2013.
- [11] *Izveštaj o procijenjenim utjecajima i ranjivosti na klimatske promjene po pojedinim sektorima* (ur. Landau, S., Trumbić, I.), Ministarstvo zaštite okoliša i energetike Republike Hrvatske, Zagreb, 2017.
- [12] Varras, G., Tsirogiannis, I., Myriounis, C., Pavlidis, V. (2015): Incorporation of Hydromorphic Works in Natural Landscape, Case Study in Aeropotamos Torrent, Greece, *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4, 261-270
- [13] CAMARO-D Cluster 2: Land Use and Vegetation Cover along Torrents, Small Rivers and Their Catchments – Erosion, Floods, Surface Runoff, Invasive Plant Species, Water Pollution, u: *Transnational Cluster Manual for Practitioners*, Interreg, 2018.
- [14] Lončar, G., Vranješ, D., Tomašević, I., Čović, K., Buj, I., Dašić, G., Korica, L. (2017): Mogućnosti Ublažavanja utjecaja regulacijskih zaštitnih vodenih građevina na vodene ekosustave, *Inženjerstvo okoliša* 4, 121-128
- [15] Tandarić, N. (2010): *Opća geomorfologija*, skripta, Zagreb.

## 1.2 Šumski pokrivač u zoni prikupljanja

Mjera pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u zoni prikupljanja slična je mjeri pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u izvorišnim područjima, s tim da je ovdje veći naglasak na smanjenju površinskog otjecanja i erozije tla. U tom pogledu se nastoje postići što brži povoljni učinci šumskog pokrivača u smanjenju opasnosti i rizika od bujičnih poplava i erozije. Uloga šumskog pokrivača u zoni prikupljanja je mnogostruka i međupovezana. Krošnje intercepcijom smanjuju količinu oborinske vode koja dopijeva do površine gdje otječe pod utjecajem gravitacije sustavom vododerina i jaruga te formira i prihranjuje bujične vodotoke. Sustav korijenja šumskog pokrivača stabilizira nagnute terene, povećava otpornost na eroziju i smanjuje mogućnost nastanka klizišta. Konačno, šumska vegetacija povećava hrapavost terena i na taj način smanjuje brzinu površinskog otjecanja povećavajući procjeđivanje u tlo koje je pod utjecajem korijenskog sustava i odbačenog organskog materijala (lišće i plodovi) podložno daljnjoj pedogenezi i povećanju kapaciteta tla za infiltraciju i retenciju vode [1].

Uslijed svih ovih učinaka, prihranjivanje bujičnih vodotoka vodom iz oborina ili otapanja snijega je sporije i jednoličnije smanjujući tako bujičnost toka [1]. Pored toga, budući da su vododerine i jaruge najniži dijelovi terena u zoni prikupljanja, grane i debla oborena uslijed odumiranja ili olujnih događaja pod utjecajem gravitacije često završe na dnu vododerina i jaruga gdje formiraju prirodne barijere koje usporavaju bujični tok te dovode do taloženja nanosa odnosno smanjenja njegova pronosa nizvodno.

Održavanje šumskog pokrivača posebice je bitno u područjima s izraženijim sezonalnim karakterom kakav obilježava Primorsku Hrvatsku. Uslijed sušnih ljetnih uvjeta i visokih temperatura zraka te takvim klimatskim uvjetima prilagođenoj vegetaciji, na tom području je izražena opasnost od požara koji prijete opstanku vegetacije. Opožarene površine obilježava smanjena hrapavost terena i povećano površinsko otjecanje koje je jedan od glavnih izvora vode za bujične tokove.

Da bi pošumljavanje imalo brži učinak na smanjenje opasnosti od poplava u ogoljenim područjima, predlaže se dvofazno pošumljavanje gdje se u prvoj fazi sadi grmovita, a u drugoj drvenasta vegetacija. Grmovita vegetacija povoljno će djelovati na smanjenje površinskog otjecanja, erozije tla i stabilnost padina u ranijoj fazi vegetacijskog razvoja. U drugoj fazi sade se pionirske vrste drveća koje uspješno kohabitiraju s grmljem i formiraju povoljne uvjete za razvoj šumskih zajednica [2].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.2.1 Tehnički opis

### 1.2.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u zoni prikupljanja.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 1) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u zoni prikupljanja. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 1. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• pedološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover)
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela), stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o šumskogospodarskoj osnovi područja Republike Hrvatske
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

## Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se na arealu zone prikupljanja na bujičnim slivovima. Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 2).

**Tablica 2. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, rasprostranjenosti, uslojenosti i općenitih mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene izvorišnog područja. Provode se samo kod prostorno značajnih zahvata.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području bujice, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova. Provode se samo kod prostorno značajnih zahvata.
<b>pedološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja fizikalno-mehaničkih i kemijskih svojstava tla.
<b>biološki istražni radovi</b>
Budući da provedbom mjere dolazi do promjene postojećih stanišnih uvjeta i razvoja šumskih staništa, biološka istraživanja potrebno je provesti s ciljem utvrđivanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznolikosti područja, kako bi se moglo zaključiti hoće li implementacijom mjere doći do gubitka vrijednih prirodnih staništa i staništa ugroženih vrsta.

## Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u zoni prikupljanja potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 3) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 3. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti čitavu zonu prikupljanja na bujičnom slivu kao i širi pojas koji ga okružuje
svojstva i parametri temeljnog tla	ovi podaci navode se u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geotehničkim istražnim radovima
podaci o oborinama	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	protok, vodostaj i pronos nanosa kroz bujični vodotok
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
vrsta slivne površine, odnosno vegetacijski pokrovu tla	podaci o koeficijentu otjecanja u ovisnosti o vrsti slivne površine i vegetacijskom pokrovu tla

podloga	opis
pedološki podaci	podaci o sastavu tla

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 4). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 4. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun utjecanja sa sliva razmatranog područja za postojeće i buduće stanje;</li> <li>analiza utjecaja provedbe mjere na formiranje vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. u nizvodnom području;</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>provesti analize utjecaja mjere na razine vodnih lica i protoka u bujicama i jarugama za srednje protoke kao i prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja)</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
Na temelju provedenih geoloških i geotehničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati: <ul style="list-style-type: none"> <li>geotehnički proračun – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti tla uslijed povećanja infiltracije oborinske vode (povećanje infiltracije dovodi do promjene razine podzemne voda koja onda uzrokuje promjenu efektivnih naprezanja i moguću pojavu nestabilnosti tla);</li> <li>analizu globalne stabilnosti lokacije implementacije mjere uslijed infiltracije oborinskih voda.</li> </ul>

Prilikom planiranja pošumljavanja zona prikupljanja u obzir treba uzeti i klimatske promjene te njihov utjecaj na pojavnost i intenzitet oborina koje sudjeluju u površinskom utjecanju sa bujičnog sliva.

Nadalje, važno je napomenuti kako za različite vrste tala u literaturi postoje procjene količine zadržavanja oborina, a vrijeme zadržavanja ovisi i o trajanju prethodnog razdoblja bez oborina, budući da prethodno vremenski bliske oborine smanjuju kapacitet tla za zadržavanje oborina.

### 1.2.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača u zoni prikupljanja moguće je provesti na terenima različitih oblika korištenja zemljišta. Glavni zahtjev u pošumljavanju je prisutnost tla minimalne dubine od 40 cm koji bi omogućio učvršćivanje sadnica i njihov razvoj u zrela



stabla. Ostali zahtjevi uključuju visinu terena, ekspoziciju te teksturu i tip tla, no oni nisu isključivi već uvjetuju izbor prikladnih vrsta za pošumljavanje [3]. Posebno ograničenje u pošumljavanju na bujičnim slivovima predstavlja opasnost od bujica i intenzivnog površinskog otjecanja koji mogu utjecati na stabilnost padina na kojima se provodi pošumljavanje i posljedično na opstanak biljaka. Stoga bi pošumljavanje trebalo provoditi nakon vlažne sezone kada je opasnost od bujica manja. Na područjima na kojima već postoji šumski pokrivač koje treba održavati, nema definiranih ograničenja za primjenjivost mjere.

Iako se zone prikupljanja na bujičnim slivovima najčešće ne koriste komercijalno, one mogu biti dijelom privatnih posjeda. Da bi se provelo pošumljavanje na njima, može biti potrebno otkupiti ih ili dizajnirati program poticanja vlasnika zemljišta na pošumljavanje. Taj program može uključivati i poticanje vlasnika privatnih šuma na bujičnom slivu na održavanje šumskog pokrivača.

Provedba navedene mjere kao moguće mjere zelene infrastrukture na pojedinim potezima bujičnih vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.2.1.3 Projektni parametri

Za pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača u zoni prikupljanja potrebno je provesti analizu utvrđivanja stanja i prognoziranja razvoja erozijskih procesa na bujičnom slivu. U tablicama u nastavku (Tablica 5 do Tablica 7) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere.

Tablica 5. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
oblik bujičnog sliva i gustoća mreže vodotoka	Na temelju navedenih parametara definira se osnovni oblik i vrsta bujičnog sliva te se određuju hidrološki uvjeti tečenja vode sa sliva.
pronos nanosa	Pošumljavanjem dolazi do povećanja hrapavosti i smanjenja brzine tečenja vode po površini terena. Time dolazi i do smanjenja količine sedimenta koji nastaje tijekom erozijskog djelovanja vode, pronosi se i doprinosi eroziji u zonama prikupljanja i transporta te se taloži u zoni odlaganja i recipijentima gdje može imati nepovoljne ekološke i hidrološke učinke.
hidrološki režim površinskog toka	Implementacijom mjere dolazi do povećanja intercepcije, infiltracije i evapotranspiracije oborinske vode, čime se smanjuje količina oborinske voda koja sudjeluje u površinskom otjecanju i prihrani bujičnih vodotoka. Na taj način štiti se nizvodno područje od poplava.
hidrološki režim podzemnih voda	Sustav korijenja i pedogenetski procesi povećavaju propusnost tla i poboljšavaju infiltraciju vode u podzemlje, čime se dio vode koji bi otjecao površinski procjeđuje u podzemlje. To može utjecati na pojavu povremenih izvora koji prihranjuju bujične vodotoke.

Tablica 6. Hidraulički projektni parametri

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita bujičnih vodotoka	Parametar o kojem ovisi funkcionalnost bujice u smanjenju opasnosti od poplava. Pošumljavanjem zone prikupljanja dolazi do povećanja intercepcije, infiltracije i evapotranspiracije oborinske vode, čime se smanjuje količina oborinske voda koja površinskim otjecanjem prihranjuje bujične vodotoke. Na taj način štiti se nizvodno područje od poplava jer će kapacitet korita bujičnih vodotoka biti promašen samo za vrijeme ekstremno velikih oborinskih događaja.

Tablica 7. Oblikovani i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib terena	Sustav korijenja stabilizira tlo na padinama, povećavajući otpornost na eroziju i pojavu klizišta tla.
geološka podloga i značajke tla	Važan parametar o kojem ovisi učinkovitost vegetacije na hidrološke prilike u zoni prikupljanja. Količina infiltrirane vode u podzemlje ovisi o tlu i supstratu te njihovoj moći upijanja. Debljina i vrsta tla utjecat će na mogućnost pošumljavanja i razvoj šumske vegetacije.
hrapavost terena	Šumski pokrivač povećava hrapavost terena čime se smanjuju brzina i transportna moć površinskog otjecanja i povećava procjeđivanje u tlo i podzemlje.
vrsta drveća	U izboru vrsta drveća za pošumljavanje treba uzeti u obzir da listače generalno imaju veće krošnje od četinjača što povećava intercepciju i transpiraciju. Nadalje, na odabir vrsta utječe i korijenski sustav stabala. Potrebno je odabrati vrste s razgranatim i čvrstim korijenskim sustavom jer korijenje stabilizira tlo i povećava infiltraciju oborinske vode u podzemlje. Naglasak kod odabira biljnih vrsta treba biti na autohtonoj vegetaciji karakterističnoj za područje implementacije mjere.

#### 1.2.1.4 Ekološki aspekti mjere

Ovisno o lokalnim hidroklimatskim značajkama, zone prikupljanja na bujičnim slivovima generalno obilježava povremenost dostupnih oborina i vlage što je značajan faktor za razvoj vegetacijskog pokrivača. S jedne strane, dostupnost vlage te vrsta i debljina tla određuju vrstu vegetacijskog pokrivača kojeg teren može podržati dok s druge strane prisutnost vegetacije utječe na regulaciju vlage i pedogenetske procese doprinoseći razvoju povoljnijih stanišnih uvjeta za raznoliku vegetaciju. Šumski pokrivač, posebice ako se radi o listopadnim sastojinama, odlaže značajne količine organskog materijala (lišće, grane, debla) koji sudjeluje u pedogenezi koja je ključna za unaprjeđenje infiltracijskog i retencijskog kapaciteta tla. Budući da šumska vegetacija istodobno povećava i hrapavost terena, dio organskog materijala opstaje na padinama umjesto da biva transportiran površinskim otjecanjem. Na taj način, šumski pokrivač u zoni prikupljanja regulira pronos sedimenta i hranjivih tvari nizvodno gdje se one talože. S obzirom na to da je na bujičnim slivovima pronos takvog materijala povremen, njegov učinak je koncentriran, uzrokujući značajne promjene u ekološkim uvjetima u recipijentu (rijeci ili stajaćoj vodi).

Razvoj riparijskih zona na dolinskim stranama jaruga korištenjem živog vrbovog kolja (*Salix* sp.) potaknuto je njihovim višestrukim funkcijama:

- (1) sustavom korijenja stabiliziraju tlo i povećavaju njegovu otpornost na eroziju površinskim otjecanjem,
- (2) formiraju pozitivne stanišne uvjete za razvoj druge vegetacije,
- (3) stabljikama i krošnjama povećavaju hrapavost podloge i na taj način usporavaju površinsko otjecanje, te
- (4) taloženjem nanosa, regulacijom vlage u tlu i jesenskim odbacivanjem lišća povoljno djeluju na pedogenetske procese i doprinose formaciji tla s većim kapacitetom za infiltraciju i retenciju površinske vode.

Za vegetativni razvoj živog kolja potrebni su dovoljna količina vlage te osunčanost. Zbog toga njihova implementacija nije preporučena na padinama gdje krošnje drveća smanjuju osunčanost. Modeliranje erozijsko-akumulacijskih procesa na pokosima iznimno je bitno kako bi se prevenirala implementacija ove mjere na padinama na kojima je erozija dovoljno snažna da iščupa žive kolce i transportira ih nizvodno bujicom odnosno na kojima je taloženje nanosa takvo da zatrpa vanjske dijelove kolaca. Za razvoj živog kolja u biljke, režim vlažnosti tla treba biti takav da osigura vlagu budućem korijenskom dijelu kolca u većem dijelu vegetacijskog razdoblja te da korijenje može dosegnuti vodno lice ili vadoznu zonu tijekom većeg dijela vegetacijskog razdoblja. Nadalje, tlo mora biti takvo da omogućuje penetraciju korijenja zbog čega kompaktna i glinovita tla smanjuju uspješnost razvoja živog kolja u biljke [4].

### 1.2.1.5 Vrste radova

Mjera pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u zoni prikupljanja najčešće uključuje sljedeće vrste radova:

- pošumljavanje;
- uspostavljanje pošumljenih buffer zona na pokosima bujičnih korita;
- održavanje postojećeg šumskog pokrivača;
- formiranje terasa (po potrebi).

#### Pošumljavanje

Pošumljavanje se provodi na terenima koji nisu pod šumom, no imaju tlo dovoljne debljine da mogu podržati šumski pokrivač. Minimalna dubina tla za pošumljavanje mora biti 40 cm kako bi se sadnice mogle ukorijeniti i održati stabilnima tijekom rasta i razvoja. Budući da su bujični erozijski procesi vrlo destruktivni, a razvoj šumskog pokrivača zahtijeva dugo vrijeme, uputno je provesti dvofazno pošumljavanje. Naime, u prvoj se fazi sadi grmovita, a u drugoj drvenasta vegetacija. Grmovita vegetacija povoljno će djelovati na smanjenje površinskog otjecanja, erozije tla i stabilnost padina u ranijoj fazi vegetacijskog razvoja. Istodobno će povećanje hrapavosti dovesti do taloženja nanosa te će započeti pedogenetski procesi koji će unaprijediti stanišne uvjete za razvoj visoke drvenaste vegetacije. U drugoj fazi sade se vrste drveća koje uspješno kohabitiraju s grmljem i formiraju povoljne uvjete za razvoj šumskih zajednica [2].

Pošumljavanju prethodi priprema tla (rahljenje i, ovisno o izboru vrsta, malčiranje) te uklanjanje invazivnih vrsta ako su prisutne. Izbor vrsta grmovite i drvenaste vegetacije trebao bi se oslanjati na autohtone vrste za koje je poznata prilagođenost na lokalne ekološke i hidroklimatske uvjete i pionirske karakteristike. Pionirske vrste su one koje imaju široku ekološku valenciju, mogu uspijevati u različitim uvjetima i obilježava ih brz rast u prvim godinama te transformiraju stanišne uvjete za razvoj drugih vrsta [5]. Vrlo je važno izabrati i one vrste drveća koje će pružiti značajnu intercepciju tijekom vlažnog razdoblja kako bi se smanjila količina oborinske vode koja pristiže do površine i površinski otječe [6]. Uzimajući u obzir da je vlažna sezona s povećanom vjerojatnošću bujičnih tokova u Hrvatskoj u hladnom dijelu godine kad listopadno drveće gubi lišće, crnogorične vrste obilježava veći intercepcijski kapacitet na bujičnim slivovima. S obzirom na sveprisutne i očekivane klimatske promjene, ključno je u pošumljavanju uzeti u obzir hidroklimatske trendove kako bi se izbjeglo pošumljavanje vrstama koje dugoročno ne mogu opstati i osigurati tražene funkcije na bujičnim slivovima.

Ovisno o klimatskim uvjetima, primjena ove mjere, uključujući odabir vrsta za pošumljavanje, treba uvažiti kapacitete sastavnica šumskog ekosustava za akumulaciju oborinske vode odnosno njeno izuzimanje iz površinskog otjecanja tijekom oborinskih događaja. Tako vegetacija, ovisno o vrstama i gustoći, može zadržati između 3 i 7 mm oborine dok šumsko tlo, ovisno o stupnju pedogeneze, može zadržati 2 do 10 mm oborinske vode [7].

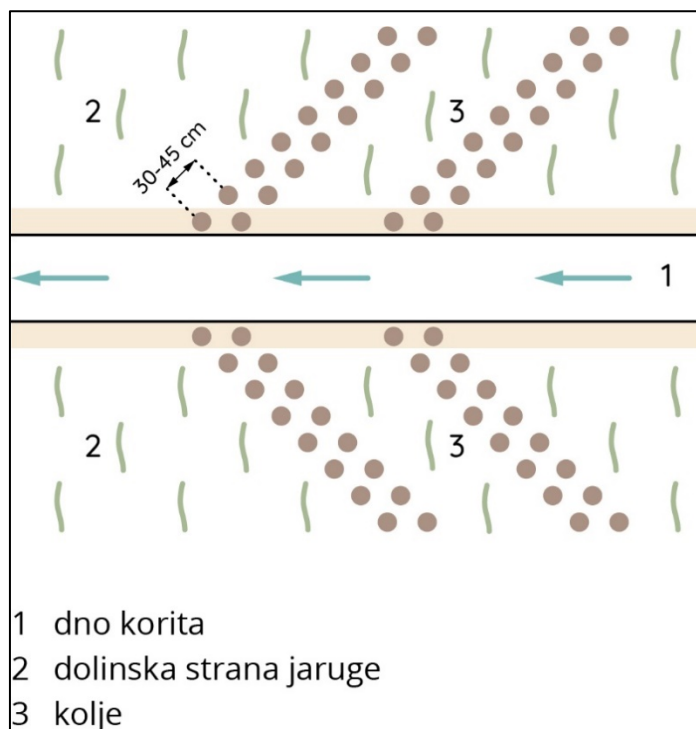
### Uspostavljanje pošumljenih buffer zona na pokosima bujičnih korita

Bujični slivovi mogu se hidrološki razdijeliti na plohe dominirane površinskim otjecanjem i korita bujičnih tokova koja prikupljaju i fokusirano usmjeravaju tok vode i nanosa pod utjecajem gravitacije. Usporavanje dotoka vode površinskim otjecanjem i smanjenje pronosa nanosa do vodotoka u zoni prikupljanja može se smanjiti uspostavljanjem pošumljenih buffer zona na pokosima bujičnih korita. Budući da dolinske strane jaruga obično karakterizira značajan nagib, pošumljavanje se umjesto sadnicama provodi živim koljem (engl. *live stakes*). Najčešće se koristi vrbovo kolje (*Salix* sp.) koje je prilagođeno bujičnim terenima i lako se ukorjenjuje, no paleta kolaca prema vrsti biljaka odabire se na temelju željene raznolikosti bazne riparijske vegetacije [4, 8].

Grane stare najmanje dvije godine režu se, ovisno o nagibu i dubini tla, u duljini 60-100 cm i promjera 2-4 cm na način da je bazni dio kolca rezan pod kutom kako bi se olakšalo njegovo zabijanje u zemlju [4,8]. Radi očuvanja bioloških funkcija u kolju, uputno je da vrijeme između sječe kolaca i kolčenja bude što kraće (do nekoliko dana). Kolje valja čuvati u hladnim uvjetima, a ako je vrijeme prije kolčenja dulje, valja bazne dijelove čuvati natopljene vodom. U uvjetima vlažnog tla nije potrebno natapanje kolaca dulje od jednog dana, no u uvjetima suhog tla, natapanje u vodi do tjedan dana može značajno doprinijeti opstanku živih kolaca. Natapa se donja trećina duljine kolca u hladnoj vodi [4].

Kolčenje se izvodi tako da se kolci zabijaju u zemlju u redovima koji zajedno tvore tzv. ševronski uzorak tako da se redovi s dviju dolinskih strana sastaju na dnu jaruge. Međusobni razmak među pojedinim kolcima u istom redu treba biti 30-45 cm. Obično se postavljaju grupe od dva ili više usporednih redova (Slika 3). Kolje se zabija u zemlju tako da četiri petine kolca bude ispod zemlje kako bi barem dva izbojka bila iznad površine [8]. Razvoj vrbovog kolja (*Salix* sp.) u biljke doprinijet će i razvoju stanišnih uvjeta za drugu

vegetaciju što će dodatno stabilizirati padine te smanjiti površinsko otjecanje i eroziju. Detaljniji opis mjere živog kolja kojoj pripada i vrbovo kolje (*Salix sp.*) dan je u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 4, poglavlja 1.4 i 1.5).



Slika 3. Shematski prikaz uspostavljanja buffer zona na pokosima jaruga

### Formiranje terasa (po potrebi)

Samom pošumljavanju padina može prethoditi stabilizacija erodiranog tla terasiranjem terena. Terasa je moguće izvesti postavljanjem linearnih prepreka poput kolaca, grana ili fašina koje služe za taloženje erodiranog materijala i formiranje tla na kojem se naknadno sadi vegetacija. Drugi način je formiranje terasa uporabom mehanizacije, što omogućuje paralelnu sadnju vegetacije uz izvođenje zemljanih radova.

#### 1.2.1.6 Održavanje mjere

Održavanje šumskog pokrivača iznimno je bitno za održavanje njegove višestruke funkcije u smanjenju negativnih posljedica bujica. Održavanjem se treba omogućiti prirodna sukcesija koja će rezultirati unaprjeđenjem lokalnih ekoloških uvjeta i povećanjem ekoloških i hidroloških koristi. Uz redovito praćenje zdravlja šume, posebice je važno pratiti prisutnost invazivnih vrsta koje mogu ugroziti stanje šumskih sastojina i posljedično dovesti do smanjenja koristi koje one pružaju na bujičnim slivovima [2].

Višefazno pošumljavanje zahtijeva redoviti monitoring razvoja vegetacije kako bi se osiguralo pravovremeno uočavanje geomorfoloških, hidromorfoloških i ekoloških utjecaja koji mogu imati negativne učinke na razvoj šumske vegetacije te pravovremeno djelovanje u njihovu saniranju. U prvim je godinama potrebno provoditi popunjavanje sadnicama



odnosno kolcima gdje je došlo do odumiranja te prorjeđivanje u dijelovima gdje gustoća sprječava optimalan razvoj sadnica. Povrh toga je potrebno provoditi redoviti monitoring razvoja grmolike i šumske vegetacije i detekciju štetnika, prije svega kukaca i puževa, ali i drugih životinja poput glodavaca, i pravovremeno reagirati u otklanjanju problema. Navedeni radovi uobičajeni su u šumskom gospodarstvu.

Budući da neodržavane šume može obilježavati velika gustoća drveća, njihovo prorjeđivanje može biti potrebno kako bi se osigurao bolji rast stabala i tako brže postigli njihovi učinci po vodni ciklus i zaštitu tla [9]. Osim toga, održavanje treba težiti omogućavanju prirodnog pomlađivanja šumskih sastojina [10]. U sušnijim područjima, prije svega u primorskom kršu, treba provoditi zaštitu od požara i bolesti. To se može ublažiti pristupima poput uspostave mozaične strukture šuma kojom se izmjenjuju sekcije šume različitih vrsta, gustoće i visine stabala te povremenih čistina [11].

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.2.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 8) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 8) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 8. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	

2.1	Humusiranje	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i zabijanje drvenog kolja	kom
2.3	Izrada i postavljanje fašina	kom
2.4	Terasiranje	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja drveća	kom

### 1.2.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 9) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 9) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 9. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Rezidba drveća (po potrebi)	kom
1.2	Kolčenje (po potrebi)	kom
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.2.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.2.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 10) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 10. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Šumski pokrivač povećava intercepciju oborina i transpiraciju te doprinosi pedogenezi uslijed koje se povećava kapacitet tla za infiltraciju vode. Sve to dovodi do smanjenja ukupnog površinskog otjecanja.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	Šumska i grmovita vegetacija značajno povećavaju hrapavost terena i tako smanjuje brzinu površinskog otjecanja sa sliva.
smanjenje brzine toka	Smanjenje dotoka vode i sedimenta s pošumljenog terena u korito donekle smanjuje brzinu toka.
povećanje evapotranspiracije	Šumski pokrivač ima značajan kapacitet za pohranu vode u vlažnom i njeno oslobađanje putem evapotranspiracije u sušnom dijelu godine.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Pokosi ojačani ozelenjivanjem povećavaju procjeđivanje vode u tlo i podzemlje.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Pedogenetski učinak korijenskog sustava vegetacije u kombinaciji s taloženjem sedimenta dovodi do rahljenja i razvoja tla s većim kapacitetom za infiltraciju i retenciju vode.
smanjenje erozije	Smanjenjem količine i brzine površinskog otjecanja te količine pronosa nanosa njime uslijed povećane hrapavosti terena smanjuje se erozijsko djelovanje vode na slivu. Zadržavanjem nanosa u pošumljenim buffer zonama na pokosima jaruga smanjuje se njegov dotok u vodotok gdje doprinosi erodibilnosti toka.

## Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

### 1.2.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 11) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [12, 13], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 11. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Zbog povremenosti toka, bujični vodotoci ne mogu podržati vodene biocenoze. Međutim, smanjenjem dotoka vode i pronosa nanosa s pošumljenog sliva u bujični tok smanjuje se i njegov intenzivni epizodični utjecaj na ekološke uvjete u recipijentu (tekućici ili stajaćici).
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Smanjujući dotok vode i pronos nanosa s pošumljenih slivova u bujične vodotoke, smanjuju se dinamika vodnog toka i njegova erozijska snaga čime se smanjuju učinci na morfologiju korita. Posljedično smanjenje pronosa nanosa nizvodno smanjuje utjecaj na strukturu sedimenta dna u vodotoku i recipijentu u zoni odlaganja. Retencijom vode u vlažnom i njenim polaganim otpuštanjem u sušnom razdoblju s pošumljenog sliva ublažava se bujični karakter sliva i posljedično smanjuju erozijski utjecaji u koritu. Budući da bez antropogenog djelovanja koje se ponajviše odnosi na uklanjanje vegetacije, u velikom dijelu slučajeva ne bi ni došlo do nastanka većih bujičnih vodotoka, ovom mjerom se u određenoj mjeri vraća prvobitno „prirodno“ stanje.
2.2. kontinuitet vodotoka	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine vodotoka</li> <li>struktura i sediment dna vodotoka</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• režim kisika</li> <li>• sadržaj iona</li> <li>• pH, m-alkalitet</li> <li>• hranjive tvari</li> </ul>	Smanjujući dotok vode i pronos nanosa u bujične vodotoke, te smanjujući osunčanost bujičnog toka, šumski pokrivač izravno i neizravno utječe na fizikalno-kemijske elemente, prije svega temperaturu vode i hranjive tvari.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nesintetske</li> <li>• sintetske</li> <li>• ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.–2021. (NN 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, engl. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [14].

Budući da se implementacijom mjere pošumljavanja i održavanja šumskog pokrivača u zoni prikupljanja mogu očekivati i pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.



### 1.2.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 12) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [15, 16], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 12. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Pošumljavanjem se stvaraju nova staništa koja mogu podržati raznolike kopnene biljke i gljive koje se mogu koristiti u prehrani, za materijale ili energiju.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Pošumljavanjem se stvaraju nova staništa koja mogu podržati životinje vezane uz šumske ekosustave.
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	Pošumljavanjem izvorišnih područja nastaju nova staništa za biljke, alge, gljive i životinje čiji se genetski materijal može koristiti za održavanje i osnivanje populacija. To se posebice odnosi na šumske kulture.
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.2. smanjenje štetnog djelovanja antropogenog porijekla	Razvojem vegetacije na terenima izloženim bujičnoj eroziji uslijed promjene načina korištenja zemljišta, krčenja prirodne vegetacije ili antropogeno uzrokovanih požara smanjuje se negativni vizualni doživljaj krajobraza.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Šumski pokrivač smanjuje količinu i brzinu površinskog otjecanja čime direktno smanjuje pronos nanosa i te erozivni utjecaj na tlo. Intercepcijom, transpiracijom i infiltracijom oborinske vode, smanjuje se količina vode tijekom intenzivnih oborinskih događaja koja otječe vodotokom dok istodobno vegetacija stabilizira padine. Time se smanjuje erozijsko djelovanje vode na obale i rizik od klizanja tla. Veća infiltracija vode u vlažnom i polagano otpuštanje u sušnom razdoblju smanjuje bujični karakter toka i dovodi do smanjenja opasnosti od poplava u nizvodnim predjelima. Konačno, vegetacija pruža zaštitu od vjetera za okolne oblike korištenja zemljišta.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Šume i pošumljene buffer zone pružaju stanište različitim kukcima, pticama i drugim organizmima koji doprinose oprašivanju biljaka (uključujući poljoprivredne kulture u kontaktnim područjima) te pružaju povoljne uvjete za razmnožavanje i rast različitih divljih životinja, biljaka, gljiva i algi.
2.2.4. regulacija kvalitete tla	Vegetacija odnosno korijenski sustav veže minerale i organske tvari te doprinosi njihovoj razgradnji čime se održava kvaliteta tla.

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.2.5. svojstva vode	Pošumljene buffer zone reguliraju ulazak polutanata u vodotok doprinoseći kvaliteti vode u vodotocima izvorišnog područja. S druge strane, razgradnja organskog materijala u tim vodotocima smanjuje njegov pronos u nizvodne dijelove toka gdje bi mogli dovesti do eutrofikacije i hipoksičnih uvjeta.
2.2.6. sastav i svojstva atmosfere	Šumska vegetacija ublažava temperaturne razlike, povećava vlažnost zraka, te veže ugljik iz atmosfere dok istodobno oslobađa kisik kroz procese fotosinteze i transpiracije.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Pošumljavanjem se stvaraju stanišni uvjeti za različite i brojne vrste životinja, biljaka, gljiva i algi. Bioraznolikost šumskih ekosustava povećava vrijednost svih kulturoloških biotičkih usluga ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Šumski pokrivač doprinosi smanjenju fluktuacija u količini vode tijekom godine dok istodobno filtrira polutante i druge tvari i time održava kvalitetu vode.
4.2.2. podzemna voda za prehranu, materijale ili energiju	Šumski pokrivač doprinosi infiltraciji vode u podzemlje dok istodobno filtrira i korijenskim sustavom veže metale i organske polutante smanjujući njihovo otjecanje u vodonosnik te doprinoseći održavanju kvalitete podzemnih voda.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Pošumljavanje doprinosi smanjenju erozije tla i nastanku tzv. rana u krajobrazu koje smanjuju vizualnu kvalitetu okoliša.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Smanjenjem fluktuacija u količini vode i vodnom režimu podržava se hidrološka raznolikost krajobraza čime se unaprjeđuju kulturološke abiotičke usluge ekosustava. Značajnost koristi od mjere ovisi o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

## Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja

ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.2.3 Primjer mjere

#### 1.2.3.1 Pošumljavanje bujičnog sliva u Parku prirode Putna-Vrancea u Rumunjskoj

Pošumljavanje degradiranog zemljišta na bujičnom slivu smještenom u Parku prirode Putna-Vrancea u središnjoj Rumunjskoj započelo je još 1937., a intenziviralo se nakon 1950. godine. Uspješnost pošumljavanja koja se oslanjala na stabilizaciju tla, odabir prikladnih vrsta drveća i njihovih kombinacija u sastojinama u skladu s lokalnim fiziografskim uvjetima čini taj projekt primjerom dobre prakse u upravljanju bujičnim slivovima. Projekt je uključivao terasiranje i pošumljavanje padina [2].

Stabilizacija erodiranog tla na padinama i klizištima uključivala je terasiranje i sadnju na padinama. Na padinama nagiba 30-40° formirane su terase širine 50-60 cm, a na strmijim padinama (40-55°) terase širine 30-40 cm. Terasiranje je obuhvaćalo formiranje linearnih prepreka od grana i izdanaka učvršćenih hrastovim kolcima (*Quercus* sp.) kako bi sprječavale spiranje materijala i daljnju eroziju padina. Terasa su dodatno učvršćene sadnjom izdanaka pasjeg zuba (grmovi) koji dobro uspijeva na različitim podlogama. Taloženjem erodiranog materijala na terasama formiralo se tlo na kojem su zasađene sadnice borova iz rasadnika te širokolisni izdanci nastali prirodnom regeneracijom [2].

Grmlje pasjeg zuba integrirano je u sadnu vegetaciju na razini 40-50% te je uspješno i relativno brzo dovelo do stabilizacije padina i smanjenja erozije površinskim otjecanjem. Uz to, taloženje erodiranog i organskog materijala koje je sudjelovalo u pedogenezi imala je nakon 10 do 15 godina dubinu od 5-10 cm. Sporije proljetno otapanje snijega pod krošnjama te veći kapacitet tla za retenciju vode smanjili su površinsko i bujično otjecanje u slivu. Miješane sastojine borova i listača omogućile su prirodnu regeneraciju šume te povećali bioraznolikost, time povećavajući otpornost šume na štetnike [2].

#### 1.2.3.2 Primjena „plavo–zelenih“ koridora u kontroli bujičnih vodotoka kod Beograda u Srbiji

Bujični vodotoci Kaljavi potok i Jelezovac, smješteni južno od Beograda u Srbiji, doveli su do intenzivnih poplava 1965., 1994. i 2002. godine. Stoga je beogradska lokalna samouprava u ranim 2000-ima definirala nekoliko planova za kontrolu erozije i obranu od bujičnih poplava utemeljenih na „plavo–zelenim“ koridorima. Planovi su uključivali promjene načina korištenja zemljišta, pošumljavanje, zatravnjivanje, uspostavu voćnjaka na terasama, uspostava vrtova na napuštenim oranicama, uspostavu zaštitnih šumskih pojaseva duž korita te administrativne restrikcije [17].

Planirane promjene u načinu korištenja zemljišta u razdoblju od 2014. do 2020. uključivale su povećanje zemljišta pod šumskim pokrivačem s 19,5% na 37,6% i smanjenje

poljoprivrednih površina s 26,8 na 5,7%. Pošumljavanje je planirano na 115 ha degradiranog obradivog zemljišta na strmim padinama pri čemu bi se posadilo 1.500–2.000 sadnica starih dvije do tri godine po hektaru. Sadnja bi se odvijala duž konturnih linija koje su prethodno pripremljene kao stepenaste terase. Uz to bi se duž korita uspostavili zaštitni šumski pojasevi. Radi povećanja rekreacijske funkcije prostora, planirane su i pješačke i biciklističke staze kroz pošumljene dijelove. Zatravljivanje je planirano na 73 ha degradiranih livada. Na manje strmim padinama formirale bi se terase na kojima bi se uspostavili voćnjaci, prvenstveno kulture jabuke, šljive i ribizla, ukupne površine 20 ha, dok bi se čela terasa zatravljivala. Na napuštenim oranicama uspostavili bi se vrtovi za organski uzgoj kultura poput cherry rajčica, crvene paprike i bosiljka ukupne površine 31 ha. Administrativne restrikcije obuhvaćaju zabranu krčenja šuma, sječe drveća na strmim padinama, obrade tla (oranja) duž padina te nekontrolirane izgradnje. Za poljoprivrednike je predviđena financijska potpora [17].

Predviđeno je da će provedene promjene do 2020. rezultirati značajnim smanjenjem erozijsko-akumulacijskog djelovanja bujičnih vodotoka te smanjiti opasnost i rizik od poplava. Očekuje se smanjenje maksimalnih protoka za oko 50%. S druge strane, obnova šumskog pokrivača unaprijedit će rekreacijski potencijal prostora, doprinijeti lokalnoj bioraznolikosti kao i očuvanju georaznolikosti (rijetke fonolitne stijene) [17, 18].

#### 1.2.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Bujice, u: Podhorsky, R. (ur.): *Tehnička enciklopedija (2. svezak)*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 1966, 543-548
- [2] CAMARO-D Cluster 2: Land Use and Vegetation Cover along Torrents, Small Rivers and Their Catchments – Erosion, Floods, Surface Runoff, Invasive Plant Species, Water Pollution, u: *Transnational Cluster Manual for Practitioners*, Interreg, 2018; 82
- [3] Vlahoviček, M. (2018): *Analiza pripreme staništa za pošumljivanje*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb
- [4] Sotir, R., Fischenich, J. (2007): Live Stake and Joint Planting for Streambank Erosion Control, u: *EMRRP Technical Notes Collection*, U.S. Army Engineer Research and Development Center, Vicksburg, ERDC TN-EMRRP-SR-35
- [5] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [6] Bartens, J. (2009): *Green Infrastructure and Hydrology*, The Mersey Forest Team, Birchwood
- [7] Tlapák, V., Caska, J., Herynek, J. (2005): Utjecaj šume i vegetacije na sprječavanje erozije i zaštitu prirode od poplava, *Šumarski list* 129 (13), 51-60
- [8] Gray, D., Sotir, R. (1996): *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control*, Jon Wiley & Sons, New York
- [9] *Healthy Forests for Clean Water*, North Carolina Forest Service, Raleigh, 2014
- [10] Matić, S., Anić, I., Oršanić, M. (2005): Uzgojni zahvati u funkciji poboljšanja protuerozijske i vodozaštitne uloge šuma. *Šumarski list* 129 (13), 17-30

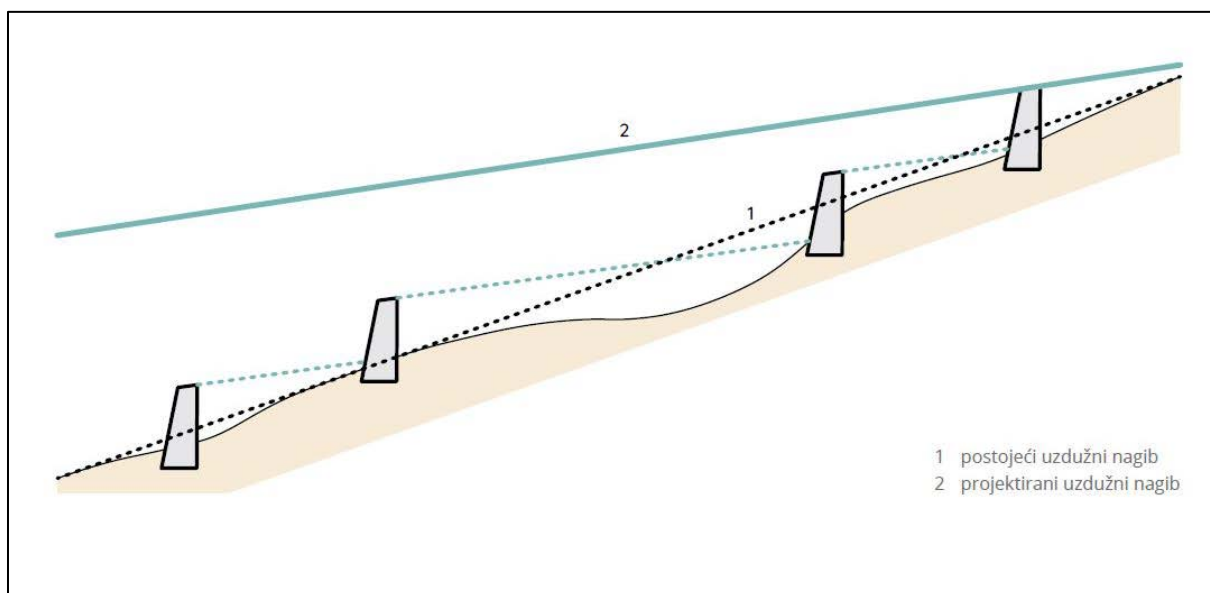
- [11] Mccann, H., Butsic, V., Battles, J., Cisneros, R., Jin, Y., Kocher, S., Potts, M., Stephens, S., Herbert, C., Smith, S. (2020): *The Benefits of Headwater Forest Management*, Public Policy Institute of California, San Francisco
- [12] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [13] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [14] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016
- [15] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure, Fabis consulting
- [16] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [17] Ristić, R., Radić, B., Trivan, G., Malušević, I. (2014): "Blue-Green" Corridors as a Tool for Erosion and Stream Control in Highly Urbanized Areas – Case Study of Belgrade City, u: *Proceedings of the IAHS-AISH Proceedings and Reports* (Vol. 363), Montpellier, 315-320
- [18] *Nature-Based Solutions in Europe: Policy, Knowledge and Practice for Climate Change Adaptation and Disaster Risk Reduction*, European Environment Agency, Luxembourg, 2021.



### 1.3 Bujične pregrade

Bujične tokove karakterizira velika erozijska snaga i pronos značajne količine sedimenta koji se zaustavlja na uskim dijelovima korita (prirodno suženje, propust i drugo) te uzrokuje uspor, povećanje vodostaja uzvodno i opasnost od plavljenja. Stoga se pojavila potreba za regulacijom bujica izgradnjom pregrada koje prvenstveno služe za taloženje i čišćenje bujičnog nanosa. Iz tog razloga pregrade su objekti koji se najviše primjenjuju za uređenje bujičnih vodotoka.

Izgradnjom pregrada utječe se na transportne procese u bujičnim vodotocima. U deponijskom prostoru uzvodno od pregrada zadržava se nanos i time sprječava njegov pronos nizvodno. Nizom pregrada na bujici ostvaruje se značajna redukcija sedimenta koji bi dospio u korito u koje se bujica ulijeva, odnosno istaložio se na izgrađenim akumulacijama ili nizvodnom poplavnom području. Osim smanjenja transporta nanosa, bujične pregrade smanjuju i brzinu toka te uzdužni pad korita. Shematski prikaz niza pregrada na bujici dan je na slici u nastavku (Slika 4).



Slika 4. Shematski prikaz niza bujičnih pregrada

Zelenoinfrastrukturne inačice bujičnih pregrada podrazumijevaju konstrukcije sačinjene od drvenog materijala i kamene ispune. Na bujičnim koritima većeg poprečnog presjeka pregrade se grade tzv. drvenim sanducima (engl. *crib walls*) koji se sastoje od međusobno povezanih drvenih trupaca. Na uskim jarugama primjenjuju se tzv. žive palisade (engl. *live palisades*).

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.3.1 Tehnički opis

### 1.3.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere izgradnje modificiranih bujičnih pregrada.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 13) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja izgradnje modificiranih bujičnih pregrada. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 13. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• karte opasnosti i rizika od poplava</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover) , prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobrazna (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

## Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- unutar područja granica bujičnog sliva: gornji tok (prikupište), srednji tok (grlo bujice) i donji tok (naplavni konus);
- na trasi bujičnog vodotoka na kojem je planirana implementacija mjere;
- na lokaciji utoka bujice u recipijent (vodotok ili stajaćicu);
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala i na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 14).

Tablica 14. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja sa slivnog područja.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području bujice, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Potrebni jedino u slučaju kad se temeljem postojećih hidroloških i bioloških podataka o bujici ne može zaključiti borave li u njoj vodeni organizmi kojima bi pregrade predstavljale prepreku migracijama. Budući da se bujične pregrade najčešće grade na bujicama u kojima ne obitavaju migratorni vodeni organizmi, biološka istraživanja faune bujice u većini slučajeva neće biti potrebna.

## Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta izgradnje bujičnih pregrada potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. Također, zbog ekstremnih klimatoloških događaja koji su sve češći, važni ulazni podaci za projektiranje bujičnih pregrada su meteorološki podaci. U tablici u nastavku (Tablica 15) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

Tablica 15. Podloge potrebne za proračune

podloga	opis
geodetska snimka	obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere; obuhvatiti glavno korito bujičnog vodotoka od početka gornjeg toka do ušća
poprečni i uzdužni profili korita bujičnog vodotoka	poprečni presjeci na razmaku 1-2 širine korita s prikazom visine do razine velike vode i uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama i izgrađenim regulacijskim građevinama i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla	ovi podaci navode se u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geotehničkim istražnim radovima

podloga	opis
podaci o oborinama	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	protok, vodostaj i pronos nanosa kroz bujični vodotok
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 16). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 16. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu bujičnog vodotoka na kojoj je predviđena implementacija mjere.</li> </ul>
<p>Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za maksimalne protoke s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina uzduž korita bujičnog vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa kroz bujični vodotok;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja bujičnih pregrada na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita bujice;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevina – bujičnih pregrada.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
<p>Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost korita bujice i bujičnih pregrada – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita i bujičnih pregrada te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti.</li> </ul>
<p>U smislu proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti bujične pregrade provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>nosivosti temeljnog tla;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>analiza deformacija;</li> <li>stabilnost protiv izdizanja;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje;</li> <li>stabilnost na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije, hidraulički lom tla;</li> <li>globalna stabilnost temeljnog tla;</li> <li>dimenzioniranje konstrukcije.</li> </ul>

### 1.3.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

S obzirom na to da su bujični vodotoci izrazito složena i nepredvidljiva prirodna pojava, u njihovoj kontroli je ponekad neophodno koristiti tehničke mjere koje mogu dati brze rezultate, no isto tako općenito imaju negativan utjecaj na okolišne procese i ekosustave uzduž toka. Stoga ih valja zamijeniti biotehničkim mjerama zelene infrastrukture gdje god je to moguće. Primjena modificiranih bujičnih pregrada korištenjem biološkog i drugog prirodnog materijala primjenjiva je na manjim bujičnim vodotocima, odnosno vodotocima s manjim dimenzijama korita [1]. Pritom su drveni sanduci prikladniji na bujičnim koritima većeg poprečnog presjeka dok su žive palisade pogodnije za uske jaruge.

Budući da se objekti građeni od drveta lako prilagođavaju promjenama nastalim uslijed slijeganja tla, na nestabilnim terenima će bujične pregrade građene od drveta biti povoljniji izbor od zidanih kamenih i armirano-betonskih objekta [1]. Uz to, predložene modificirane bujične pregrade su otpornije na posmično naprezanje tijekom poplavnih događaja, omogućuju procjeđivanje vode kroz konstrukciju pregrade te se lako prilagođavaju konfiguraciji terena [2]. Mjera će biti učinkovitija ukoliko se primjenjuje zajedno s ostalim mjerama kojima se smanjuje erozija na području bujičnog sliva, kao što su pošumljavanje područja gornjeg toka, tzv. prikupišta, ojačani zeleni pokosi i konturne žive fašine.

Izgradnja bujičnih pregrada kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima bujičnih vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.3.1.3 Projektni parametri

Za projektiranje modificiranih bujičnih pregrada potrebno je provesti analizu utvrđivanja stanja i prognoziranih razvoja erozijskih procesa na bujičnom slivu. U tablicama u nastavku (Tablica 17 do Tablica 19) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere.

Tablica 17. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
oblik bujičnog sliva i gustoća mreže vodotoka	Na temelju navedenih parametara definira se osnovni oblik i vrsta bujičnog sliva te se određuju hidrološki uvjeti tečenja vode sa sliva, odnosno raspodjele dotoka prema bujičnom vodotoku na kojem je planirana implementacija mjere.
razvijenost erozije	Definiranje erozijskih procesa na slivu i koritu pomoću koeficijenta erozije. Razvijenost erozije ovisi o geološkoj građi sliva, nagibima terena, vrsti pedoloških tvorevina, klimatološkim karakteristikama područja te o zaštićenosti tla od atmosferskih utjecaja i sila erozije.
pronos nanosa	Nastanak vučenog i suspendiranog nanosa i njegov pronos rezultat je erozijskih procesa. To je vrlo promjenjiva osobina vodotoka koja ovisi o uzdužnom padu korita, količini oborina i stupnju ugroženosti sliva erozijom. Kod bujičnih tokova često je vrlo teško odvojiti vučeni od lebdećeg nanosa jer se kod izrazito bujičnih vodotoka koritom mogu pronositi gusti tokovi građeni od smjese mulja i kamenog materijala.



hidrološki projektni parametar	opis
	Tokovi ponekad mogu sadržavati i krupne stijenske blokove, volumena i do nekoliko kubnih metara, koji mogu biti transportirani na veliku udaljenost.
hidrološki režim površinskog toka	Za analizu hidrološkog režima bujičnog toka potrebno je odabrati mjerodavne metode izračuna maksimalnih vodnih valova. Također, potrebno je analizirati sve raspoložive hidrološke podatke koji se odnose na predmetnu lokaciju kako bi se što točnije definirale varijacije u stanju i značajkama vodnog toka. Izgradnjom bujičnih pregrada smanjuje se brzina toka vode u bujicama čime se zaustavlja i deponira bujični nanos. Takvom promjenom u hidrološkom režimu smanjuje se rizik od poplava na području djelovanja bujičnog vodotoka te se smanjuje količina bujičnog nanosa na nizvodnim dionicama vodotoka.
hidrološki režim podzemnih voda	S obzirom na to da količina vode u vodotoku ovisi i o napajanju iz sustava podzemnog toka, podaci o toku podzemne vode i prihranjivanju vodotoka predstavljaju važan projektni parametar kod projektiranja mjere. Bazni protok, odnosno temeljni protok koji dolazi u korito vodotoka ispod površine terena ovisit će o strukturi tla šireg slivnog područja.

**Tablica 18. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi transportna moć vodnog toka i funkcionalnost vodotoka u obrani od poplava. Bujične pregrade konsolidiraju poprečni profil bujičnog korita u uzdužnom i poprečnom smislu.
erodibilnost korita	Važan parametar koji ovisi o pronosu nanosa i erozijskoj snazi vode, a utječe na lokalnu ili globalnu nestabilnost korita vodotoka i nastajanje nanosa. Izgradnjom bujičnih pregrada dolazi do smanjenja brzina tečenja, čime se smanjuje proces fluvijalne erozije.
hrapavost korita	Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi dna i stanju obraštenosti korita, a opisuje se Manningovim koeficijentom hrapavosti. Povećanjem koeficijenta hrapavosti smanjuje se brzina tečenja i protok vode, ali se povisuje vodno lice pa je izbor koeficijenta hrapavosti jedan od ključnih parametara za uspješno funkcioniranje mjere u obrani od poplava.

**Tablica 19. Oblikovani i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
uzdužni pad korita bujičnog vodotoka	Navedeni parametar je uvjetovan kotama dna bujičnog vodotoka. Izgradnjom pregrada doći će do smanjenja pada i povišenja dna korita čime će se povećati i njegova širina dok će se dubina vode bujičnog toka u koritu smanjiti.
nagib pokosa obala bujičnog vodotoka	Nagib pokosa obala ovisi o tome je li obala stabilizirana hidrotehničkom građevinom ili je podvrgnuta prirodnim procesima erozije i taloženja nanosa. Ukoliko se obala stabilizira, preporuča se korištenje bioloških vodogradnji. Nagib je bitan parametar koji determinira prisutnost biljnih i životinjskih zajednica te ga je potrebno uskladiti s ekološkim ciljevima implementacije mjere.
visina bujične pregrade	Geometrijske karakteristike i dimenzije pregrade, posebice njihova visina, ovise prije svega o uzdužnom padu bujice koji se želi postići te međusobnom razmaku pregrada. Ukoliko se grade bujične pregrade u obliku drvenih sanduka, maksimalna visina pregrade može iznositi 2,0 m [1].
otvori u tijelu bujičnih pregrada	Otvori u tijelu pregrade od monolitnih materijala služe za propuštanje malih voda, a kod pregrade od bioloških materijala cijelo tijelo je vodopropusno pa nema potrebe za izvedbom dodatnih otvora.

biološki materijal	Ukoliko je primjenjivo, preporuča se korištenje drvenog materijala dobivenog krčenjem i čišćenjem lokacije zahvata.
--------------------	---

### 1.3.1.4 Ekološki aspekti mjere

Bujične vodotoke karakterizira velika količina erodiranog materijala koji se pronosi bujičnim tokovima nizvodno. Osim erodiranog nanosa, bujice transportiraju i hranjive tvari, staništa, organizme i cijele biocenozne različitog sastava koji se akumuliraju na ravnijim predjelima [3]. U tom pogledu bujice imaju i pozitivne i negativne učinke na ekosustave. Cilj mjere modificiranih bujičnih pregrada je modificirati procese erozije i nakupljanja nanosa u bujičnim vodotocima kroz usporavanje vode i smanjenje pronosa erodiranog materijala. Time se smanjuje opasnost od poplava nizvodnih naseljenih područja, povećava se kakvoća vode u vodotocima i sprječava negativan utjecaj uzrokovan taloženjem veće količine materijala donesenog bujičnim tokovima.

Korištenje drva i kamena kao građevnog materijala u izgradnji bujičnih pregrada, osim pozitivnih učinaka na krajobrazne vrijednosti lokacije, ima svoje pozitivne učinke i s ekonomsko-energetskog stajališta. Naime, količina utrošene energije prilikom izgradnje objekata od drva i kamena znatno je manja nego kod izgradnje pregrada od armiranog betona ili analognih materijala. Ukoliko se uzme u obzir da armirano-betonske poprečne konstrukcije traju oko četiri puta duže od drvenih, utrošak energije za izgradnju drvenih konstrukcija je i dalje oko 4,2 puta manji [2]. S druge strane, korištenjem biološkog materijala u formiranju pregrada, stvara se dugoročno održiva organska barijera s povoljnim utjecajima na ekološko stanje prostora. Isto tako se omogućava bočna povezanost korita vodotoka s riparijskom vegetacijom na obalama vodotoka.

### 1.3.1.5 Vrste radova

Vrste radova ovise o tipu modificiranih bujičnih pregrada koje se postavljaju. U nastavku su opisane 2 tipa – drveni sanduci i žive palisade.

#### Drveni sanduci

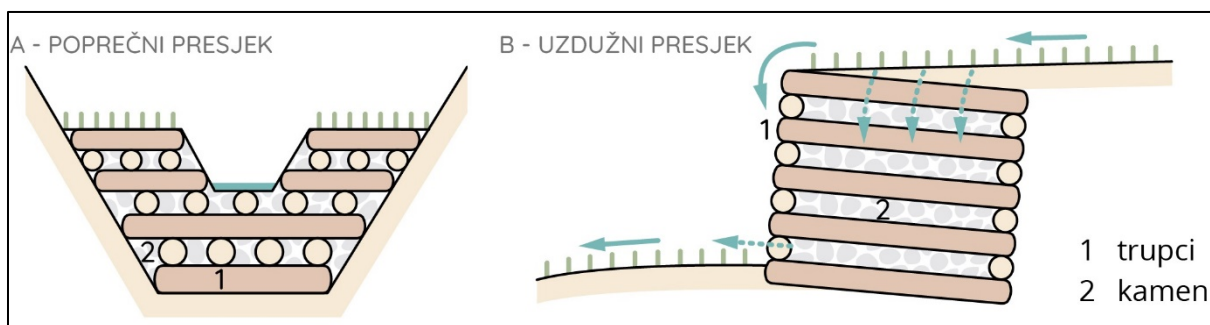
U nizvodnom dijelu prikupišta te zoni transporta zaštita bujičnog korita od erozivnog djelovanja vode postiže se izgradnjom više pregrada duž korita bujičnog vodotoka. Izgradnja pregrada ovisi o specifičnim uvjetima na lokaciji kao što su: vrsta i nosivost temeljnog tla, oblik poprečnog profila bujičnog korita, protok vode, količina nanosa, položaj ušća bujičnih pritoka i dr. [1]. Sustav pregrada potrebno je projektirati tako da smanji uzdužni pad korita kako bi se usporilo tečenje vode i posljedično erozija korita.

Geometrijske karakteristike i dimenzije pregrade, posebice njihova visina, ovise prije svega o uzdužnom padu bujice koji se želi postići te međusobnom razmaku pregrada. S obzirom na to da se za implementaciju predmetne mjere kao građevni materijal za izgradnju pregrada koristi prirodni materijal, odnosno drvo i kamen, maksimalna visina pregrade može iznositi 2,0 m. Tlocrtni oblik drvene bujične pregrade može biti pravocrtni i izlomljeni [1].

Bez obzira na materijal od kojeg su izgrađene, pregrade moraju imati osnovne elemente: tijelo i krila pregrade, preljevni prag i slapište, a razlika se javlja u procjedinim otvorima. Naime, otvori u tijelu pregrade od monolitnih materijala služe za propuštanje malih voda, a kod pregrade od bioloških materijala cijelo tijelo je vodopropusno pa nema potrebe za izvedbom dodatnih otvora.

Izvedba drvenih bujičnih pregrada obuhvaća sve radove koji su potrebni da se osigura djelovanje pregrade. Građevinski radovi se sastoje od pripremnih radova, zemljanih radova i radova na slaganju drvenih trupaca i kamene ispune [4]. U izradi trupaca preporučeno je korištenje hrasta (*Quercus* sp.), ariša (*Larix* sp.), brijesta (*Ulmus* sp.) i običnog bora (*Pinus sylvestris*) dok se bukva (*Fagus* sp.) ne preporuča jer brzo truli. Također, nije preporučeno guljenje kore s trupaca jer trupci s korom imaju dulji vijek trajanja. Za izradu drvenih pilota preporuča se korištenje bora (*Pinus sylvestris*), smreke (*Picea* sp.) i hrasta (*Quercus* sp.).

Radovi na izgradnji pregrade započinju iskolčenjem pregrade i osiguravanjem pristupnog puta građevini. Zatim se poravnava dno korita na mjestu polaganja uzdužnih trupaca. U obalama se zasijecaju rovovi za bočno uglavljanje poprečno položenih trupaca odnosno greda. Nakon postavljanja i učvršćivanja konstrukcije od trupaca, šupljine između trupaca se popunjavaju kamenom [4]. Korištenje granuliranog kamena za ispunu sanduka omogućuje procjeđivanje vode što može značajno produžiti vijek trajanja sanduka budući da se time smanjuje vlaženje trupaca i na taj način produžuje njihov životni vijek [5]. Kamenje se osim za ispunu sanduka, koristi i za formiranje slapišta nizvodno od pregrade, u kojem se poništava dio energije vodotoka i štiti sama pregrada od potkopavanja i urušavanja. Ukoliko se bujične pregrade izvode kao kaskade moguće je slapište izvesti samo iza zadnje pregrade.



Slika 5. Poprečni (lijevo) i bočni (desno) presjeci drvenih sanduka

### Žive palisade

Žive palisade (engl. *live palisades*) su propusne pregrade u koritima uskih jaruga, obično do 2 m širine, izrađene od reznica drveća koje puštaju korijenje i razvijaju se u samostalne biljke. Budući da su učvršćene korijenjem, žive palisade usporavaju tok vode i zadržavaju veći vučeni i plivajući nanos [6].

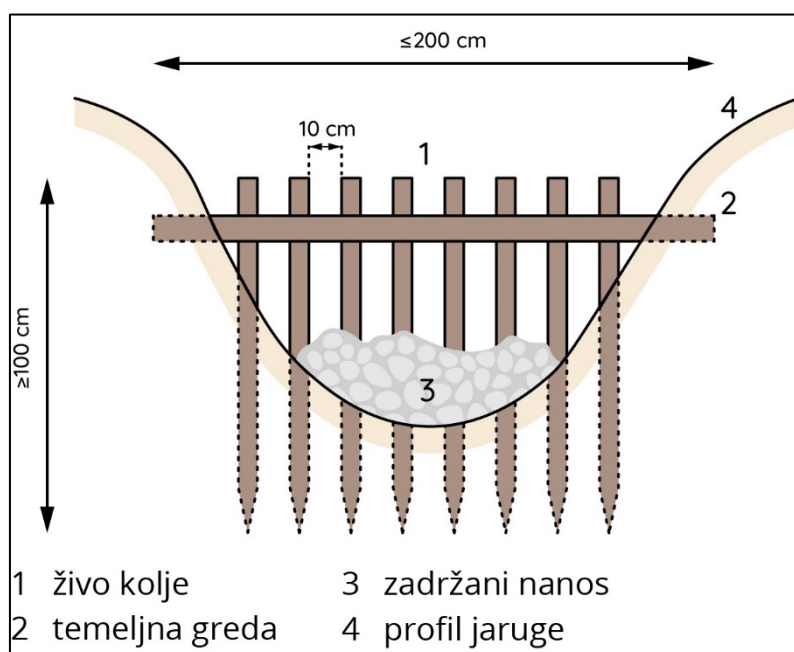
Zahvat uključuje sljedeće radove:

- sječa grana/reznica za pilote i grede,
- priprema reznica,

- priprema jaruga,
- instalacija palisada.

Budući da se palisade moraju razviti u biljke otporne na velike brzine vode te velike količine vučenog i plivajućeg nanosa, izabiru se vrste drveća koje to mogu podnijeti dok istovremeno nisu osjetljive na promjenjive hidropedološke uvjete. Reznice za pilote se sijeku u duljini od 100 ili više cm, ovisno o projektiranim dimenzijama palisade, dok se reznice za temeljnu gredu sijeku u duljini koja mora biti veća od 1,5 širine korita na mjestu gdje se postavlja [6].

Kao i drveni sanduci, žive palisade mogu se postaviti na više mjesta duž korita jaruge kako bi se smanjio uzdužni transport nanosa. Na odabranim mjestima iskopavaju se rupe duboke dovoljno da se u njima mogu ukopati piloti dugi 100 ili više cm, ovisno o vertikalnom presjeku jaruge i očekivanoj dubini bujičnog toka. Piloti se postavljaju okomito na međusobnoj udaljenosti od 10 cm te se učvršćuju s jednom ili više greda vezanjem žicom ili pletenicama od vitkog pruća. Rupe se potom zatrpavaju tako da su dvije trećine pilota pod zemljom kako bi imali dovoljno vlage i pustili korijenje [6]. Kao i kod drvenih sanduka, neposredno nizvodno od palisada potrebno je formiranje slapišta uporabom kamenog materijala. Shematski prikaz žive palisade u poprečnom presjeku dan je na slici u nastavku (Slika 6).



Slika 6. Poprečni presjek žive palisade

### 1.3.1.6 Održavanje mjere

#### Drveni sanduci

Uspješno funkcioniranje drvenih sanduka ovisi o redovitom održavanju koje je potrebno primjenjivati odmah nakon izgradnje. Održavanje se ponajprije odnosi na redoviti iskop i čišćenje istaloženog nanosa. Ako su redovno održavani, drveni sanduci mogu služiti svrsi i

više desetljeća [5]. Ukoliko se održavanje zapostavi, nakupine sedimenta na pregradama onemogućuju protok vode kroz pregradu, uzrokuju uspor i povećavaju opasnost od poplava. Uz to, radovi na sanaciji pregrade ili preventivne mjere za obranu od poplava nizvodno ekonomski su mnogo skuplji, a radovi su kompleksniji. Nadalje, oštećeni objekti koji se ne održavaju redovito ne štite nizvodno područje, ali daju varljiv dojam sigurnosti. U slučaju njihovog uništenja posljedice mogu biti gore nego da uopće ne postoje zaštitni objekti. Samo dobro održavane strukture za kontrolu bujica mogu obavljati traženu funkciju [7]. Održavanje drvene konstrukcije bujične pregrade potrebno je provoditi u skladu s *Tehničkim propisima za građevinske konstrukcije* (NN 17/17) koji se odnose na održavanje drvenih konstrukcija.

### **Žive palisade**

Održavanje živih palisada podrazumijeva praćenje stanja neposredno nakon pojave bujičnog toka u prve dvije godine nakon postavljanja kako bi se sanirala eventualna šteta na reznicama i osigurao njihov preobrazba u samostalne biljke. Nakon prvog vegetacijskog razdoblja potrebno je ocijeniti uspjeh ukorjenjivanja reznica te po potrebi zamijeniti one koje nisu rezultirale ukorjenjivanjem.

U narednim godinama je potrebno redovno godišnje praćenje na prijelazu vlažne u sušnu sezonu kako bi se osiguralo da pojava intenzivnih oborina nije dovela do njihove destrukcije. Redovito godišnje održavanje uključuje orezivanje grana i čišćenje istaloženog nanosa. Orezivanje grana provodi se u svrhu prorjeđivanja krošnji i osiguravanja funkcije taloženja transportiranog sedimenta. Ono treba provoditi izvan vegetacijskog razdoblja, od treće godine nadalje, no potreba za orezivanjem se smanjuje sa starenjem biljaka [4]. Čišćenje istaloženog nanosa provodi se ovisno o ocijenjenoj potrebi na prijelazu vlažne u sušnu sezonu.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

#### **1.3.1.7 Troškovi izgradnje**

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 20) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz



detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 20) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 20. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
1.2	Sječa i priprema pruća	m <sup>3</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop materijala	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i zabijanje drvenog kolja	kom
2.3	Nabava i ugradnja drvenih trupaca	m
<b>4</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
4.1	Nabava i sadnja drveća	kom

### 1.3.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 21) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 21) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 21. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena	m <sup>2</sup>
1.2	Uklanjanje istaloženog nanosa	m <sup>3</sup>

1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.3.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavljju 2.3.6 u Tablici 6.

#### 1.3.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 22) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 22. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Bujične pregrade usporavaju tok vode u bujičnim vodotocima čime se smanjuje njena erozivna snaga i donekle povećava procjeđivanje u podzemlje.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	
kapacitet (volumen) područja za prihvata vode	

korist	pojašnjenje
smanjenje brzine toka	Uslijed smanjenja uzdužnog pada korita i barijera za zadržavanje nanosa dolazi do smanjenja brzine toka.
povećanje evapotranspiracije	
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Bujične pregrade usporavaju tok vode u bujičnim vodotocima čime se donekle povećava procjeđivanje u podzemlje.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	
smanjenje erozije	Smanjenjem brzine toka i transporta nanosa smanjuje se erozivna snaga toka.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### 1.3.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 23) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [8, 9], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 23. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Epizodno tečenje vode bujičnim koritima ne pruža uvjete za razvoj vodenih biocenoza.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>• količina i dinamika vodnog toka</li> <li>• veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Bujične pregrade smanjuju dinamiku vodnog toka te njegovu erozijsku snagu čime se smanjuju učinci na dinamičke promjene u morfologiji korita. Istodobno povećanjem taloženja nanosa na pregradama se smanjuje njegov pronos nizvodno čime se utječe na strukturu sedimenta dna u vodotoku u zoni odlaganja. Budući da se radi o antropogenim modifikacijama prirodne dinamike radi se o negativnom utjecaju na ovaj element stanja vodnog tijela.
2.2. kontinuitet vodotoka	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• varijacije širine i dubine vodotoka</li> <li>• struktura i sediment dna vodotoka</li> <li>• struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• režim kisika</li> <li>• sadržaj iona</li> <li>• pH, m-alkalitet</li> <li>• hranjive tvari</li> </ul>	
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nesintetske</li> <li>• sintetske</li> <li>• ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [10].

Budući da se implementacijom modificiranog rješenja očekuju negativni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, povećat će se ukupni ERC troškovi na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;

- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati pogoršanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena pogoršati (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.3.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 24) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [11, 12], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

Tablica 24. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	Ukorjenjivanje reznica omogućava razvoj vegetacije koja se može koristiti za daljnje vegetativno razmnožavanje i korištenje za žive palisade i druge mjere koje koriste živi biljni materijal.
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Smanjenjem brzine toka i transportiranog nanosa, žive palisade smanjuju eroziju dok istodobno korijenje stabilizira dno bujičnog korita. Usporavanje toka pak dovodi do smanjenja opasnosti od bujičnih poplava nizvodno.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Korištenje živog biljnog materijala u izgradnji bujičnih pregrada i popratni povoljan učinak na smanjenje erozije može povećati estetsku kvalitetu krajobrazu. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Povećanjem procjeđivanja vode u podzemlje povećava se dostupnost vode iz vodonosnika koja se može koristiti za vodoopskrbu u reljefno višim područjima.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Taloženjem nanosa na pregradama smanjuje se njegov transport nizvodno.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	



usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Korištenje prirodnih materijala u izgradnji bujičnih pregrada i popratni povoljan učinak na smanjenje erozije može povećati estetsku kvalitetu krajobrazca. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.3.3 Primjer mjere

#### 1.3.3.1 Drvene bujične pregrade na slovenskim vodotocima (SedAlp projekt)

U sklopu projekta *Upravljanje sedimentima na slivovima alpskih rijeka: Povezujući kontinuum riječnih sedimenta, smanjenje prirodnih rizika i upravljanje hidroenergetskim objektima* (SedAlp projekt) koji je trajao od rujna 2012. do lipnja 2015. godine na području Julijanskih Alpa u Sloveniji izvedene su drvene pregrade na bujičnim vodotocima. Gotovo četvrtinu slovenskog teritorija čine bujična slivna područja u kojima pronos nanosa pri intenzivnim oborinama može poprimiti veće razmjere i uzrokovati značajne štete. Iz tog su razloga kao projektna područja SedAlp projekta odabrani bujični slivovi vodotoka Bistričica, Gradašćica, Mačkov graben i Kuzlovec, smješteni u sjeverozapadnom dijelu Slovenije [7].

Glavni cilj projekta bio je razvoj strategije i aktivnosti za poboljšanje uvjeta pronosa nanosa u slivovima alpskih rijeka. Nadalje, planirano je učinkovito upravljanje riječnim sedimentom i smanjenje rizika od poplava uzrokovanih transportom velikih količina sedimenta. Važnost je dana i promicanju zaštite okoliša korištenjem prirodnih materijala za izgradnju bujičnih pregrada, poput kamena i drva [7].

Izgradnja drvenih pregrada je iznimno stara tehnika korištena u svrhu zaštite od erozivnog djelovanja vode. Drvene pregrade predstavljaju simbol tradicionalne i kulturne baštine

projektiranja na rijekama i bujicama u Sloveniji te je ovaj oblik građenja 2013. godine u Sloveniji zaštićen i uvršten u Registar nematerijalne kulturne baštine. U današnje vrijeme, zabilježen je porast izgradnje drvenih pregrada ponajviše zbog toga što radovi na riječnom inženjerstvu teže usklađivanju i s ekološkim potrebama, s krajobraznim planiranjem i sa socioekonomskim zahtjevima. Tehnika izgradnje se kroz vrijeme generalno nije mijenjala, dok su se pojedine faze izgradnje poboljšale ili pojednostavile, što je dovelo do veće primjenjivosti mjere na terenu [7]. Na slikama u nastavku prikazani su primjeri drvenih pregrada na bujičnim vodotocima u Sloveniji (Slika 7).



**Slika 7. Drvene pregrade na bujici Čerinjščici (lijevo) i bujici Kolovcu (desno) [2]**

U nastavku će biti prikazan primjer izgradnje drvene bujične pregrade na bujičnom vodotoku Bistričica. Na predmetnoj je bujici 1990. godine došlo do katastrofnog bujičnog toka kojim je 70% duljine bujičnog korita zajedno s kompletnom infrastrukturom (ceste, struja, vodovod) bilo u potpunosti devastirano. Događajem su uništena četiri mosta, stambeni i poljoprivredni objekti te velike površine poljoprivrednog zemljišta koji su bili odneseni ili zatrpani razornim nanosom. Također, pokrenut je veći broj odrona i klizišta od koji je jedno bilo većih razmjera te je uništen velik dio prirodne vegetacije duž obale bujice [7].

Nakon opisanog katastrofnog događaja, na bujici je izgrađen cijeli niz dodatnih zaštitnih objekata: 1.425 m uređenog korita (u odnosu na 518 m prije 1990.), 50 pragova (u odnosu na 12 pragova prije 1990.), 3 brane (u odnosu na 5 brana prije 1990.) [7]. Trenutno stanje sustava za kontrolu bujice, procijenjeno na temelju događaja u posljednjih deset godina, ocijenjeno je kao kritično zbog velikog potencijala ispuštanja ogromnih količina sedimenta u gornjim dijelovima sliva tijekom jednog događaja. Pojava različitih erozivnih procesa u gornjem dijelu bujice mogla bi izazvati lančanu reakciju s pojavom debritnog toka [7].

Na projektnom području sliva bujice Bistričice, u sklopu SedAlp projekta, izrađena su detaljna terenska mjerenja i analiza odnosa između objekata za kontrolu bujica i bujičnog nanosa, s namjerom da se razviju poboljšani koncepti odgovora takvih građevina na



poplave i bujične tokove koji se periodički pojavljuju na predmetnoj lokaciji. Glavne aktivnosti bile su [7]:

- procjena funkcioniranja, učinkovitosti i eventualnih nedostataka sveobuhvatnih radova provedenih na bujici od katastrofalnog događaja 1990. godine;
- procjena i unaprjeđenje nadzora i održavanja mjera;
- stručna procjena eventualno potrebne nadogradnje postojećih mjera kontrole bujice.

Do kraja 2015. godine na slivu bujice Bistričice izgrađena su dva drvena zaštitna objekta: drvena bujična pregrada i uzdužni objekt zaštite pokosa instaliran u svrhu sanacije klizišta uz korito bujice [13].

Sljedeća slika (Slika 8) prikazuje fotografiju sa shematskim prikazom projektiranih objekata na lokaciji bujice Bistričice dok je na slici u nastavku (Slika 9) prikazan način izvođenja bujične pregrade na bujici Bistričici (lijevo) i primjer istoga izgrađenog objekta na rijeci Pšati (desno) u Sloveniji [13].



Slika 8. Fotografija s ucrtanim shematskim prikazom bujične pregrade i pokosa [13]



Slika 9. Izgradnja bujične pregrade na bujici Buljičici (lijevo) i primjer izgrađenog objekta na rijeci Pšati (desno) [13]

### 1.3.3.2 Žive palisade u jaruzi u zapadnom Tadžikistanu

U sklopu projekta *Reduction of Land Degradation and Prevention of Desertification through the Development of Natural Resources Management in Tajikistan* koji se provodio između studenog 2010. i studenog 2013. godine na području zapadnog Tadžikistana provedene su mjere zelene infrastrukture u obrani od bujičnih vodotoka kako bi se smanjili negativni učinci ekstremnih hidrometeoroloških pojava čija će se učestalost uslijed klimatskih promjena u budućnosti povećavati. Kroz protekla desetljeća, bujični tokovi izazivali su sve veću degradaciju terena koji je prethodno načet promjenama u načinu korištenja zemljišta (krčenje šuma i pretvorba u obradive površine). Na padinama su se formirale brojne vododerine i jaruge ugrožavajući poljoprivredne i izgrađene površine. Među provedenim mjerama bila je i kontrola erozije u manjim jarugama i vododerinama u osamnaest slivova u zapadnom Tadžikistanu [14]. Na manjim jarugama i vododerinama primijenjene su žive palisade (Slika 10). Korišteno pruće dobiveno je sječom lokalnog drveća, a zbog intenziteta bujičnih tokova, podnožje palisade dodatno je učvršćeno većim kamenjem. Zahvat je rezultirao smanjenjem sedimenta u bujičnom toku te smanjenom erozijom [14].



Slika 10. Primjena živih palisada u jaruzi u zapadnom Tadžikistanu [14]



### 1.3.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Bujice, u: Podhorsky, R. (ur.): *Tehnička enciklopedija (2. svezak)*, Leksikografski zavod Miroslav Krleža, Zagreb, 1966., 543-548
- [2] Papež, J., Repnik Mah, O., Krivograd Klemenčič, A. (2015): *Wooden Cribwall on Slovenian Water Courses: SedAlp Pilot Area – Torrent Bistričica*, SedAlp Project, Ljubljana
- [3] Bonacci, O., Erceg, O. (2019): *Hidrološki i ekohidrološki vidovi vodotoka koji presušuju i povremenih vodotoka*, *Hrvatske vode* 27, 237-244.
- [4] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [5] Gray, D., Sotir, R. (1996): *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control*, Jon Wiley & Sons, New York
- [6] Lammeranne, W., Rauch, H., Laaha, G. (2005): Implementation and Monitoring of Soil Bioengineering Measures at a Landslide in the Middle Mountains of Nepal, *Plant Soil* 278, 159-170
- [7] *WP6 Report: Interactions with Structures*, University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering, Ljubljana, 2016.
- [8] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [9] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [10] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [11] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis Consulting Ltd., Nottingham
- [12] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [13] *Final Conference and Results*, SedAlp Project, Bolzano, 2015.
- [14] *Best Practice Examples for Disaster Risk Reduction: Manual for Tajikistan, Part III*, UNDP, Paris, 2018.



## 1.4 Drenažne fašine

U gornjem toku sliva, odnosno vršnim dijelovima zone prikupljanja vode, količina vode koja površinski otječe nije dostatna za formiranje većih jaruga već se stvaraju vododerine i manje jaruge. One se mogu formirati i na padinama manjeg nagiba gdje brzina površinskog otjecanja nije dovoljna za usijecanje dubokih jaruga. Kad su takvi tereni antropogenim djelovanjem ogoljeni od prvenstveno drvenaste vegetacije koja je svojim korijenskim sustavom bila stabilizirala tlo i štitila ga od erozije, bujično otjecanje vode može voditi kontinuiranoj degradaciji terena i destabilizaciji padina, ugrožavajući obližnja naseljena područja bujičnim poplavama.

Za stabilizaciju vododerina i manjih jaruga na strmim, vlažnim padinama koriste se drenažne fašine (eng. *drainage fascines*). One se postavljaju u talwegu vododerine, a sastoje se od snopova pruća kroz čije šupljine voda otječe niz vododerinu odnosno manju jarugu, pri čemu se njeno erozijsko djelovanje smanjuje i ne dolazi do intenzivnog produbljivanja vododerine/jaruge. S druge strane, mreža grana u snopovima fašina omogućuje filtriranje nanosa te dovodi do smanjenja njegova pronosa, osobito većih elemenata, nizvodno. Pri korištenju grana živog pruća očekuje se njihovo ukorjenjivanje i razvoj u žive biljke čime bi se funkcije zaštite tla od erozije i taloženja nanosa dugoročno prenijele na vegetaciju.

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

### 1.4.1 Tehnički opis

#### 1.4.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere izgradnje drenažnih fašina.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 25) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja izgradnje drenažnih fašina. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

Tablica 25. Podloge za preliminarne analize

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija

podloge za preliminarnu analizu
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• pedološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover)
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se unutar područja granica bujičnog sliva gdje su zabilježene vododerine i manje jaruge s tendencijom erozijske degradacije terena.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 26).

**Tablica 26. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja sa slivnog područja.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području bujice, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>

**vrste potrebnih istražnih radova**

Budući da u vododerinama i manjim jarugama ne obitavaju vodeni organizmi, biološka istraživanja u većini slučajeva neće biti potrebna.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta izgradnje drenažnih fašina potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. Također, zbog ekstremnih klimatoloških događaja koji su sve češći, važni ulazni podaci za projektiranje drenažnih fašina su meteorološki podaci. U tablici u nastavku (Tablica 27) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 27. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere
poprečni i uzdužni profili korita vododerine/manje jaruge	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	ovi podaci navode se u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na slivu na kojem se implementira mjera)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa kroz bujični vodotok
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode

**Proračuni**

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 28). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 28. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun utjecanja sa sliva razmatranog područja za postojeće i buduće stanje;</li> <li>analiza utjecaja provedbe mjere na formiranje vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. u bujičnom vodotoku na kojem se implementira mjera;</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:
<ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> </ul>

<b>proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>provesti analize utjecaja mjere na razine vodnih lica i protoka u bujičnim vodotocima nizvodno od lokacije zahvata (izraditi model postojećeg i budućeg stanja).</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti tla na lokaciji zahvata</b>
<p>Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je provesti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>geotehnički proračun – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti tla uslijed povećanja infiltracije oborinske vode (povećanje infiltracije dovodi do promjene razine podzemne voda koja onda uzrokuje promjenu efektivnih naprezanja i moguću pojavu nestabilnosti tla);</li> <li>analizu globalne stabilnosti lokacije implementacije mjere uslijed infiltracije oborinskih voda.</li> </ul>

### 1.4.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Drenažne fašine primjenjuju se na padinama s pogodnim pedološkim uvjetima. Mogu se primjenjivati na vododerinama i manjim jarugama na padinama nagiba do oko 35° gdje količina vode i njena erozijska snaga u jednogodišnjem povratnom periodu nisu dovoljno veliki da bi onemogućili zadržavanje fašine u koritu. Zbog plitkoće instalacije, drenažne fašine primjenjive su u vododerinama s protokom vode do oko 5 l/s [1].

Drenažne fašine zahtijevaju samo manje zemljane radove i primjenjive su i na plitkim tlima te su učinkovite čak i nakon siltacije izazvane otjecanjem vode kroz fašinu. S druge strane, zahtijevaju relativno velike količine pruća pri čemu se preporučuje korištenje autohtonih vrsta prilagođenih lokalnom hidroklimatskom režimu. S obzirom na pruće, drenažne fašine postavljaju se u razdoblju mirovanja vegetacije kada se mogu sjeći reznice, a to su razdoblja jeseni i proljeća.

Provedba navedene mjere kao moguće mjere zelene infrastrukture na pojedinim potezima bujičnih vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.4.1.3 Projektni parametri

Za projektiranje drenažnih fašina potrebno je provesti analizu utvrđivanja stanja i prognozirivanja razvoja erozijskih procesa na bujičnom slivu. U tablicama u nastavku (Tablica 29 do Tablica 31) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere.

**Tablica 29. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
oblik bujičnog sliva i gustoća mreže vodotoka	Na temelju navedenih parametara definira se osnovni oblik i vrsta bujičnog sliva te se određuju hidrološki uvjeti tečenja vode sa sliva, odnosno raspodjele dotoka prema vododerini/jaruzi na kojoj je planirana implementacija mjere.
intenzitet erozije	Definiranje erozijskih procesa na slivu pomoću koeficijenta erodibilnosti tla. Intenzitet erozije ovisi o geološkoj građi sliva, nagibima terena, vrsti pedoloških tvorevina, klimatološkim karakteristikama područja te o zaštićenosti tla od atmosferskih utjecaja i sila erozije.
pronos nanosa	Nastanak vučenog i suspendiranog nanosa i njegov pronos rezultat je erozijskih procesa. To je vrlo promjenjiva osobina vodotoka koja ovisi o uzdužnom padu korita, količini oborina i stupnju ugroženosti sliva erozijom. Kod vododerina i manjih jaruga obično se pronosi lebdeći nanos s određenom količinom manjeg vučenog nanosa.
hidrološki režim površinskog toka	Za analizu hidrološkog režima toka u vododerini/jaruzi potrebno je odabrati mjerodavne metode izračuna površinskog otjecanja. Također, potrebno je analizirati sve raspoložive hidrološke podatke koji se odnose na predmetnu lokaciju kako bi se što točnije definirale varijacije u stanju i značajkama vodenog toka. Instalacijom drenažnih fašina smanjuje se brzina toka vode koji nastaje u vododerini tijekom oborinskih događaja te se smanjuje pronos nanosa. Takvom promjenom u hidrološkom režimu smanjuje se količina vode koja se iz vododerine ulijeva u bujični vodotok u jedinici vremena kao i količina nanosa koja se transportira u bujični vodotok.

**Tablica 30. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi transportna moć vodnog toka i funkcionalnost vodotoka u obrani od poplava. Drenažne fašine konsolidiraju poprečni profil vododerine/jaruge.
erodibilnost korita	Važan parametar koji ovisi o pronosu nanosa i erozijskoj snazi vode, a utječe na lokalnu ili globalnu nestabilnost korita vododerine/jaruge i nastajanje nanosa. Instalacijom drenažnih fašina dolazi do smanjenja brzine tečenja i pronosa nanosa čime se smanjuje intenzitet erozije.
hrapavost korita	Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi dna i stanju obraštenosti korita, a opisuje se Manningovim koeficijentom hrapavosti. Drenažne fašine povećavaju hrapavost korita vododerina/jaruga smanjujući tako brzinu tečenja i pronos nanosa.

**Tablica 31. Oblikovani i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
uzdužni pad korita vododerine/jaruge	Navedeni parametar je uvjetovan kotama dna korita, a relevantan je u uskoj vezi s količinom i brzinom toka. Velika količina i brzina toka u kombinaciji s velikim uzdužnim padom mogu onemogućiti trajnost instalacije drenažnih fašina u koritu vododerina/jaruga.
biološki materijal	Ukoliko je primjenjivo preporuča se korištenje materijala, poput pruća i drvenog kolja, dobivenog krčenjem i čišćenjem lokacije zahvata.



#### 1.4.1.4 Ekološki aspekti mjere

Vodeni tokovi u vododerinama i manjim jarugama transportiraju erodirani materijal koji uključuje i hranjive tvari. Budući da drenažne fašine smanjuju brzinu toka i pronosa nanosa, taj se nanos taloži duž fašina te u kombinaciji s povoljnom dostupnosti vode (oborinske i/ili podzemne) može formirati povoljne ekološke uvjete za razvoj vegetacije. Budući da se očekuje da će živo pruće u fašinama također pustiti korijenje i mladice, prisutnost hranjivih tvari trebala bi pospješiti njihov razvoj.

Pojava vegetacije u vododerinama i manjim jarugama sustavom korijenja stabilizira tlo i smanjuje eroziju te na taj način dugoročno održava protuerozijsku funkciju. Posredno se smanjenje pronosa nanosa kroz vododerine/jaruge ogleda u smanjenom transportu nanosa u bujične vodotoke te njegovom smanjenom taloženju u recipijentima (tekućicama ili stajaćicama) gdje posredno mijenja morfološke i ekološke uvjete u koritu. Korištenje biološkog materijala dovodi do manjeg opterećenja okoliša umjetnim materijalima i ne degradira estetsku vrijednost krajobraza.

#### 1.4.1.5 Vrste radova

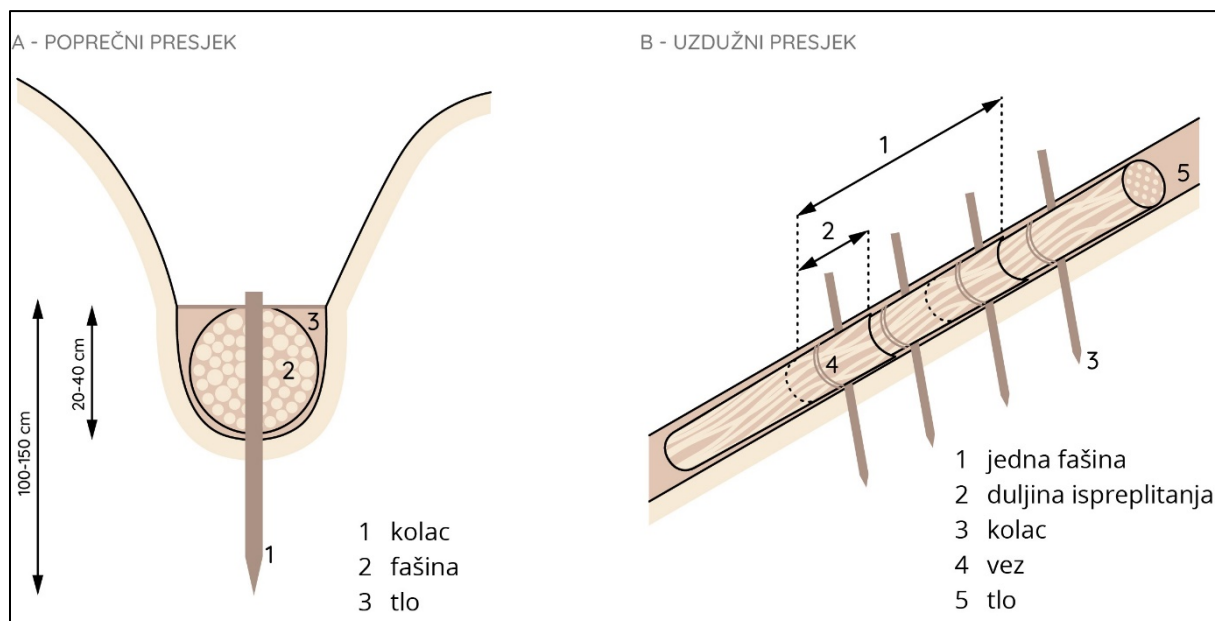
Instalacija drenažnih fašina u vododerine odnosno manje jaruge uključuje sljedeće radove:

- sječa pruća za fašine i kolce,
- izrada fašina,
- priprema vododerina odnosno manjih jaruga,
- instalacija fašina.

Za izradu fašina i kolaca mogu se koristiti živo i suho pruće. Živo pruće ili reznice koristi se kada se želi postići ukorjenjivanje i razvoj biljaka iz reznica. Žive grane sijeku se od odabranog grmlja ili drveća pri čemu se preporučuje korištenje vrbovog pruća (*Salix sp.*) zbog njegove savitljivosti. Sijeku se ravni prutovi promjera 1-5 cm za fašine te promjera 3-8 cm za kolce [1]. Prutovi za fašine mogu biti različite duljine (>100 cm) dok se pruće za kolce reže na duljinu 60-150 cm. Fašine se potom izrađuju vezanjem pruća (žicom ili pletenicama od vitkog pruća) u snopove promjera 20-60 cm, ovisno o poprečnom presjeku vododerine/jaruge. Pritom svi prutovi trebaju biti orijentirani u istom smjeru. Ako se očekuje ukorjenjivanje, tada se koristi živo pruće pri čemu je moguće snopove formirati od živog i suhog pruća u omjeru 2:1 (ili većem u korist živog pruća). Suho pruće treba grupirati u istom dijelu snopa koji će biti položen na dno kanala. Vez se formira na svakih 50-75 cm duljine [1, 2]. Nakon sječe kao i nakon vezivanja u snopove živo pruće treba držati vlažnim kako bi se očuvale njegove životne funkcije.

Vododerine i jaruge se pripremaju za instalaciju fašina tako da se sav rastresiti i biljni materijal ukloni iz njih. Na dnu se formira kanal čija dubina i širina odgovaraju promjeru fašine kako bi ju popunile i onemogućile da voda slobodno teče ispod njih i erodira tlo. Krenuvši od uzvodnog dijela, u pripremljene vododerine odnosno jaruge se polažu fašine tako da deblji krajevi pruća budu uzvodno, a suho pruće na kontaktu s dnom kanala. Pri postavljanju svakog sljedećeg snopa njihovi krajevi trebaju se međusobno ispreplitati u duljini od nekoliko centimetara [1]. Ukoliko se dvije vododerine ili manje jaruge spajaju, moguće je ispreplesti fašine iz obje vododerine u obliku slova Y u tlocrtu.

Položene fašine učvršćuju se živim ili suhim kolcima na svakih 50-150 cm duž korita tako da se kolci zabiju kroz snopove, blago nagnuti uzvodno. Fašine se potom zatrjavaju tlom tako da je njegova debljina neposredno iznad fašine 3-4 cm te se ugazi radi kompaktnosti. Iskop tla i zatrjavanje bi trebalo provesti u što kraćem vremenu kako bi se minimizirao gubitak vlage iz tla koje je potrebna za ukorjenjivanje pruća [1, 2]. Shematski prikaz drenažne fašine u poprečnom i uzdužnom presjeku dan je na slici u nastavku (Slika 11).



Slika 11. Poprečni (lijevo) i uzdužni (desno) presjeci drenažne fašine

#### 1.4.1.6 Održavanje mjere

U prvoj vlažnoj sezoni potrebno je redovito motriti lokaciju zahvata te sanirati moguću štetu – zatrpati dijelove fašine koje je voda otkrila te ponovno zabiti kolce ukoliko ih je voda destabilizirala. Nakon prvog vegetacijskog razdoblja potrebno je ocijeniti uspjeh ukorjenjivanja reznica te po potrebi zamijeniti fašine koje nisu rezultirale ukorjenjivanjem.

U narednim godinama je potrebno redovno godišnje praćenje kako bi se osiguralo da pojava intenzivnih oborina nije dovela do njihove destrukcije. Po potrebi je u narednim godinama moguće dodatno kolčenje ako je tok vode doveo do destabilizacije kolca. Redovito godišnje održavanje uključuje orezivanje grana i čišćenje istaloženog nanosa.

Orezivanje grana provodi se u svrhu prorjeđivanja krošnji i osiguravanja funkcije usporavanja površinskog otjecanja i taloženja transportiranog sedimenta. Ono treba provoditi izvan vegetacijskog razdoblja, od treće godine nadalje, no potreba za orezivanjem se smanjuje sa starenjem biljaka [3]. Čišćenje istaloženog nanosa provodi se ovisno o ocijenjenoj potrebi na prijelazu vlažne u sušnu sezonu.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja

njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

#### 1.4.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 32) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 32) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 32. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
1.3	Sječa i priprema pruća	m <sup>3</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Izrada i postavljanje fašina	kom
2.2	Nabava i zabijanje drvenog kolja	kom

#### 1.4.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 33) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se

utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 33) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 33. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Kolčenje (po potrebi)	kom
1.2	Zamjena fašina	kom
1.3	Čišćenje istaloženog materijala	m <sup>3</sup>
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

## 1.4.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.4.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute štete na materijalnim dobrima i od izbjegnute štete zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute štete u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 34) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 34. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Drenažne fašine usporavaju tok vode u vododerinama i manjim jarugama čime se smanjuje njena erozivna snaga. Učinak može biti i značajniji ako se na živim fašinama razvije vegetacija.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	
kapacitet (volumen) područja za prihvatanje vode	-
smanjenje brzine toka	Drenažne fašine usporavaju tok vode u vododerinama i manjim jarugama.
povećanje evapotranspiracije	Razvoj vegetacije na živim fašinama povećava evapotranspiraciju.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Drenažne fašine usporavaju tok vode u drenažnim fašinama čime se povećava procjeđivanje u podzemlje.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Pedogenetski učinak korijenskog sustava vegetacije koja se razvije na živim fašinama dovodi do rahljenja i razvoja tla s većim kapacitetom za infiltraciju i retenciju vode.
smanjenje erozije	Smanjenjem brzine toka i transporta nanosa smanjuje se erozivna snaga toka. Sustav korijenja vegetacije koja se razvije na živim fašinama može dovesti do značajnije stabilizacije tla i hrapavosti terena uslijed čega se povećava otpornost na eroziju.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.4.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 35) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [4, 5], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br.



96/19), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 35. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Epizodno tečenje vode vododerinama i manjim jarugama ne pruža uvjete za razvoj vodenih biocenoza.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>• količina i dinamika vodnog toka</li> <li>• veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Drenažne fašine smanjuju dinamiku vodnog toka i njegovu erozijsku snagu te definiraju trasu tečenja čime se smanjuju učinci na morfologiju korita. Istodobno povećanjem taloženja nanosa u fašinama se smanjuje njegov pronos nizvodno čime se utječe na strukturu sedimenta dna u vodotoku u zoni odlaganja. Budući da bez antropogenog djelovanja uklanjanja vegetacije u velikom dijelu slučajeva ne bi ni došlo do nastanka bujičnih vodotoka, ovom mjerom se u određenoj mjeri vraća prvobitno „prirodno“ stanje.
2.2. kontinuitet vodotoka	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• varijacije širine i dubine vodotoka</li> <li>• struktura i sediment dna vodotoka</li> <li>• struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• režim kisika</li> <li>• sadržaj iona</li> <li>• pH, m-alkalitet</li> <li>• hranjive tvari</li> </ul>	Drenažne fašine usporavaju tok vode čime donekle mogu utjecati na temperaturu vode i režim kisika. Smanjenje pronosa nanosa utječe na fizikalni sastav vodenog toka.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nesintetske</li> <li>• sintetske</li> <li>• ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.–2021. (NN 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [6].

Budući da se implementacijom mjere mogu očekivati i određeni pozitivni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se očekivati i smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.4.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 36) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [7, 8], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 36. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbe biotičke usluge ekosustava</b>	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	Ukorjenjivanje reznica omogućava razvoj vegetacije koja se može koristiti za daljnje vegetativno razmnožavanje i korištenje za drenažne fašine i druge mjere koje koriste živi biljni materijal.
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.2. smanjenje štetnog djelovanja antropogenog porijekla	Razvojem vegetacije na padinama izloženim eroziji uslijed promjene načina korištenja zemljišta i krčenja prirodne vegetacije smanjuje se negativni vizualni doživljaj krajobraza.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Smanjenjem brzine toka i transportiranog nanosa, drenažne fašine smanjuju eroziju.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Korištenje živog biljnog materijala u izgradnji drenažnih fašina i popratni povoljan učinak na smanjenje erozije može povećati estetsku kvalitetu krajobraza. Značajnost koristi od
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Povećanjem procjeđivanja vode u podzemlje povećava se dostupnost vode iz vodonosnika koja se može koristiti za vodoopskrbu u reljefno višim područjima.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Taloženjem nanosa u drenažnim fašinama smanjuje se njegov transport nizvodno koji povećava erozijsku snagu toka te dovodi do njegova odlaganja u recipijente (veće tekućice ili stajaćice) gdje mijenjaju morfološke i ekološke uvjete.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Korištenje prirodnih materijala u izgradnji drenažnih fašina i popratni povoljan učinak na smanjenje erozije može povećati estetsku kvalitetu krajobraza. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

## 1.4.3 Primjer mjere

### 1.4.3.1 Drenažne fašine u sjevernom Tadžikistanu

U sklopu projekta *Support to Regional Cooperation for Disaster Response and Risk Reduction Programme in Central Asia* koji se u Tadžikistanu provodio 2016. godine provedene su mjere zelene infrastrukture u obrani od bujičnih vodotoka kako bi se smanjili negativni učinci ekstremnih hidrometeoroloških pojava čija će se učestalost uslijed klimatskih promjena u budućnosti povećavati. Kroz protekla desetljeća, bujični tokovi

izazivali su sve veću degradaciju terena te su počeli ugrožavati naselja u sjevernom Tadžikistanu [1]. Među provedenim mjerama bila je i kontrola erozije u manjim jarugama i vododerinama gdje su primijenjene kombinirane mjere drenažnih fašina i živih palisada (Slika 12). Nakon prve vlažne sezone živo pruće iz fašina pustilo je korijenje i stabljike te je započeo razvoj živih biljaka u vododerini (Slika 13).



**Slika 12.** Primjena drenažnih fašina i živih palisada na vododerini u sjevernom Tadžikistanu [1]



**Slika 13.** Razvoj vegetacije na drenažnim fašinama i živoj palisadi u vododerini u sjevernom Tadžikistanu [1]

#### 1.4.4 Literatura i poveznice na druge dokumente

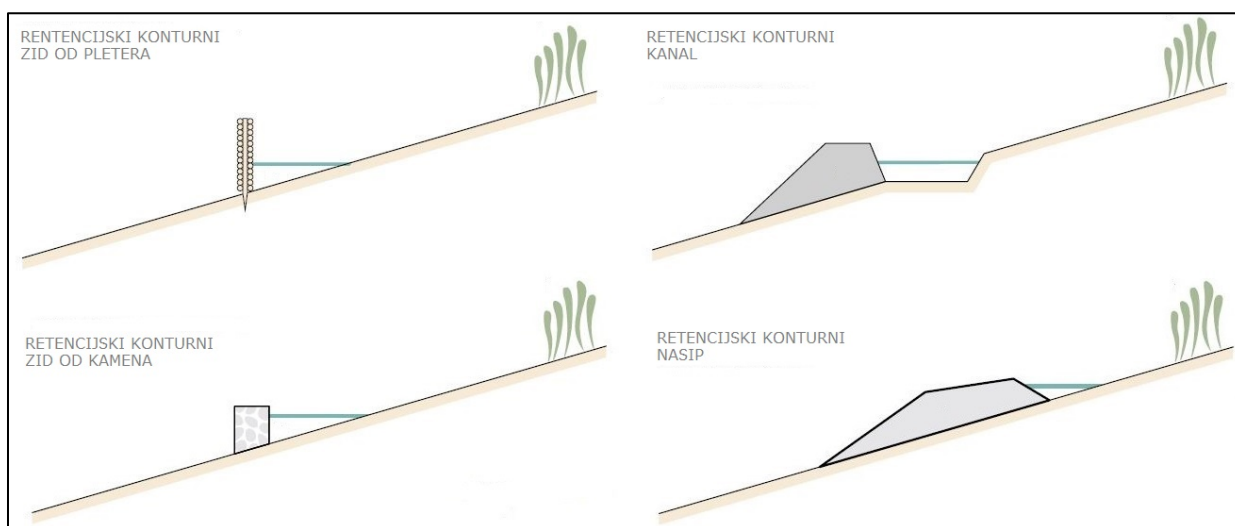
[1] *Best Practice Examples for Disaster Risk Reduction: Manual for Tajikistan*, Part III, UNDP, Paris, 2018.

- [2] Lammeranne, W., Rauch, H.P., Laaha, G. (2005): *Implementation and Monitoring of Soil Bioengineering Measures at a Landslide in the Middle Mountains of Nepal*, Plant Soil, 278: 159–170, doi:10.1007/s11104-005-7012-8
- [3] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [4] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [5] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [6] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [7] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [8] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>



## 1.5 Stabilizacijsko-retencijske konturne strukture

Stabilizacijsko-retencijske konturne strukture formiraju se na padinama bujičnih slivova u svrhu usporavanja i zaustavljanja površinskog otjecanja, taloženja nanosa, smanjenja erozije te stabilizacije padina. Trasiraju se po izohipsama s gotovo horizontalnom niveletom tako da je njihovo pružanje okomito na tok vode. Međusobni razmak između paralelno položenih konturnih struktura ovisi o nagibu terena na kojem se grade. Konvencionalne retencijske konturne strukture uključuju kanale, nasipe, zidove od pletera i kamena pri čemu se najčešće koriste kanali dok se zid od kamena gradi na padinama na kojima je dostupna velika količina kamenog nabačaja ili ako je sloj tla nedovoljan za iskop kanala ili izgradnju nasipa [1]. Modificirane konturne strukture uključuju žive fašine. Na slici u nastavku (Slika 14) prikazane su konvencionalne stabilizacijsko-retencijske konturne građevine.



**Slika 14. Konvencionalne retencijske konturne građevine**

Budući da se kod izvedbe fašina i pletera koristi živo prućje koje se ukorjenjuje i razvija u žive biljke, pružajući tako dugoročnu stabilizaciju na padinama sustavom korijenja, zadržavajući nanos iz površinskog tečenja i povećavajući infiltraciju vode u tlo i podzemlje, prednost se daje takvim stabilizacijsko-retencijskim strukturama. Fotografija konturne fašine dana je na slici u nastavku (Slika 15).



Slika 15. Konturna fašina [2]

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

## 1.5.1 Tehnički opis

### 1.5.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere izgradnje stabilizacijsko-retencijskih konturnih struktura.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 37) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja izgradnje stabilizacijsko-retencijskih konturnih struktura. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

Tablica 37. Podloge za preliminarne analize

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• pedološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
registrirana kulturna dobra (Registar kulturnih dobara Republike Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se unutar područja granica bujičnog sliva na jarugama s tendencijom daljnje erozijske degradacije terena. Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 38).

Tablica 38. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja sa slivnog područja.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području bujice, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.

**vrste potrebnih istražnih radova****biološki istražni radovi**

U većini slučajeva neće biti potrebni budući da se mjera najčešće implementira na antropogeno izmijenjenom području, području s kojeg je uklonjena šuma i koje sadrži aktivne i zapuštene poljoprivredne površine i sl., te ne dovodi do značajnijih promjena stanišnih uvjeta.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta izgradnje stabilizacijsko-retencijskih konturnih struktura potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti tla na lokaciji zahvata. Također, zbog ekstremnih klimatoloških događaja koji su sve češći, važni ulazni podaci za projektiranje stabilizacijsko-retencijskih konturnih struktura su meteorološki podaci. U tablici u nastavku (Tablica 39) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 39. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti uže područje implementacije mjere i šire područje na kojem su vidljive vododerine u koje se slijeva voda nakon većih oborinskih događaja
svojstva i parametri temeljnog tla	ovi podaci navode se u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na slivu na kojem se implementira mjera)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
vrsta slivne površine, odnosno vegetacijskog pokrova tla	podaci o koeficijentu otjecanja u ovisnosti o vrsti slivne površine i vegetacijskom pokrovu tla

**Proračuni**

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 40). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 40. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun otjecanja sa sliva razmatranog područja za postojeće i buduće stanje;</li> <li>analiza utjecaja provedbe mjere na formiranje vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. u bujičnom vodotoku nizvodno od implementirane mjere;</li> </ul>

**proračuni**

Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:

- statističke metode (analize povijesnih podataka);
- hidrološki (matematički) modeli;
- parametarske metode.

**hidraulički proračuni**

- provesti analize utjecaja mjere na razine vodnih lica i protoka u bujičnim vodotocima nizvodno od lokacije zahvata (izraditi model postojećeg i budućeg stanja).

**proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti tla na lokaciji zahvata**

Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je provesti:

- geotehnički proračun – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti tla uslijed povećanja infiltracije oborinske vode (povećanje infiltracije dovodi do promjene razine podzemne voda koja onda uzrokuje promjenu efektivnih napreznja i moguću pojavu nestabilnosti tla);
- analizu globalne stabilnosti lokacije implementacije mjere uslijed infiltracije oborinskih voda.

**1.5.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja**

Stabilizacijsko-retencijske konturne strukture primjenjuju se na suhim padinama gdje površinsko otjecanje može dovesti do destabilizacije podloge i pojave klizanja tla i urušavanja zemljišta. Pritom su prisojne padine prikladnije budući da je za razvoj reznica u žive biljke potrebna osunčanost. Živi pleterni zidovi primjenjivi su na padinama nagiba do 40° izloženim eroziji s manjom količinom spiranog materijala koje pleteri mogu zadržati. Na padinama s većom količinom spiranog materijala i većim urušnim blokovima, površinsko otjecanje može imati silinu koju pleterni zid ne može izdržati. Isto tako na padinama s intenzivnim površinskim otjecanjem i klizanjem površinskog sloja tla reznice nemaju povoljne uvjete za ukorjenjivanje i razvoj u žive biljke. Žive fašine su primjenjive na padinama nagiba do 45° [3].

Iako žive fašine i pleteri pružaju brzu zaštitu od erozije na padinama, zahtijevaju relativno velike količine živog pruća. Polaganje živih fašina i pletera treba se odvijati u razdoblju mirovanja vegetacije – ujesen (prije nego se tlo zamrzne) ili u proljeće (prije listanja vegetacije). To je s jedne strane važno pri rezanju reznica za pruće i kolce, a s druge strane za njihovo uspješno ukorjenjivanje i razvoj u žive biljke. Pleteri i fašine zahtijevaju samo manje zemljane radove. Fašine su primjenjive i na plitkim tlima te su učinkovite čak i nakon siltacije izazvane otjecanjem vode kroz fašinu.

Što se tiče konvencionalnih struktura, kanal i nasip se primjenjuju kod koherentnih tala, a zid od kamena na krškom terenu. Međuprostore tla između stabilizacijsko-retencijskih konturnih struktura moguće je koristiti za poljoprivrednu proizvodnju [1].

Prosječni razmaci između struktura trebaju biti u skladu s nagibom terena [1]:

- Za pad terena do 20% > 70 m;
- Za pad terena do 35% > 50 m;
- Za pad terena do 50% > 30 m.

Uzdužni pad trasa živih fašina i zidova može iznositi 3-5%, a kanala i nasipa najviše 2%, kako bi se osiguralo kontrolirano otjecanje vode. Za sprječavanje intenzivnog toka duž konturni kanal svakih 5-15 m preporučeno je postavljanje poprečnih pregrada. Nadalje, dubine retencijskih konturnih kanala te visine zidova od pletera i kamena ne bi trebale biti



veće od 0,8 m. Širina dna kanala kreće se od 0,6 do 0,8 m. nagib unutrašnjeg pokosa nasipa iznosi minimalno 1:1, a vanjskog 1:1,5 [1].

Provedba navedenih mjera kao mogućih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima bujičnih slivova na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.5.1.3 Projektni parametri

Za projektiranje stabilizacijsko-retencijskih konturnih struktura potrebno je provesti analizu utvrđivanja stanja i prognoziranja razvoja erozijskih procesa na bujičnom slivu. U tablicama u nastavku (Tablica 41 do Tablica 43) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere.

Tablica 41. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
oblik bujičnog sliva i gustoća mreže vodotoka	Na temelju navedenih parametara definira se osnovni oblik i vrsta bujičnog sliva te se određuju hidrološki uvjeti tečenja vode sa sliva po padini na kojoj se planirana implementacija mjere.
razvijenost erozije	Definiranje erozijskih procesa na slivu pomoću koeficijenta erodibilnosti tla. Razvijenost erozije ovisi o geološkoj građi sliva, nagibima terena, vrsti pedoloških tvorevina, klimatološkim karakteristikama područja te o zaštićenosti tla od atmosferskih utjecaja i sila erozije.
pronos nanosa	Nastanak nanosa i njegov pronos niz padinu rezultat je erozijskih procesa. To je vrlo promjenjivi proces koji ovisi o nagibu terena, količini oborina, značajkama tla i stupnju ugroženosti sliva erozijom.
hidrološki režim površinskog toka	Za analizu hidrološkog režima površinskog otjecanja na području implementacije mjere potrebno je odabrati mjerodavne metode izračuna površinskog otjecanja. Također, potrebno je analizirati sve raspoložive hidrološke i meteorološke podatke koji se odnose na predmetnu lokaciju kako bi se što točnije definirale varijacije i značajke otjecanja. Funkcija konturnih struktura je zaustavljanje i taloženje nanosa, smanjenje erozije i površinskog otjecanja te povećanje infiltracije vode u tlo i podzemlje. Takvom promjenom u hidrološkom režimu površinskog otjecanja sa sliva smanjuje se količina vode i nanosa koja se s padine ulijeva u bujični vodotok na nizvodnom području u jedinici vremena.
hidrološki režim podzemnih voda	Implementacijom mjere dolazi do povećanja infiltracije vode u tlo i podzemlje, čime dolazi do punjenja vodonosnika i pozitivnih učinaka na količinu i kvalitetu podzemne vode, međutim povećanje razine podzemne vode može uzrokovati promjenu efektivnih naprezanja i moguću pojavu nestabilnosti tla. Iz tog razloga potrebno je provesti geotehničke proračune stabilnosti tla na lokaciji implementacije mjere kako bi se na vrijeme utvrdila eventualna potreba dodatnog osiguranja stabilnosti tla.

Tablica 42. Hidraulički projektni parametri

hidraulički projektni parametar	opis
hrapavost površine padine	Hrapavost površine padine je karakteristika koja ovisi o vrsti tla i stanju obraštenosti. Povećanjem hrapavosti terena, smanjuje se brzina i transportna moć površinskog otjecanja, što doprinosi smanjenju vjerojatnosti od pojave poplava na nizvodnom području. Implementacijom modificiranih konturnih struktura koje se ukorjenjuju i kasnije čine vegetacijske pojaseve duž padinu, povećava se hrapavost površine padine.

Tablica 43. Oblikovani i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib terena	Živi pleterni zidovi primjenjivi su na padinama nagiba do 40° izloženim eroziji s manjom količinom spiranog materijala koje pleteri mogu zadržati. Na padinama s većom količinom spiranog materijala i većim urušnim blokovima, površinsko otjecanje može imati silinu koju pleterni zid ne može izdržati. Žive fašine su primjenjive na padinama nagiba do 45°. Nadalje, međusobni razmak između paralelno položenih konturnih struktura ovisi o nagibu terena na kojem se grade.
geološka podloga i značajke tla	Važan parametar o kojem ovisi učinkovitost mjere na povećanje infiltracije vode u tlo i podzemlje. Količina infiltrirane vode u podzemlje ovisi o tlu i propusnoj moći.
uzdužni pad trase konturnih građevina	Uzdužni pad trasa živih fašina i pleternih zidova može iznositi 3-5% kako bi se osiguralo kontrolirano otjecanje vode [1].
biološki materijal	Preporuča se korištenje materijala poput pruća i drvenog kolja, dobivenog krčenjem i čišćenjem lokacije zahvata.

#### 1.5.1.4 Ekološki aspekti mjere

Stabilizacijsko-retencijske konturne strukture zaustavljaju transport sedimenta pokrenut površinskim otjecanjem niz padinu te ga talože na novonastalim padinskim terasama manjeg nagiba. Uz sediment transportiraju se i hranjive tvari čime se unaprjeđuju uvjeti za razvoj vegetacije na terasama. Taloženjem sedimenta i razvojem vegetacije dolazi do pedogenetskih procesa koji formiraju tla s većim kapacitetom za infiltraciju površinskih voda. S druge strane, usporavanjem i usmjeravanjem površinskog otjecanja te stabilizacijom padina sustavom korijenja smanjuje se erozivno djelovanje na padini koje je prethodno degradiralo lokalne stanišne uvjete. Daljnjim razvojem vegetacije očekuje se daljnja stabilizacija padina i unaprjeđenje protuerozijske funkcije konturnih struktura. Radi održavanja optimalnih ekoloških i vodnogospodarskih funkcija tih struktura poželjno je korištenje autohtonih biljnih vrsta koje su prilagođene lokalnim hidroklimatskim i pedološkim uvjetima.

#### 1.5.1.5 Vrste radova

Vrste radova razlikuju se prema tome koja vrsta strukture se primjenjuje. Budući da se retencijsko-konturni kanal, nasip i zid od kamena najčešće primjenjuju u praksi, a izvode se prema uobičajenim radovima u vodnom gospodarstvu, u nastavku će detaljnije biti objašnjene konturne žive fašine i živi zid od pletera.

Fašine se sastoje od snopova pruća, a pleteri od pruća isprepletenog u nisku ogradu/zid.

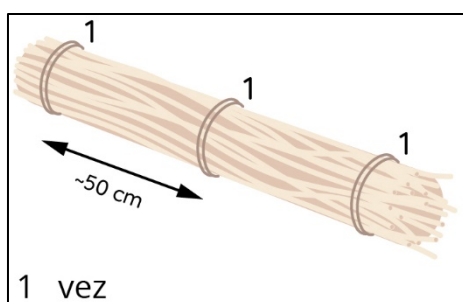
### Konturne žive fašine

Konturne žive fašine (engl. *contour live fascines*) koriste se za stabilizaciju dolinskih strana jaruga i smanjenje erozije tla na padinama gdje erozijski utjecaj nije predebok. Žive fašine postavljaju se u paralelnim redovima koji prate konturu dolinskih strana te na taj način usporavaju površinsko otjecanje i dovode do taloženja nanosa [4].

Zahvat uključuje sljedeće radove:

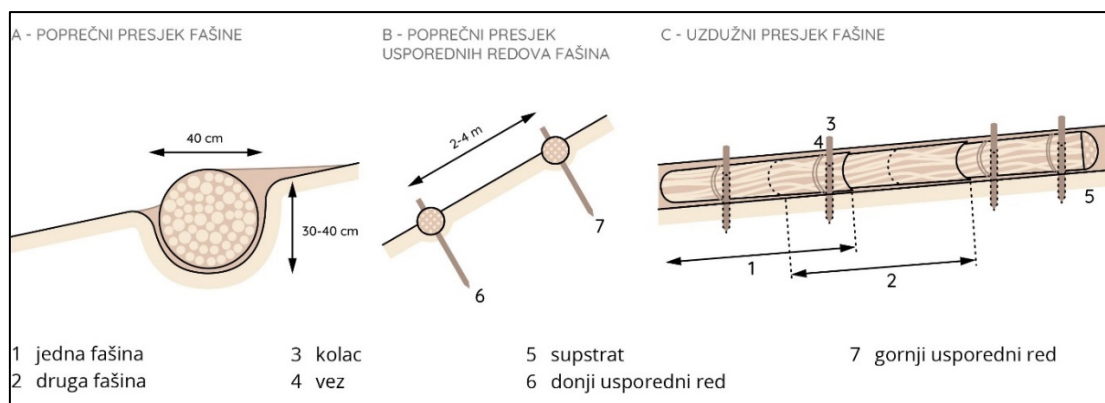
- sječa pruća za fašine i kolce,
- izrada fašina,
- pripremni radovi na dolinskim stranama jaruge,
- instalacija fašina.

Za izradu fašina siječe se dugo, vitko i ravno pruće drvenastih vrsta poput vrbe (*Salix sp.*), drijena (*Cornus sp.*) ili joha (*Alnus sp.*), a preporučuje se miješanje različitih vrsta kako bi se osigurala otpornost vegetacije nakon ukorjenjivanja. Pruće se vezuju u snopove promjera 15-20 cm i duljine od nekoliko metara do nekoliko desetaka metara (Slika 16). U skladu s tim i pruće može biti promjera 1-5 cm te različitih duljina (>100 cm), ovisno o potrebama na terenu i mogućnostima dopremanja i postavljanja. Osim vitkih grana, pripremaju se i kolci promjera 3-8 cm i duljine ~100 cm s baznim krajem prerezanim pod kutom kako bi se lakše zabio u zemlju [4]. Općenito bi razmak između rezanja pruća i instalacije fašina trebao biti što kraći, po mogućnosti do jednog dana, a kada to nije moguće, pruće, odnosno njegov bazni dio, bi se trebao čuvati u hladnim i sjenovitim uvjetima, u vlažnom tlu ili u vodi [3].



**Slika 16. Vezanje fašine u snopove**

Na dolinskim stranama jaruge potom se kopaju plitki rovovi dubine 30-40 cm u paralelnim redovima koji prate konturu padine. Što je nagib padine veći, to bi trebao biti veći razmak između redova, obično 2-4 m (Slika 17-A/B). Fašine se potom postavljaju u te rovove od nižeg prema višem dijelu padine i stabiliziraju kolcima koji se zabijaju u tlo kroz fašinu neposredno uz vezove (Slika 17-C). Kolci bi trebali viriti 5-8 cm iznad fašine koja se na kraju pokriva slojem zbijenog tla radi kompakcije i stabilnosti [3, 3]. Valjalo bi vremenski razmak između iskopa rova i ponovnog zatrpavanja svesti na minimum kako bi se spriječilo isušivanje tla.



Slika 17. Poprečni (lijevo) i uzdužni (desno) presjeci konturne žive fašine

### Konturni živi pleterni zidovi

Konturni živi pleterni zidovi (engl. *contour live wattle walls*) koriste se za plitku stabilizaciju padina, zaustavljanje nanosa iz površinskog otjecanja te kontrolu erozije na padinama. Taloženje nanosa na usporednim pleternim zidovima mijenja padinu na način da formira niz terasa koje uslijed smanjenog nagiba, teksture materijala i povećanja hrapavosti površine, karakterizira veća infiltracija u odnosu na inicijalnu padinu i smanjenje površinskog otjecanja. Ukorijenjivanje živog pruća konsolidira padinu i stvara stanišne uvjete za razvoj druge vegetacije koja unaprjeđuje drenažu kroz transpiracijske procese [3].

Zahvat uključuje sljedeće radove:

- pripremni radovi na padinama,
- sječa i priprema pruća za pletere i kolce,
- izrada pletera,
- instalacija pletera.

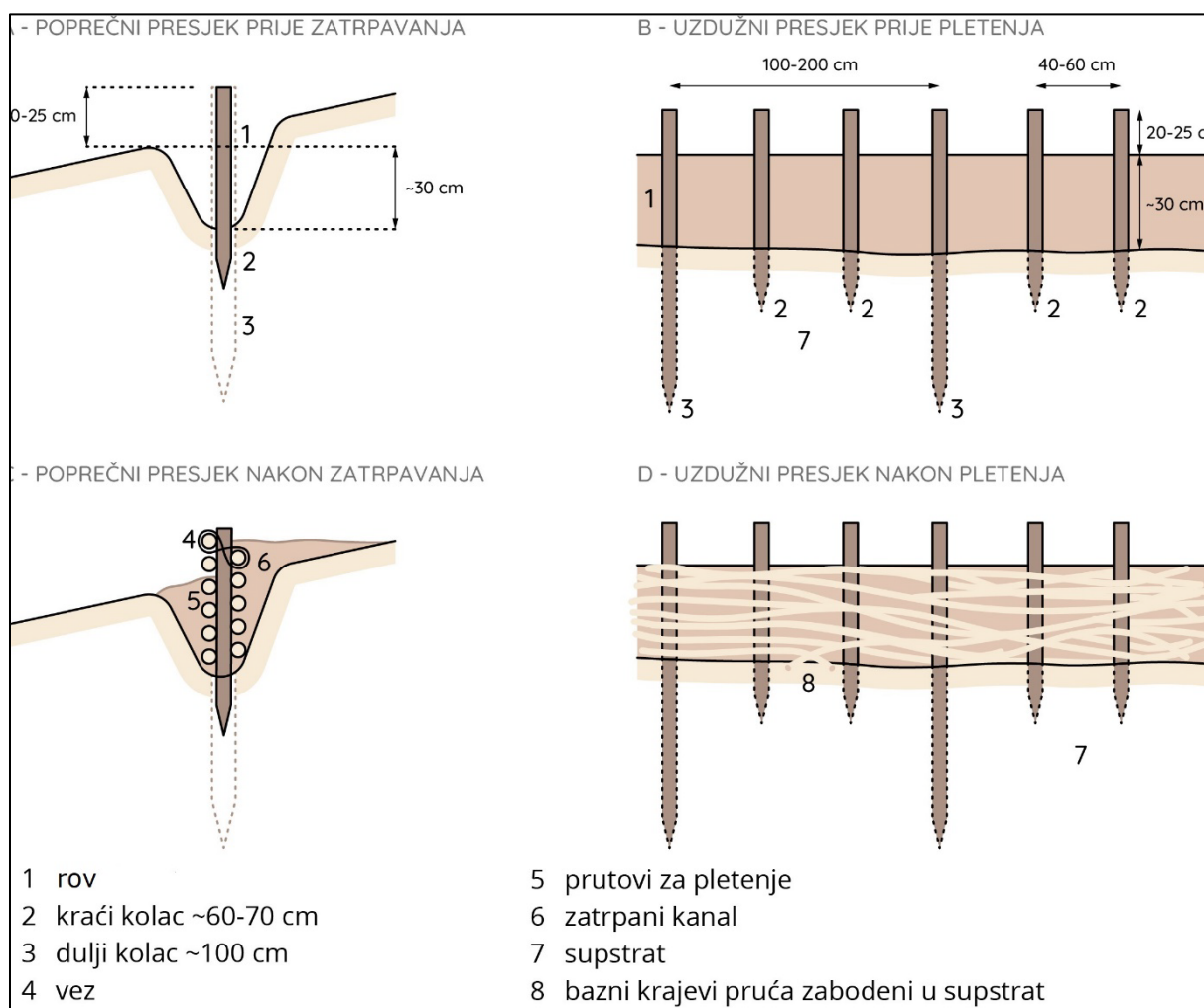
Pripremni radovi uključuju iskop rova poprečnog V-presjeka, dubine oko 30 cm i širine oko 20 cm (Slika 18-A). Usporedni rovovi, odnosno pleterni zidovi, mogu se postavljati na međusobnoj horizontalnoj udaljenosti od 1,5 m i više. Za izradu pleternog zida reže se pruće u tri duljine:

- za pletenje: duljine 150 ili više cm i promjera 2-3 cm,
- za dulje kolce: duljine ~100 cm i promjera 4-8 cm,
- za kraće kolce: duljine 60-70 cm i promjera 4-5 cm.

Preporučuje se vrbovo pruće (*Salix sp.*) koje je dovoljno savitljivo i čvrsto za pletenje. Prutovi za kolce se pripremaju tako da se bazni dio reže pod kutom kako bi se lakše ukolčio u zemlju. Općenito bi razmak između rezanja pruća i instalacije pletera trebao biti što kraći, po mogućnosti do jednog dana, a kada to nije moguće, pruće, odnosno njegov bazni dio, bi se trebao čuvati u hladnim i sjenovitim uvjetima, u vlažnom tlu ili u vodi [3].

Pleter se postavlja od nižeg prema višem dijelu padine. Najprije se postavljaju dulji kolci duž rova na međusobnom razmaku 1-2 m nakon čega se u razmake kolče dva do tri kraća

kolca (Slika 18-B). Nakon zabijanja, kolci bi trebali stršati iznad plohe padine 20-25 cm. Ako se pri zabijanju u zemlju kolac raskoli, treba ga zamijeniti drugim kako bi se osiguralo njegovo ukorjenjivanje i razvoj u živu biljku. Kad su kolci postavljeni, prutovi se isprepliću oko njih i učvršćuju međusobno oko kolca žicom ili prikladnim biološkim materijalom poput strune od kokosovih vlakana. Gdje je moguće (niže položeno pruće u pleteru), bazne krajeve pruća valja zabosti u supstrat [3]. Konačno, rovovi se zatrpavaju iskopanim materijalom (Slika 18-C/D).



Slika 18. Poprečni i uzdužni presjeci živih pleternih zidova u različitim fazama zahvata

### 1.5.1.6 Održavanje mjere

Ovisno o količini vlage u tlu, tijekom prve sušne sezone može biti potrebno navodnjavanje živih konturnih struktura kako bi se osiguralo njegovo ukorjenjivanje i razvoj u žive biljke. Tijekom prve vlažne sezone potrebno je motriti njihovo stanje te sanirati štetu koja može nastati uslijed intenzivnijih oborina. U slučaju kad se takve strukture postavljaju na terene na kojima se nalaze divlje životinje, može biti potrebno ograđivanje terena u prvim godinama kako bi se osigurao rast biljaka [3].



Orezivanje grana provodi se u svrhu prorjeđivanja krošnji i osiguravanja funkcije usporavanja površinskog otjecanja i taloženja transportiranog sedimenta. Ono treba provoditi izvan vegetacijskog razdoblja, od treće godine nadalje, no potreba za orezivanjem se smanjuje sa starenjem biljaka [1]. Čišćenje istaloženog nanosa provodi se ovisno o ocijenjenoj potrebi na prijelazu vlažne u sušnu sezonu.

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.5.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 44) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 44) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 44. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
1.3	Sječa i priprema pruća	m <sup>3</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop rovova	m <sup>3</sup>
2.2	Izrada i postavljanje fašina	kom
2.3	Nabava i zabijanje drvenog kolja	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1,

podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

### 1.5.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 45) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 45) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 45. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Voda	m <sup>3</sup>
1.2	Kolčenje (po potrebi)	kom
1.3	Čišćenje istaloženog materijala	m <sup>3</sup>
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.5.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera” i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera”.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.5.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 46) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 46. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Žive konturne strukture povećavaju procjeđivanje vode u tlo i podzemlje i na taj način smanjuju ukupno površinsko otjecanje sa sliva.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	Žive konturne strukture usporavaju i usmjeravaju površinsko otjecanje.
kapacitet (volumen) područja za prihvatanje vode	Pedogenetski procesi utjecani taloženjem sedimenta i djelovanjem korijenja povećavaju procjeđivanje vode u podzemlje čime se povećava kapacitet područja za prihvatanje oborinske vode.
smanjenje brzine toka	Usporavanjem površinskog otjecanja i smanjenjem pronosa sedimenta manja količina vode i nanosa pristiže u bujične tokove smanjujući uvjete za razvoj velikih brzina vode.
povećanje evapotranspiracije	Razvoj vegetacije na živim konturnim strukturama povećava evapotranspiraciju.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Žive konturne strukture povećavaju procjeđivanje vode u tlo i podzemlje.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Pedogenetski učinak korjenskog sustava vegetacije u kombinaciji s taloženjem sedimenta dovodi do rahljenja i razvoja tla s većim kapacitetom za infiltraciju i retenciju vode.
smanjenje erozije	Usporavanjem i usmjeravanjem površinskog otjecanja te taloženjem nanosa duž konturnih struktura direktno se smanjuje erozijsko djelovanje površinskog otjecanja. Sustav korijenja

korist	pojašnjenje
	vegetacije pak stabilizira tlo i povećava hrapavost terena povećavajući tako otpornost na eroziju.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

### 1.5.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 47) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [5, 6], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 47. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Epizodno površinsko otjecanje na padinama ne pruža uvjete za razvoj vodenih biocenoza.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Smanjujući prinos vode i nanosa u bujične vodotoke, konturne strukture smanjuju dinamiku vodnog toka i njegovu erozijsku snagu čime se smanjuju učinci na morfologiju korita. Istodobno se smanjuje pronos nanosa nizvodno čime se posredno utječe na strukturu sedimenta dna u vodotoku u zoni odlaganja.
2.2. kontinuitet vodotoka	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine vodotoka</li> <li>struktura i sediment dna vodotoka</li> </ul>	

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<ul style="list-style-type: none"> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Smanjujući prinos vode i nanosa u bujične vodotoke, konturne strukture donekle mogu utjecati na temperaturu vode i režim kisika. Smanjenje pronosa nanosa utječe na fizikalni sastav vodenog toka.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.–2021. (NN 66/16), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. *environmental and resource cost*). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [7].

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

#### 1.5.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.



U tablici u nastavku (Tablica 48) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [8, 9], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 48. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere ublažavaju se erozijski procesi na padini na kojoj se mogu odvijati aktivnosti uzgoja biljaka ili životinja.
1.1.3. kultivirane kopnene životinje za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	Ukorjenjivanje reznica omogućava razvoj vegetacije koja se može koristiti za daljnje vegetativno razmnožavanje i korištenje za žive konturne strukture i druge mjere koje koriste živi biljni materijal.
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.2. smanjenje štetnog djelovanja antropogenog porijekla	Razvojem vegetacije na padinama izloženim eroziji uslijed promjene načina korištenja zemljišta i krčenja prirodne vegetacije smanjuje se negativni vizualni doživljaj krajobraz.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Smanjenjem brzine toka i transportiranog nanosa, žive konturne strukture smanjuju eroziju.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Korištenje živog biljnog materijala u izgradnji živih konturnih struktura i popratni povoljan učinak na smanjenje erozije mogu povećati estetsku kvalitetu krajobraz. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Povećanjem procjeđivanja vode u podzemlje povećava se dostupnost vode iz vodonosnika koja se može koristiti za vodoopskrbu u reljefno višim područjima.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Taloženje nanosa duž živih konturnih struktura smanjuje se njegov transport nizvodno koji povećava erozijsku snagu toka te dovodi do njegova odlaganja u recipijente (veće tekućice ili stajaćice) gdje mijenjaju morfološke i ekološke uvjete.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Korištenje prirodnih materijala u izgradnji živih konturnih struktura i popratni povoljan učinak na smanjenje erozije može povećati estetsku kvalitetu krajobraz. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.5.3 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.

[2] VJ Cepa (2011): Clear Fascines,  
<https://prairiepiece.files.wordpress.com/2011/12/clear-fascine.jpg?w=600&h=800>  
(pristupljeno 28. srpnja 2022.)

[3] *ACTED: Best Practice Examples for Disaster Risk Reduction: Manual for Tajikistan*, UNDP, Paris, 2018.

[4] Gray, D., Sotir, R. (1996): *Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization: A Practical Guide for Erosion Control*, Jon Wiley & Sons, New York

[5] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[6] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[7] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.

[8] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis Consulting Ltd., Nottingham

[9] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

## 1.6 Pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem

Pokosi bujičnih jaruga i dolina zbog velikih su nagiba vrlo podložni eroziji te njima pluvijalna voda brzo otječe prema vodotoku doprinoseći bujičnom karakteru vodotoka. S obzirom na nagib i često poodmaklu eroziju ti su pokosi često ogoljeni od vegetacije, posebice grmolike i drvenaste, koja bi svojim sustavom korijenja stabilizirala padine i smanjili njihovu daljnju eroziju. Mjera zelene infrastrukture kojom se to može postići na bujičnim slivovima bez vegetacije su pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem (engl. *vegetated reinforced soil slope*). Oni se mogu primijeniti na pokosima različitih visina i nagiba te predstavljaju alternativu konvencionalnim potpornim konstrukcijama u odnosu na koje pružaju značajne ekološke koristi [1]. S obzirom na zahtjevnost njihove konstrukcije i troškove implementacije, koja je usporediva s konvencionalnim alternativama, ojačani ozelenjeni pokosi su najprikladniji na strmim obalama bujičnih vodotoka u blizini naselja i infrastrukture koju bujice mogu oštetiti.

Ojačani ozelenjeni pokosi imaju višestruku funkciju na bujičnim slivovima:

- (5) sustav korijenja stabilizira tlo, povećava njegovu otpornost na eroziju te djelomično povećava infiltraciju vode u podzemlje,
- (6) stabljike i krošnje povećavaju hrapavost podloge i na taj način usporavaju površinsko otjecanje i taloženje nanos,
- (7) krošnje interceptiraju oborinsku vodu te tako smanjuju površinsko otjecanje,
- (8) formiraju pozitivne stanišne uvjete za razvoj druge vegetacije.

### 1.6.1 Tehnički opis

#### 1.6.1.1 Projektiranje mjere

U nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za planiranje i projektiranje mjere izvedbe pokosa jaruga ojačanih ozelenjivanjem.

#### Podloge za preliminarnu analizu

U tablici u nastavku (Tablica 49) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarnu analizu i planiranje rješenja izvedbe pokosa jaruga ojačanih ozelenjivanjem. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Za određena područja mogu postojati detaljnije podloge koje mogu biti vrlo korisne. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

Tablica 49. Podloge za preliminarne analize

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• pedološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje voadnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se unutar područja granica bujičnog sliva na jarugama s tendencijom daljnje erozijske degradacije terena. Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 50).

Tablica 50. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geološki i hidrogeološki istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja hidrogeoloških karakteristika šireg slivnog područja, odnosno rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene u svrhu određivanja karakteristika otjecanja sa slivnog područja.
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području bujice, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.

**vrste potrebnih istražnih radova****biološki istražni radovi**

Budući da u jarugama ne obitavaju migratorni vodeni organizmi, biološka istraživanja u većini slučajeva neće biti potrebna.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta izvedbe pokosa jaruga ojačanih ozelenjivanjem potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. Također, zbog ekstremnih klimatoloških događaja koji su sve češći, važni ulazni podaci za projektiranje pokosa jaruga ojačanih ozelenjivanjem su meteorološki podaci. U tablici u nastavku (Tablica 51) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 51. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti uže i šire područje implementacije mjere;
poprečni i uzdužni profili korita vododerine/manje jaruge	poprečni presjeci na razmaku 1-2 širine korita; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama i vodnim licem u trenutku snimanja
svojstva i parametri temeljnog tla	ovi podaci navode se u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na slivu na kojem se implementira mjera)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronos nanosa kroz bujični vodotok
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode

**Proračuni**

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 52). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 52. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>proračun otjecanja sa sliva razmatranog područja za postojeće i buduće stanje;</li> <li>analiza utjecaja provedbe mjere na formiranje vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. u bujičnom vodotoku nizvodno od lokacije zahvata.</li> </ul>



**proračuni**

Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:

- statističke metode (analize povijesnih podataka);
- hidrološki (matematički) modeli;
- parametarske metode.

**hidraulički proračuni**

- provesti analize utjecaja mjere na razine vodnih lica i protoka u bujičnim vodotocima nizvodno od lokacije zahvata (izraditi model postojećeg i budućeg stanja).

**proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti tla na lokaciji zahvata**

Na temelju provedenih geoloških i geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je provesti:

- geotehnički proračun – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti tla uslijed povećanja infiltracije oborinske vode (povećanje infiltracije dovodi do promjene razine podzemne voda koja onda uzrokuje promjenu efektivnih naprezanja i moguću pojavu nestabilnosti tla);
- analizu globalne stabilnosti lokacije implementacije mjere uslijed infiltracije oborinskih voda.

**1.6.1.2 Primjenjivost mjere i ograničenja**

Pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem primjenjuju se na strmim padinama na kojima uslijed nagiba i gravitacije dolazi do intenzivnog površinskog otjecanja i spiranja sedimenta te popratne erozije tla. Prikadni nagibi padina (V:H) u rasponu su od 1:2 do 1:0,5 [1]. Budući da je za razvoj reznica u žive biljke potrebna osunčanost, prisojne padine su pogodnije za primjenu ove mjere i imaju veću vjerojatnost uspjeha. Osim toga, za razvoj reznica u biljke potrebna je i dostatna vlažnost tla tijekom vegetacijskog razdoblja. Stoga ova mjera nije primjenjiva na pokosima s izrazito sušnim hidrometerološkim uvjetima.

Sukladno orografskim uvjetima, potrebno je izabrati one vrste drvenastih biljaka koje mogu opstati na terenima velikih nagiba, promjenjive dostupnosti vlage i ograničene osunčanosti. S obzirom na to da strmi tereni izloženi eroziji često nemaju kvalitetna tla i/ili dovoljne količine tla, to može predstavljati značajno ograničenje u primjeni ove mjere te zahtijevati dovoz tla iz okolnog područja. Iako se pokosi ojačani ozelenjivanjem mogu izvoditi tijekom cijele godine, njihova je instalacija općenito lakša kad ne prijeti opasnost od bujičnog toka i intenzivnog površinskog otjecanja. Budući da je nakon izvedbe zahvata tlo rastresito te ne postoji korijenski sustav koji bi ga stabilizirao na padinama, izvedba zahvata preporuča se krajem vlažne sezone kada erozija neće značajnije ugroziti tlo, a oborinska voda će osigurati vlažnost tla i razvoj biljaka i njihovog korijenskog sustava [1].

Mjera je primjenjiva i za zaštitu pokosa neposredno iznad cesta koje se nalaze na strmim padinama jaruga. Pritom je važan odabir biljnih vrsta i njihovo redovito održavanje kako vegetacija ne bi negativno utjecala i zadirala u prometni trak ceste [1].

Provedba mjere kao moguće mjere zelene infrastrukture na pojedinim potezima bujičnih slivova na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.6.1.3 Projektni parametri

Za projektiranje pokosa jaruga ojačanih ozelenjivanjem potrebno je provesti analizu utvrđivanja stanja i prognoziranja razvoja erozijskih procesa na bujičnom slivu. U tablicama u nastavku (Tablica 53 do Tablica 55) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja mjere.

**Tablica 53. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
oblik bujičnog sliva i gustoća mreže vodotoka	Na temelju navedenih parametara definira se osnovni oblik i vrsta bujičnog sliva te se određuju hidrološki uvjeti tečenja vode sa sliva, odnosno raspodjele dotoka prema jaruzi na kojoj je planirana implementacija mjere.
razvijenost erozije	Definiranje erozijskih procesa na pokosima jaruga pomoću koeficijenta erodibilnosti tla. Razvijenost erozije ovisi o geološkoj građi sliva, nagibima terena, vrsti pedoloških tvorevina, klimatološkim karakteristikama područja te o zaštićenosti tla od atmosferskih utjecaja i sila erozije.
pronos nanosa	Nastanak nanosa i njegov pronos niz padinu rezultat je erozijskih procesa. To je vrlo promjenjivi proces koji ovisi o nagibu terena, količini oborina, značajkama tla, postojećoj vegetaciji, hrapavosti podloge i stupnju ugroženosti sliva erozijom.
hidrološki režim površinskog toka	Za analizu hidrološkog režima površinskog otjecanja na području implementacije mjere potrebno je odabrati mjerodavne metode izračuna površinskog otjecanja. Također, potrebno je analizirati sve raspoložive hidrološke i meteorološke podatke koji se odnose na predmetnu lokaciju kako bi se što točnije definirale varijacije i značajke otjecanja. Funkcija ozelenjivanja pokosa jaruga je smanjenje erozije i površinskog otjecanja povećanjem hrapavosti podloge, povećanjem infiltracije vode u tlo te intercepcijom. Takvom promjenom u hidrološkom režimu površinskog otjecanja sa sliva smanjuje se količina vode koja se s padine ulijeva u bujični vodotok na nizvodnom području.
hidrološki režim podzemnih voda	Implementacijom mjere dolazi do povećanja korijenskog sustava na pokosima jaruga koji osim stabilizacije tla, utječe i na djelomično povećanje infiltracije vode u podzemlje, čime dolazi do punjenja vodonosnika i pozitivnih učinaka na količinu i kvalitetu podzemne vode.

**Tablica 54. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
hrapavost pokosa jaruge	Hrapavost pokosa jaruge je karakteristika koja ovisi o vrsti tla i stanju obraštenosti. Povećanjem hrapavosti terena, smanjuje se brzina i transportna moć površinskog otjecanja, što doprinosi smanjenju vjerojatnosti od pojave poplava na nizvodnom području. Ozelenjivanjem pokosa jaruga nastaju vegetacijski pojasevi duž padinu koji povećavaju njenu hrapavost.

**Tablica 55. Oblikovani i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib padine/pokosa jaruga	Prikladni nagibi padina za implementaciju mjere su u rasponu od 1:2 do 1:0,5 [1].

geološka podloga i značajke tla	Važan parametar o kojem ovisi uspješan razvoj reznica te učinkovitost mjere na povećanje infiltracije vode u tlo. Količina infiltrirane vode u podzemlje ovisi o tlu i propusnoj moći. Nadalje, za razvoj reznica u biljke potrebna je i dostatna vlažnost tla tijekom vegetacijskog razdoblja stoga mjera nije primjenjiva na pokosima s izrazito sušnim hidrometeorološkim uvjetima.
biljne vrste	Potrebno je izabrati one vrste autohtonih, drvenastih biljaka koje mogu opstati na terenima velikih nagiba, promjenjive dostupnosti vlage i ograničene osunčanosti.

### 1.6.1.4 Ekološki aspekti mjere

Pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem smanjuju transport sedimenta površinskim otjecanjem niz padinu i povećavaju infiltraciju vode u tlo. Zaustavljanje hranjivih tvari transportiranih sa sedimentom unaprjeđuje pedološke uvjete za razvoj vegetacije. Razvojem sustava korijenja dolazi do stabilizacije padine do dubine korijenskog sustava. Radi održavanja optimalnih ekoloških i vodnogospodarskih funkcija pokosa jaruga ojačanih ozelenjivanjem poželjno je korištenje autohtonih biljnih vrsta kod pripreme reznica koje su prilagođene lokalnim hidroklimatskim i pedološkim uvjetima.

### 1.6.1.5 Vrste radova

Izvedba pokosa jaruga ojačanih ozelenjivanjem obično uključuje sljedeće aktivnosti:

- prethodno iskapanje materijala,
- formiranje kamene podloge,
- sječa i priprema reznica (ili sadnica),
- izgradnja pokosa ojačanog ozelenjivanjem,
- osiguravanje pokosa od potkopavanja.

Ovisno o stanju erodiranosti padine, konstrukcija pokosa ojačanog ozelenjivanjem može zahtijevati prethodna opsežna iskapanja materijala u svrhu osiguravanja volumena za formiranje uslojenog pokosa. Struktura pokosa ojačanog ozelenjivanjem trebala bi sezati dublje u teren od najdubljeg zabilježenog erozijskog utjecaja na pokosu pa će dubina iskapanja općenito biti veća od dubine erozijskog utjecaja bujice. Iskop je obično nešto dublji od dna korita. Iskopani se materijal koristi za uslojavanje pokosa, odnosno za formiranje slojeva od zemljanog materijala preuzetog s lokacije zahvata. Procjeđivanje vode u podzemlje osigurava se formiranjem kamene podloge koja se sastoji od kamenog materijala krupnoće i kvalitete koja je predviđena projektom, pri čemu su veći blokovi dublje, a manji pliće. Formiranje kamene podloge prvenstveno se izvodi zbog konstruktivnih zahtjeva, međutim može pružiti i druge koristi poput spomenutog procjeđivanja vode. Na kamenu podlogu konstruiraju se slojevi zemljanog materijala. Slojevi zemljanog materijala i kamene podloge međusobno su paralelni i okomiti na plohu pokosa. Kamenu podlogu može biti potrebno stabilizirati geotekstilom [1].

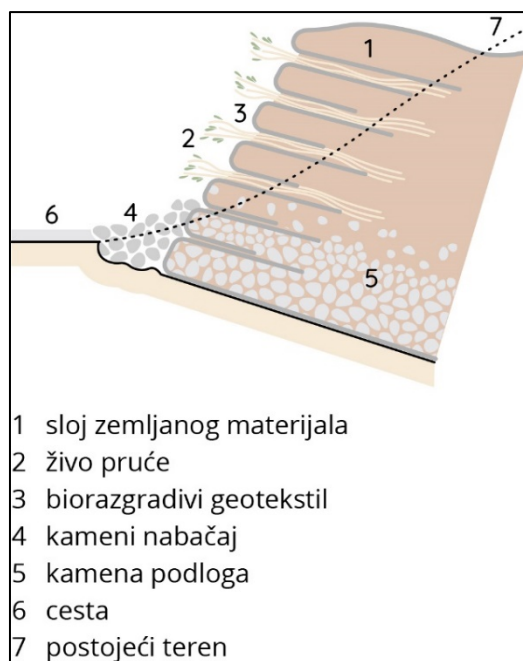
Ozelenjivanje pokosa u svrhu stabilizacije provodi se polaganjem tzv. „živog“ pruća (engl. *live-cut branches*) ili sadnica s razvijenim korijenjem među slojeve zemljanog materijala. U tu je svrhu potrebno pripremiti reznice od grana grmolike i/ili drvenaste vegetacije. Biraju se grane duge minimalno 2 m i promjera 1,5-7 cm koje se potom vežu u snopove

pletenicama od vitkog pruća ili strunama od kokosovih vlakana. S obzirom na povremenost plavljenja, izabiru se vrste biljaka koje mogu podnijeti različite hidrometeorološke uvjete – od prekomjerne vlažnosti do suše i varijabilne osjenjenosti. U izboru vrsta grmovitih i drvenastih biljaka kriteriji bi trebali obuhvaćati pionirske osobine, gust i dug korijenski sustav, adventivno korijenje i vegetativno razmnožavanje. Budući da su bujični slivovi na kojima su potrebne intervencije najčešće značajno degradirani tereni, korištenje vrsta pionirskih osobina omogućit će brži rast biljaka te brže postizanje njihove funkcije.

Pionirske vrste, naime, imaju široku ekološku valenciju u pogledu zahtjeva za ekološkim uvjetima te stoga brže uspijevaju i doprinose formiranju stanišnih uvjeta za druge vrste [2]. Gust i dug korijenski sustav omogućava bolju stabilizaciju površinskog sloja tla na padinama te pruža veću otpornost biljci na vanjske sile, što je posebno važno kod brzih i silovitih bujičnih tokova. Dodatnu otpornost pruža i adventivno korijenje [3]. Konačno, za bioinženjerske zahvate vegetativno razmnožavanje je od vitalnog značenja budući da se nastoji uspostaviti živa struktura koja može dugoročno preuzeti funkcije „sive“ infrastrukture. Sječu živog pruća valja provoditi u okolici izvan vegetacijskog razdoblja, odnosno u kasnu jesen ili rano proljeće. Sijeku se grane drveća i/ili grmlja promjera između 1,5 i 7,5 cm te duljine oko 2 metra. Alternativno se mogu koristiti sadnice iz rasadnika s već razvijenim korijenskim sustavom. Kako bi se osigurao opstanak biljaka u različitim hidropedološkim uvjetima, preporučuje se miješanje različitih vrsta biljaka [1].

Izgradnja pokosa ojačanog ozelenjivanjem uključuje formiranje zemljanog sloja debljine 30-50 cm kojeg, ovisno o nagibu sloja, može biti potrebno stabilizirati oblaganjem trajnim ili biorazgradivim geotekstilom. Svaki zemljani sloj nasipa se tlom debljine 3-5 cm na koji se postavlja gusti sloj živog pruća i zasipa dodatnim slojem tla. U slučaju kad *in situ* tlo ne može zadovoljiti uvjete za rast i razvoj biljaka planiranih u sklopu ojačanih ozelenjenih pokosa, može biti potrebno upotrijebiti tlo s drugih lokacija [1]. Postupak se ponavlja ovisno o ukupnoj visini projektiranog pokosa. Živo pruće ugrađuje se na način da je njihov bazni dio, koji treba rezultirati razvojem korijenja, orijentiran prema unutrašnjosti dok je dio koji treba razviti grane i lišće izvan zemlje. Utjecaj korijenja vegetacije na stabilnost padine općenito se osjeća do dubine od 1 do 3 m [1].

Kada se nožica pokosa nalazi u razini vodotoka, tada je potrebno spriječiti njezino podlokavanje. To se postiže kamenim nabačajem pri čemu odabir krupnoće i kvalitete kamenog materijala ovisi o veličini erozijske sile bujičnog toka vode [1]. Shematski prikaz pokosa ojačanog ozelenjivanjem u poprečnom presjeku dan je na slici u nastavku (Slika 19).



Slika 19. Poprečni presjek pokosa ojačanog ozelenjivanjem

### 1.6.1.6 Održavanje mjere

Ovisno o količini vlage u tlu, tijekom prvog vegetacijskog razdoblja može biti potrebno navodnjavanje pokosa ojačanog ozelenjivanjem kako bi se osiguralo ukorjenjivanje biljaka i razvoj novih grana i listova. U prvoj godini nakon implementacije mjere potrebno je redovito motrenje barem svakih šest mjeseci te nakon svake pojave intenzivnih oborina. Uočena oštećenja pokosa te znakove bolesti i infestacija kukaca na živom pruću treba što prije sanirati kako bi se osigurala njihova transformacija u žive biljke. U narednim godinama do potpunog razvoja vegetacije motrenje bi trebalo uslijediti na kraju vlažnog razdoblja [1].

Unošenje ovih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.6.1.7 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripreme troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica



56) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 56) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 56. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop materijala	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja kamene podloge	m <sup>3</sup>
2.3	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>
2.4	Nabava i ugradnja rezanog pruća	m <sup>2</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja drveća	kom
3.2	Nabava i sadnja grmlja	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

### 1.6.1.8 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 57) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 57) i opći i posebni uvjeti

provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 57. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Voda	m <sup>3</sup>
1.2	Rezidba drveća	kom
1.3	Orezivanje grmlja	m <sup>2</sup>
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

## 1.6.2 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.6.2.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnute šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 58) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može

provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi [3], uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 58. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Pokosi ojačani ozelenjivanjem smanjuju površinsko otjecanje, a povećavaju procjeđivanje vode u tlo te na taj način smanjuju ukupno površinsko otjecanje sa sliva.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	Vegetacija na pokosima ojačanim ozelenjivanjem usporava površinsko otjecanje.
kapacitet (volumen) područja za prihvata vode	Razvoj vegetacije i taloženje sedimenta nošenog površinskim otjecanjem na pokosima pokreće pedogenetske procese koji unaprjeđuju kapacitet tla za prihvata oborinske vode.
smanjenje brzine toka	Usporavanjem površinskog otjecanja i povećanjem infiltracije vode u tlo smanjuje se prinos vode u bujične tokove što donekle smanjuje uvjete za razvoj velikih brzina vode.
povećanje evapotranspiracije	Razvoj vegetacije na pokosima ojačanim ozelenjivanjem povećava evapotranspiraciju.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Pokosi ojačani ozelenjivanjem povećavaju procjeđivanje vode u tlo i podzemlje.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Pedogenetski učinak korjenskog sustava vegetacije u kombinaciji s taloženjem sedimenta dovodi do rahljenja i razvoja tla s većim kapacitetom za infiltraciju i retenciju vode.
smanjenje erozije	Usporavanjem površinskog otjecanja, infiltracijom vode u tlo te taloženjem sedimenta na pokosima ojačanim ozelenjivanjem direktno se smanjuje erozijsko djelovanje površinskog otjecanja na padini. Sustav korijenja vegetacije pak stabilizira padinu i povećava hrapavost terena povećavajući tako otpornost na eroziju.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.6.2.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata),

te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 59) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [4, 5], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 59. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Epizodno površinsko otjecanje na padinama ne pruža uvjete za razvoj vodenih biocenoza. Mjera ne utječe na biološke elemente vodotoka na čijem slivnom području se implementira.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Smanjujući prinos vode i nanosa u bujične vodotoke, pokosi ojačani ozelenjivanjem smanjuju dinamiku vodnog toka i njegovu erozijsku snagu čime se smanjuju učinci na morfologiju korita. Istodobno se smanjuje pronos nanosa nizvodno čime se utječe na strukturu sedimenta dna u vodotoku u zoni odlaganja.
2.2. kontinuitet vodotoka	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine vodotoka</li> <li>struktura i sediment dna vodotoka</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Smanjujući prinos vode i nanosa u bujične vodotoke, pokosi ojačani ozelenjivanjem donekle mogu utjecati na temperaturu vode i režim kisika. Smanjenje pronosa nanosa utječe na fizikalni sastav vodenog toka.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene

ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [6].

Budući da se implementacijom pokosa ojačanih ozelenjivanjem ne očekuju značajni utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, ne očekuje se niti značajno smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na čijem slivu će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.6.2.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 60) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [7, 8], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

Tablica 60. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrnbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere ublažavaju se erozijski procesi na padinama bujica koji mogu ugrožavati aktivnosti uzgoja biljaka ili životinja na okolnom području.
1.1.3. kultivirane kopnene životinje za prehranu, materijale ili energiju	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.2. smanjenje štetnog djelovanja antropogenog porijekla	Razvojem vegetacije na padinama izloženim eroziji uslijed promjene načina korištenja zemljišta i krčenja prirodne vegetacije smanjuje se negativni vizualni doživljaj krajobraza.



usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Smanjenjem površinskog otjecanja i transportiranog nanosa, pokosi ojačani ozelenjivanjem smanjuju površinsku eroziju na padini te doprinose smanjenju erozije u bujičnim vodotocima.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Korištenje živog biljnog materijala u izvedbi pokosa ojačanih ozelenjivanjem i popratni povoljan učinak na smanjenje erozije mogu povećati estetsku kvalitetu krajobraza. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	
<b>4. opskrbne abiotičke usluge ekosustava</b>	
4.2.1. površinska voda za prehranu, materijale ili energiju	Povećanjem procjeđivanja vode u podzemlje povećava se dostupnost vode iz vodonosnika koja se može koristiti za vodoopskrbu u reljefno višim područjima.
<b>5. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće abiotičke usluge ekosustava</b>	
5.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Taloženjem nanosa na pokosima ojačanim ozelenjivanjem smanjuje se njegov transport nizvodno koji povećava erozijsku snagu toka te dovodi do njegova odlaganja u recipijente (veće tekućice ili stajaćice) gdje mijenjaju morfološke i ekološke uvjete.
<b>6. kulturološke abiotičke usluge ekosustava</b>	
6.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim abiotičkim komponentama okoliša	Korištenje prirodnih materijala u izvedbi pokosa ojačanih ozelenjivanjem i popratni povoljan učinak na smanjenje erozije može povećati estetsku kvalitetu krajobraza. Značajnost koristi od mjere ovisit će o mogućnostima izravne i neizravne interakcije ljudi s ovim krajobrazom.
6.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s abiotičkim komponentama prirodnog okoliša	
6.2.2. druge abiotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična

iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.6.3 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Sotir, R., Fischenich, J. (2003): *Vegetated Reinforced Soil Slope Streambank Erosion Control*, EMRRP Technical Notes Collection, Vicksburg
- [2] Lončar, G., Vranješ, D., Tomašević, I., Čović, K., Buj, I., Dašić, G., Korica, L. (2017): Mogućnosti ublažavanja utjecaja regulacijskih zaštitnih vodenih građevina na vodene ekosustave, *Inženjerstvo okoliša 4*, 121-128.
- [3] Lammeranne, W., Rauch, H.P., Laaha, G. (2005): *Implementation and Monitoring of Soil Bioengineering Measures at a Landslide in the Middle Mountains of Nepal*, *Plant Soil*, 278: 159-170
- [4] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [5] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [6] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [7] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis Consulting Ltd., Nottingham
- [8] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

# **SMJERNICE ZA TEHNIČKO PROJEKTIRANJE I PROCJENU SOCIOEKONOMSKE IZVEDIVOSTI MJERA ZELENE INFRASTRUKTURE**

## **KNJIGA 5 – PRATEĆE MJERE**

## SADRŽAJ

<b>1 Prateće mjere</b> .....	<b>3</b>
1.1 Obaloutvrda .....	3
1.2 Regulacijska pera .....	43
1.3 Pragovi .....	72
1.4 Paralelna (uzdužna) građevina i traverza .....	109
1.5 Hidrotehnička stepenica .....	133
1.6 Propust .....	155
1.7 Riblja staza .....	174
1.8 Ustava .....	218

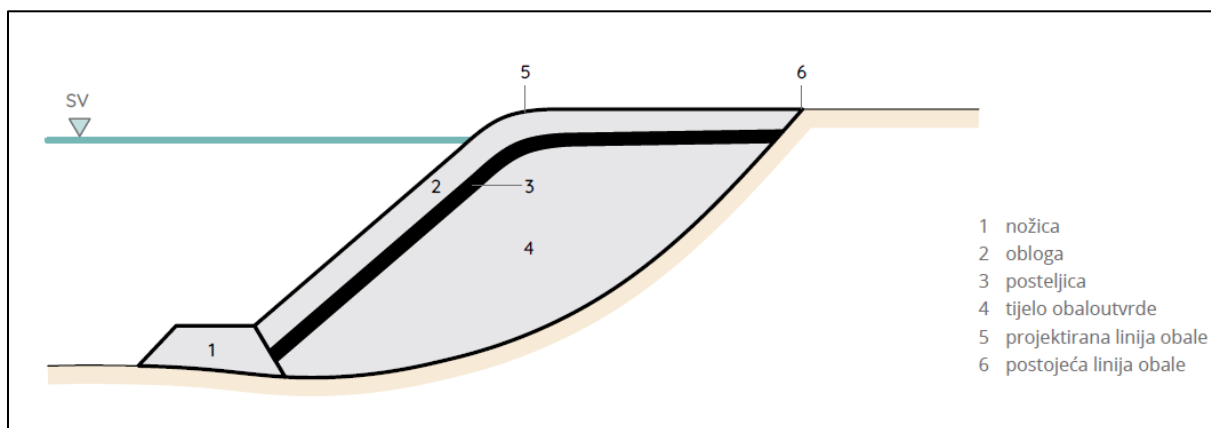
## 1 Prateće mjere

### 1.1 Obaloutvrda

Obaloutvrde su uzdužne regulacijske građevine u koritu vodotoka kojima se obala štiti od erozije i umiruje vodni tok uz obalu vodotoka [1, 2, 3]. Izvode se na obalama vodotoka na dionicama koje je potrebno utvrditi zbog zaštite drugih objekata poput mostova, zahvatnih građevina, crpnih stanica, hidroelektrana, prometnica, poljoprivredne ili urbane površine i drugih, kako ne bi došlo do erozije obale i njihovog urušavanja. Također, izvode se i na dionicama vodotoka koje su već erodirane, a daljnja erozija može uzrokovati ugrozu objekata na obali.

Izbor tipa obaloutvrde ovisi o hidrološkim, hidrauličkim i geotehničkim uvjetima, geometrijskim karakteristikama korita, zemljišnoknjižnim granicama, raspoloživom materijalu za izgradnju te raspoloživim financijskim sredstvima. Izbor optimalnog tipa obaloutvrde treba uslijediti nakon detaljne tehničke, ekološke i ekonomske analize [1]. Uz sve navedeno, treba voditi računa i o estetskom oblikovanju obaloutvrde te o prihvatljivosti rješenja s aspekta utjecaja na okoliš (održavanje biljnog i životinjskog svijeta) [2].

Postoji mnogo različitih tipova vertikalnih i kosih konstrukcija obaloutvrda koje se koriste u praksi, međutim većina ih spada u domenu „sive“ infrastrukture koju karakterizira primjena kamenih, armirano-betonskih i čeličnih materijala. Opis takvih tipova obaloutvrda dan je u *Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu* [5], stoga nije dan u nastavku. Na slici u nastavku (Slika 1) prikazan je shematski presjek klasičnog rješenja obaloutvrde, dok je na sljedećoj slici (Slika 2) dan primjer obaloutvrde na Gornjoj Dobri.



Slika 1. Shematski prikaz „sive“ obaloutvrde





**Slika 2. Obaloutvrda na Gornjoj Dobri uzvodno od brane Bukovnik, izgrađena od kamena u betonu**

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

### **1.1.1 Negativni utjecaji klasičnih obaloutvrda i moguća poboljšanja**

Do erozije obale dolazi djelovanjem tangencijalnih sila vode na čestice materijala u koritu i na obalama vodotoka. Unošenjem tih čestica u korito formira se riječni vučeni nanos krupnijeg granulometrijskog sastava koji sudjeluje u formiranju nizvodnog korita vodotoka. Utvrđivanjem obala vodotoka prvenstveno se sprječava unošenje čestica tla iz obala, a time i formiranje nanosa što utječe na morfološku dinamiku korita nizvodno. Uz navedeno, izgradnjom obaloutvrda može doći do promjena geometrijskih karakteristika korita kao i koeficijentata hrapavosti što za posljedicu može imati promjenu strujne slike uzvodno i nizvodno od lokacije izvođenja obaloutvrde. Uz navedene negativne hidromorfološke promjene vodnog tijela, izgradnja obaloutvrda negativno utječe i na bioraznolikost u vidu gubitka staništa erodiranih obala koje pogoduju pojedinim životinjskim vrstama, npr. pticama vodomaru (*Alcedo atthis*) i bregunici (*Riparia riparia*). Također, zbog promjene strujne slike može doći i do promjena u procesima taloženja materijala čime može doći i do nestanka sprudova i ada, biološki također vrlo važnih staništa za npr. ptice kulik sljepčić (*Charadrius dubius*), crvenokljuna čigra (*Sterna*

*hirundo*), mala čigra (*Sterna albifrons*) i mala prutka (*Actitis hypoleucos*). Osim utjecaja na staništa ptica, izgradnja obaloutvrda u pravilu negativno utječe i degradira staništa svih vodenih organizama zbog prekrivanja prirodnog sedimenta prisutnog na lokaciji gradnje. Slijedom navedenog, negativni utjecaji na bioraznolikost i stanje vodnog tijela do kojih može doći izgradnjom obaloutvrde, a koji su povezani s uslugama ekosustava su sljedeći:

- degradacija staništa ili potpuni gubitak staništa za biljne i životinjske vrste zbog uklanjanja vegetacije i postavljanja materijala za utvrđivanje obale;
- omogućavanje širenja invazivnih vrsta (biljaka i životinja), kojima pogoduju antropogeno utjecana (degradirana) staništa i materijal korišten za izgradnju obaloutvrde;
- hidrološke i hidromorfološke promjene vodotoka (zaustavljanjem erozije na lokaciji obaloutvrde može doći do povećanja brzine toka i intenziteta erozije nizvodno, čime se problem koji je riješen na lokaciji obaloutvrde premješta i/ili intenzivira nizvodno).

Hoće li do navedenih utjecaja doći te koja će biti njihova značajnost ovisi o:

- bioraznolikosti vodotoka i okolnog područja gradnje obaloutvrde;
- hidrološkim i hidromorfološkim karakteristikama vodotoka;
- dimenzijama obaloutvrde;
- tehničkom rješenju obaloutvrde.

Tehnička rješenja kojima se mogu ublažiti prethodno navedeni negativni utjecaji uključuju:

- izgradnju obaloutvrde korištenjem biološkog (mrtvog i živog) materijala;
- omogućavanje razvoja i održavanja autohtone riparijske vegetacije;
- povećanje hrapavosti korištenjem biološkog (mrtvog i živog) materijala.

Zamjenom klasičnih građevinskih materijala kao što su rip-rap, armirani beton, gabioni i metal biološkim materijalima poput drva, raslinja, izrađevina, dobiva se ekološki prihvatljivija konstrukcija obaloutvrde s jednakom osnovnom funkcijom građevine – zaštitom obale od erozije. Bitno je naglasiti kako bez obzira na oblik i materijal obaloutvrde, njezin utjecaj na hidromorfologiju vodotoka će uvijek biti isti – zaustavljanje lokalne erozije, što obaloutvrdu čini građevinom čiji su negativni utjecaji na stanje vodnog tijela neizbježni. Stoga u kontekstu smanjenja negativnog utjecaja na vodna tijela, bioraznolikost i usluge ekosustava prvo je svakako potrebno razmotriti sve mogućnosti kojima bi se izgradnja obaloutvrde izbjegla, međutim takva rješenja moguća su jedino kod cjelovitog sagledavanja sliva. Budući da je čovjek svoje aktivnosti i infrastrukturu u značajnoj mjeri smjestao uz vodotoke, tako je i potreba za stabilizacijom obale postajala sve izraženija. Kao primjer ove problematike navodimo područje ekološke mreže HR5000014 Gornji tok Drave neposredno nizvodno od akumulacije Dubrava do graničnog prijelaza Terezino polje, na kojem duljina toka Drave iznosi oko 100 km, i gdje je samo na hrvatskom dijelu Drave obaloutvrdama stabilizirano oko 36 km. Navedena stabilizacija je posljedica izgradnji hidroenergetskih objekata u Austriji na Muri i Dravi te u Sloveniji i Hrvatskoj na Dravi, koje su poremetile bilancu pronosa nanosa u nizvodnom toku i povećale erozivnu snagu vodotoka [4]. Stoga izgradnja modificiranih rješenja obaloutvrda opisanih u nastavku nikako ne predstavlja okolišno pozitivna i poželjna rješenja koja je moguće

neograničeno primjenjivati, nego se radi o okolišno prihvatljivijim u odnosu na klasična rješenja obaloutvrda.

### 1.1.2 Tehnički opis modificiranih obaloutvrda

Glavna razlika između klasičnih i modificiranih obaloutvrda je korišteni materijal i konstruktivni elementi u izvedbi pojedine obaloutvrde. Klasične obaloutvrde najčešće su građene od kamenog materijala (rip-rap), armirano-betonskih i čeličnih elemenata, dok se kod modificiranih obaloutvrda koristi biološki materijal u kombinaciji s kamenim te omogućuje razvoj drvenaste vegetacije na obaloutvrdi. Na ovaj način održava se određeni stupanj „prirodnosti“ obale.

U većini slučajeva primjena isključivo biološkog materijala nije dostatna za sprječavanje erozijskog djelovanja vode na nožicu pokosa obale koje uzrokuje podlokavanje obale i mehanizme rušenja. Iz tog razloga, prilikom izgradnje modificiranih obaloutvrda za zaštitu nožice najčešće se koristi kameni materijal čija se krupnoća određuje projektom. Navedeno je prikazano na slikama u nastavku (Slika 3, Slika 4).

Usljed velikog broja biološki prihvatljivih materijala koji se koriste za izgradnju, postoji mnogo različitih tehničkih rješenja modificiranih obaloutvrda. U nastavku je dan pregled osnovnih bioloških materijala i mogućih konceptijskih rješenja.

#### Drveni materijal

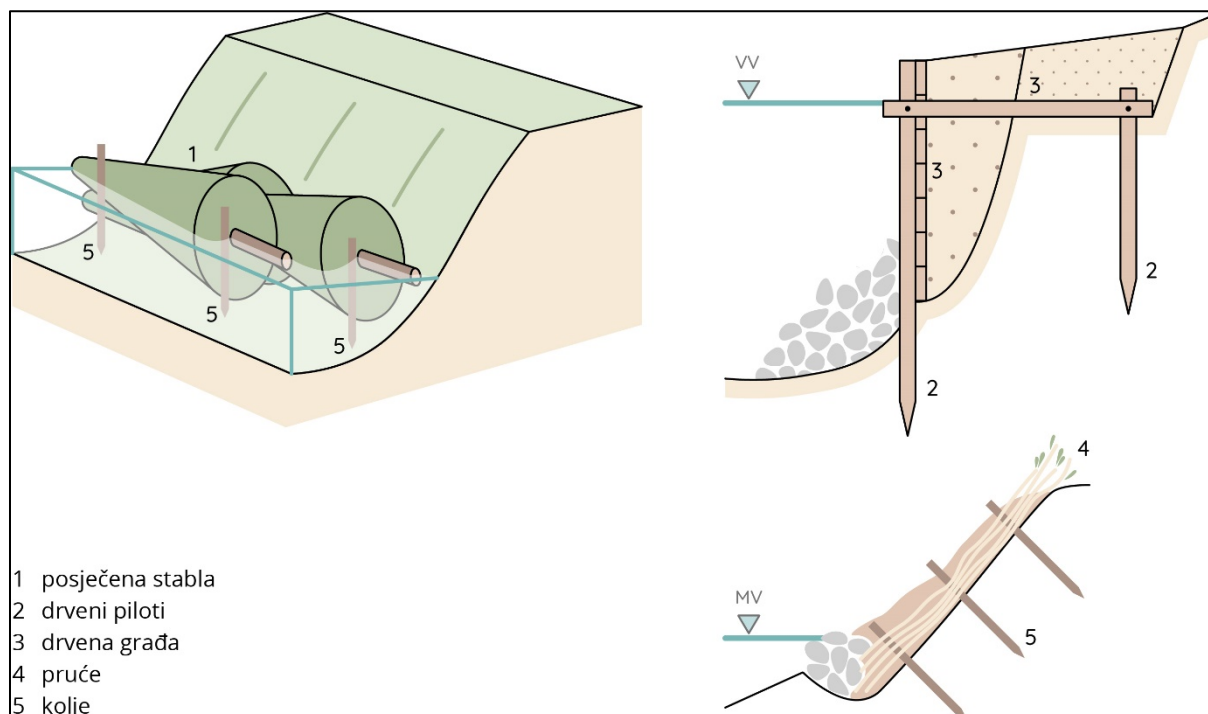
Drvo se u izgradnji obaloutvrda koristi u formi **posječenih stabala, pilota, oble, tesane, cijepane i rezane građe, pruća ili šiblja i kolja**. Najčešće se koriste hrast (*Quercus* sp.), brijest (*Ulmus* sp.), bor (*Pinus* sp.), ariš (*Larix* sp.) i bukva (*Fagus* sp.). Drvo treba biti trajno, žilavo, savitljivo i otporno na štetno djelovanje insekata i gljivica. Trajnost drva je u regulacijama vodotoka ograničena zbog čestih oscilacija vodnih razina – hrasta oko 20 godina, brijesta 18, bora 12, a bukve 2-3 godine [1].

**Posječena stabla** zajedno s krošnjom, potopljena i pričvršćena u koritu vodotoka, koriste se za privremenu zaštitu dijelova korita vodotoka na mjestima intenzivnog erozijskog djelovanja vode za usporavanje vode i izazivanje taloženja nanosa [1].

Drveni piloti i građa, pruće i kolje gotovo su neizostavni elementi u izgradnji modificiranih obaloutvrda. **Drvena građa** se odnosi na oblu, tesanu, cijepanu i rezanu građu najčešće u obliku letvica, daski, greda i stupova u funkciji drvenih pilota. **Drveni piloti** česti su drveni elementi modificiranih obaloutvrda, izrađeni od ravnih trupaca, najčešće tvrdog hrastovog drveta (*Quercus* sp.). Dužina trupaca jednaka je ili veća od projektirane ukupne dužine pilota, a debljina treba biti što ujednačenija – 10-20 cm na tanjem kraju te 20-25 cm na debljem kraju pilota. Jedan kraj pilota potrebno je zašiljiti [5]. **Pručće** se dobiva sječom reznica (grana) vrba (*Salix* sp.), breza (*Betula* sp.), joha (*Alnus* sp.), topola (*Populus* sp.) ili jablana (*Populus nigra* cv. *italica*) nakon vegetacijskog razdoblja, a preporuča se korištenje svježeg pruća odmah nakon sječe. Ono treba biti vitko i ravno, debljine 3-4 cm na debljem kraju, starosti 1-3 godine. Koristi se i u izradi montažnih elemenata u kombinaciji s drugim biološkim materijalima biljnog podrijetla, takozvanih izrađevina o kojima će biti riječi kasnije. **Kolje** su drveni elementi nalik drvenim pilotima manjih dimenzija, promjera oko 5-15 cm, duljine oko 70-300 cm, a uglavnom se koristi za



pričvršćivanje izrađevina. Ukoliko je poželjno da se kolje zabijeno u tlo ukorijeni, preporuča se korištenje jelovog (*Abies* sp.) i vrbovog kolja (*Salix* sp.) [1]. Na slici u nastavku (Slika 3) dan je prikaz drvenih elemenata koji se koriste u izgradnji obaloutvrda.



Slika 3. Primjena drvenih elemenata kod izgradnje obaloutvrda

### Raslinje

Raslinje se još naziva i *biljnim materijalom*. Koristi se za zaštitu obalnih pokosa i drugih dijelova korita izloženih erozijskom djelovanju vode. Uz funkcionalne razloge, primjenjuje se i za postizanje estetskog efekta. Materijali i tehnike koje pripadaju kategoriji raslinja su **zatravnjenje, busen, trska (*Phragmites* sp.), sadnice i pleter** [1].

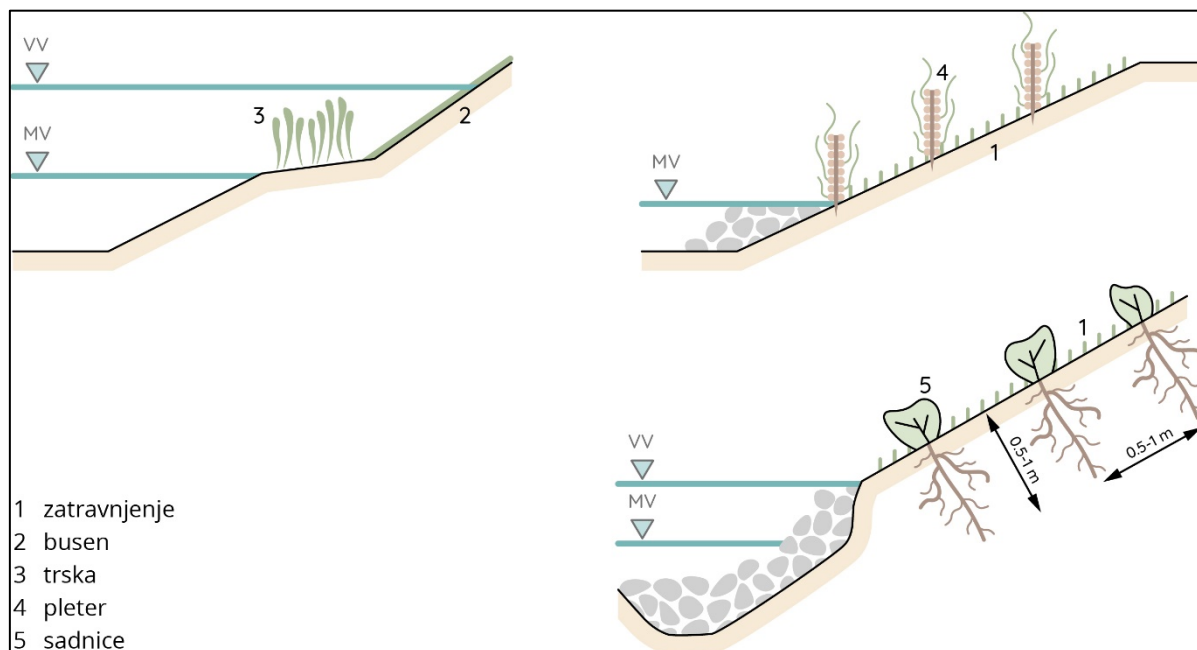
**Zatravnjenjem** obalnih pokosa dobiva se površinski sloj tla ojačan korijenjem trave koji se u obliku žive obloge bolje odupire eroziji od nevezanog tla. Travnati pokrivač može izdržati tangencijalna naprežanja do 20 N/m<sup>2</sup> (u iznimnim slučajevima do 30 N/m<sup>2</sup>) pod uvjetom da nije dulje vrijeme izložen djelovanju vode. Stoga se kod prirodnih vodotoka zatravnjenje može koristiti za zaštitu obalnih pokosa iznad razine voda duljeg trajanja. Sijanje trave (*Poaceae* sp.) se obavlja u proljeće, a zasijano tlo treba vlažiti dok se trava ne ukorijeni i razvije. Održava se redovito kosidbom. Ukoliko nema dovoljno vremena da se do dolaska vode razvije zasijani travnati pokrivač, zatravnjenje pokosa obala moguće je postići i postavljanjem prirodno uzgojenog travnjaka - **busena (tepiha)**. Busen se dobiva rezanjem uzgojenog travnjaka specijaliziranim strojevima u pravilne oblike, primjerice paralelopipede veličine 30 x 30 x 10 cm. Svaki se busen pričvršćuje u tlo s dva do tri drvena kolčića promjera oko 2,5 cm i duljine oko 30 cm [1].

Drugi način zaštite obale od erozijskog djelovanja valova je sadnjom **trske (*Phragmites* sp.) ili sadnicama** vrbe (*Salix* sp.), lijeske (*Corylus* sp.), jasike (*Populus tremula*), joha

(*Alnus* sp.) i topole (*Populus* sp.). Stabljike i lišće trske (*Phragmites* sp.) ublažavaju udar vode i, smanjujući brzinu, izazivaju taloženje sitnijeg nanosa. Primjena trske (*Phragmites* sp.) je naročito pogodna za zaštitu obalnih pokosa od erozije na plovnim vodotocima jer disipiraju energiju valova izazvanih plovilima. Kod primjene sadnica, najčešće se koriste sadnice vrbe (*Salix* sp.) dobivene sječenjem vrbovog šiblja (*Salix* sp.) u rano proljeće. Debljina sadnica je oko 2 cm, a duljina 40 do 100 cm. Sadnice se mogu saditi u rupe, rovove i u kružne jame. Kod svakog od prikazanih načina sadnje razmak sadnica ovisi o vrsti sadnice, a za vrbu (*Salix* sp.) iznosi najmanje 15 cm. Sadnice treba redovito sjeći pri zemlji, čim pruće naraste 4 do 5 m, kako bi se održavao njihov kontrolirani rast i razvoj, međutim pritom je potrebno voditi računa o tome da se zadrži postojeća hrapavost tla i da ono u svakom trenutku bude zaštićeno vegetacijom. Ova vrsta raslinja se uglavnom primjenjuje u zoni korita od razine srednje vode do razine srednje velike vode [1].

**Pleter** se najčešće izvode od vrbovog kolja i pruća (*Salix* sp.) u međusobno paralelnim redovima razmaknutim 0,5 do 1 m i postavljenim koso prema strujanju vode. *Običan pleter* izvodi se na način da se kolje promjera 6-15 cm i duljine do 150 cm pobije na međusobnoj udaljenosti 30-50 cm tako da viri iznad tla 50-60 cm. Kolje treba biti svježije i s izdancima da bi se primilo. Između zabijenog kolja preplete se svježije vrbovo pruće (*Salix* sp.) promjera do 2 cm s preklapanjem. Nakon što se završi prepletanje pruća, kolje se još malo zabije da bi se pleter bolje učvrstio. U slučaju većih brzina toka, izvodi se čvršći, *križni pleter* koji se dobije tako da se redovi izvedu križno formirajući pregradu veličine 0,5 x 0,5 m s ispunom od krupnijeg šljunka [1].

Na slici u nastavku (Slika 4) dan je prikaz raslinja koje se koriste u izgradnji obaloutvrda.



Slika 4. Primjena raslinja u izgradnji obaloutvrde



## Izrađevine od bioloških materijala

Od prethodno opisanih bioloških materijala tradicionalno se izrađuju specifični proizvodi, takozvane izrađevine koje se koriste kao konstrukcijski elementi prilikom izgradnje modificiranih obaloutvrda. U praksi se najčešće koriste **pletenice, fašine, valjci od kokosovih vlakana, kobe, platna i fašinski jastuci (madraci)**.

**Pletenice** se koriste umjesto užadi i žice za vezanje drugih izrađevina. Pletu se od svježeg i vitkog pruća, duljine 4 do 5 m, tako da se najprije uplete najmanje tri pruta u osnovnu pletenicu, a zatim se po tri osnovne pletenice upletu u konačnu pletenicu [1].

**Fašina ili šibača** je snop pruća duljine 3 do 6 m, promjera 30-35 cm, povezan užetom, paljenom žicom ili prućem/pletenicom. Koriste se za zaštitu nožice ili pokosa obala kao konstruktivni element modificirane obaloutvrde. Rade se na postoljima od kolja zabijenih u zemlju. Prvi poveza se postavlja na udaljenosti 30-35 cm od ruba, a ostali na međusobnoj udaljenosti 70-85 cm. Kraće fašine su bolje od dugih jer se kod kraćih pruće ne mora nastavljati. Kod fašina u kojima se pruće nastavlja, svaki prut mora proći kroz najmanje dva poveza [1].

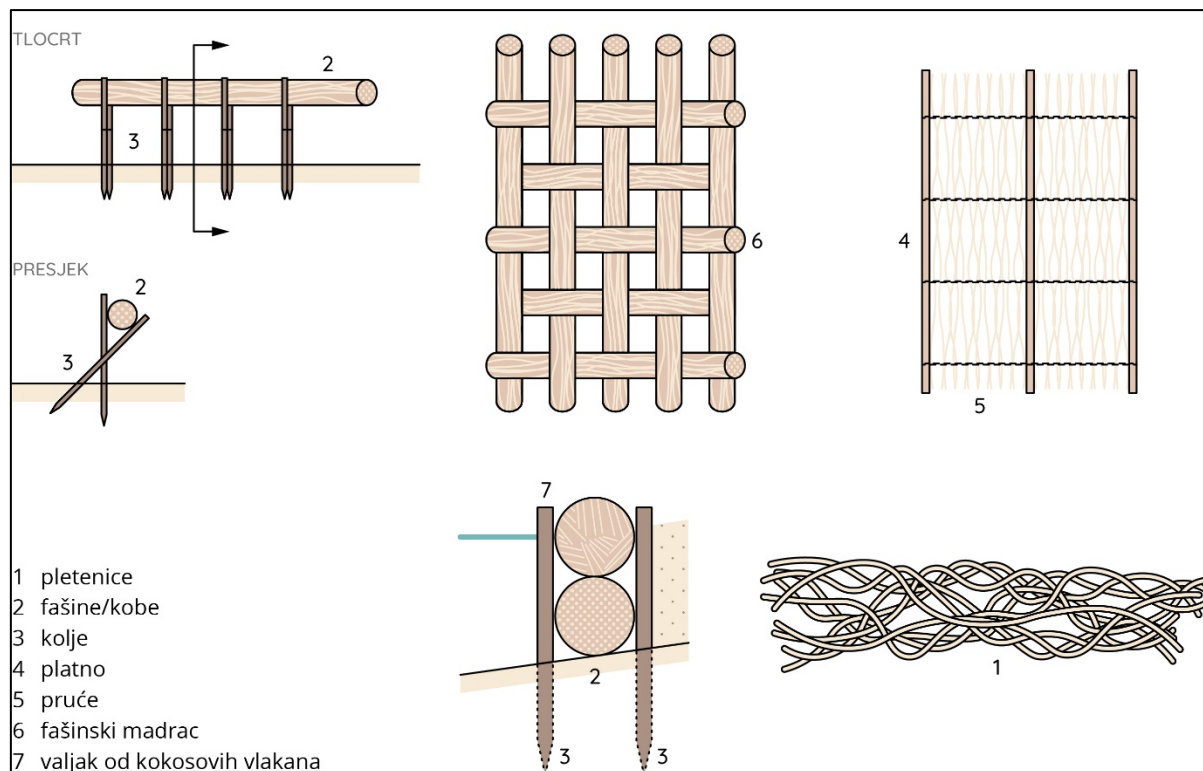
**Valjci od kokosovih vlakana**, kako i samo ime govori, su izrađevine u obliku valjka napravljene od gusto zbijenih kokosovih vlakana. Koriste se za zaštitu nožice ili pokosa obale, obično u kombinaciji sa sadnicama biljaka i koljem [6].

**Kobe** su slične izrađevine fašinama, ali im je promjer 10-20 cm, a duljina puno veća, 10 do 40 m. Izrada je jednake tehnologije kao i kod fašina [1].

**Platna** služe za zaštitu pokosa obala, a izrađuju se razastiranjem i pletenjem pruća. Bitan moment prilikom izrade platna je povezivanje materijala žičanom mrežom ili neprekinutom žicom [1].

**Fašinski jastuci (madraci)** su paralelopipedna tijela duljine 12 do 100 m, širine 6 do 20 m i debljine 1 do 1,5 m, izrađena postavljanjem fašina u 3-4 sloja, okomito i paralelno s pružanjem obale. Tako postavljene fašine povezuju se žicom i stabiliziraju koljem. Primjenjuju se kao posteljica ili temelj regulacijskih građevina u koritu vodotoka na mjestima slabo nosivog temeljnog tla [1].

Na slici u nastavku (Slika 5) dan je prikaz izrađevina koje se koriste u izgradnji obaloutvrda.



Slika 5. Primjena izrađevina u izgradnji obaloutvrde

### 1.1.2.1 Modificirana obaloutvrda tip 1

Prvi tip je obaloutvrda izrađena od kombinacije biološkog materijala uz sloj kamenog materijala za stabilizaciju i zaštitu nožice obale te čelične žice. Korišteni biološki materijali su drveni trupci i kolje, sadnice biljaka i biorazgradivi geoteksil.

Karakterističan presjek ovog tipa obaloutvrde dan je na slici u nastavku (Slika 6).



obaloutvrde. Ispred kolja na kamenu oblogu postavlja se drveni trupac koji se dodatno stabilizira čeličnom žicom promjera 4 mm i usidrenim kolcima kako ne bi isplivao. Odabran je hrastov trupac (*Quercus* sp.) promjera 0,5 m. Važno je napomenuti da u ovom slučaju nije bitna vrsta drveta od koje je trupac zato što njegova trajnost nije bitan faktor. Postavljanje trupaca je samo privremena mjera zaštite obale i stabilizacije obaloutvrde do kada sadnice vrbe (*Salix* sp.) ne razviju i puste čvrsto korijenje. Za dodatnu stabilizaciju trupaca nasipava se kameni materijal granulacije 4-8 mm ispred trupaca, a na taj sloj postavljaju se sanduci s vodenim biljkama, tzv. hidrofitima kao što su obični žabočun (*Alisma plantago-aquatica*), šilj (*Cyperus*), razgranjeni ježinac (*Sparganium erectum*) i vodena metvica (*Mentha aquatica*).

Zatim slijedi konačno formiranje obale nasipavanjem zemljanog materijala iza i iznad trupaca. Formirana obala iznad trupaca, odnosno tlo, dodatno se ojačava biorazgradivim geotekstilom npr. od kokosovih vlakana. Geotekstil se pričvršćuje za trupce zabijanjem drvenih daštica dimenzija 100 x 25 mm i polaže na pokos te prekriva slojem tla. Nakon postavljanja geotekstila, nasipava se završni sloj zemljanog materijala i sadi vegetacija. U prvom redu iznad trupaca sadi se prizemno rašće u grupama na razmaku od 0,5 m, primjerice busenasti šaš (*Carex elata*), močvarna mlječika (*Euphorbia palustris*), trsasti blještac (*Phalaris arundinacea*), rogoz (*Typha*). Iznad rašća sade se vrbe (*Salix* sp.) u pojasu širine oko 1,5 m, npr. siva vrba (*Salix cinerea*) ili vrba iva (*Salix caprea*), a iznad vrbe sadi se drveće pogodno za specifičnu lokaciju. Najviši dio pokosa se može zatravniti i/ili posaditi drvenasta vegetacija.

Učinkovitost ovog tipa modificirane obaloutvrde proizlazi iz fleksibilnosti kod odabira biljnih vrsta koje se implementiraju u obaloutvrdu. Važno je odabrati biljne vrste koje u relativno kratkom roku puste razgranato i čvrsto korijenje i postupno zamjenjuju trupce koji s vremenom trunu.

Svi prethodno navedeni radovi predstavljaju uobičajene radove u vodnom gospodarstvu te ih je moguće izvoditi prema dosadašnjoj praksi. Same radove je moguće izvoditi kopnenom i/ili plovnom mehanizacijom, ovisno o karakteristikama lokacije. Prilikom odabira tehnologije izvođenja radova potrebno je obratiti pozornost na mogućnost ostvarenja transportnih i pristupnih putova te na način postupanja s materijalom iz iskopa. Posebna ograničenja izvođenja radova, specifična za konkretne lokacije implementacije mjere mogu se odrediti tijekom postupaka procjena utjecaja zahvata na okoliš i ekološku mrežu.

Tijekom izvođenja radova na modificiranoj obaloutvrđi veliku važnost ima sadnja vegetacije, a uspjeh sadnje ovisi o odabiru najpovoljnijeg perioda za sadnju vegetacije. Ovisno o biljnim vrstama, sadnja može biti kasno jesenska ili rano proljetna, ali mora biti obavljena tijekom mirovanja vegetacije kako ne bi došlo do oštećivanja vegetativnih dijelova reprodukcijanskog materijala [5].

### 1.1.2.1.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih

parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 1) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 1) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 1. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop podloge	m <sup>3</sup>
2.2	Ugradnja lomljenog kamenog materijala srednjeg promjera zrna 30-50 cm	m <sup>3</sup>
2.3	Nabava i zabijanje drvenog kolja (pilota)	kom
2.4	Nabava i ugradnja drvenih trupaca	m
2.5	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i postavljanje paleta (sanduka) s vodenim biljkama	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
3.3	Nabava i sadnja grmlja	kom
3.4	Nabava i sadnja drveća	kom
3.5	Nabava i sijanje trave	m <sup>2</sup>

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji udio u ukupnim troškovima implementacije mjere mogu činiti troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

### 1.1.2.1.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu



kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 2) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 2) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 2. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Rezidba drveća	kom
1.3	Orezivanje grmlja	m <sup>2</sup>
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.1.2.1.3 Primjer mjere

Primjer modificirane obaloutvrde tipa 1 je obaloutvrda na dionici od 91 m na rijeci Skerne u gradu Darlingtonu u Engleskoj. Izgrađena je u listopadu 1995., a u ožujku 1996. godine posađene su biljne vrste. Građena je za sprječavanje daljnje erozije obale rijeke zbog zaštite magistralnog plinovoda koji se nalazi uz obalu te za povećanje bioraznolikosti biljnog i životinjskog riječnog svijeta. Na slici u nastavku (Slika 7) prikazana je izgradnja obaloutvrde [8].



Slika 7. Obaloutvrda (tip 1) tijekom izgradnje [8]

Konstruktivski i oblikovni parametri obaloutvrde opisani su u tehničkom opisu u prethodnim poglavljima. Obaloutvrda se afirmirala vrlo brzo, a na slici u nastavku (Slika 8) prikazana je četiri mjeseca nakon sadnje vrba (*Salix sp.*).



Slika 8. Obaloutvrda (tip 1) četiri mjeseca nakon sadnje vrba (*Salix sp.*) [7]



U razdoblju od 1995. do 2001. godine gusto su se razvile vrbe (*Salix* sp.) duž obalu i narasle do visine 2 m, a rubne dijelove obale uz vodu kolonizirale su zeljaste hidrofilne biljne vrste. Došlo je i do taloženja mulja oko biljaka i vrba (*Salix* sp.) što je dodatno pospješilo formiranje obale i smanjenje erozije. Na slici u nastavku (Slika 9) prikazana je obaloutvrda tri godine nakon izgradnje [8].

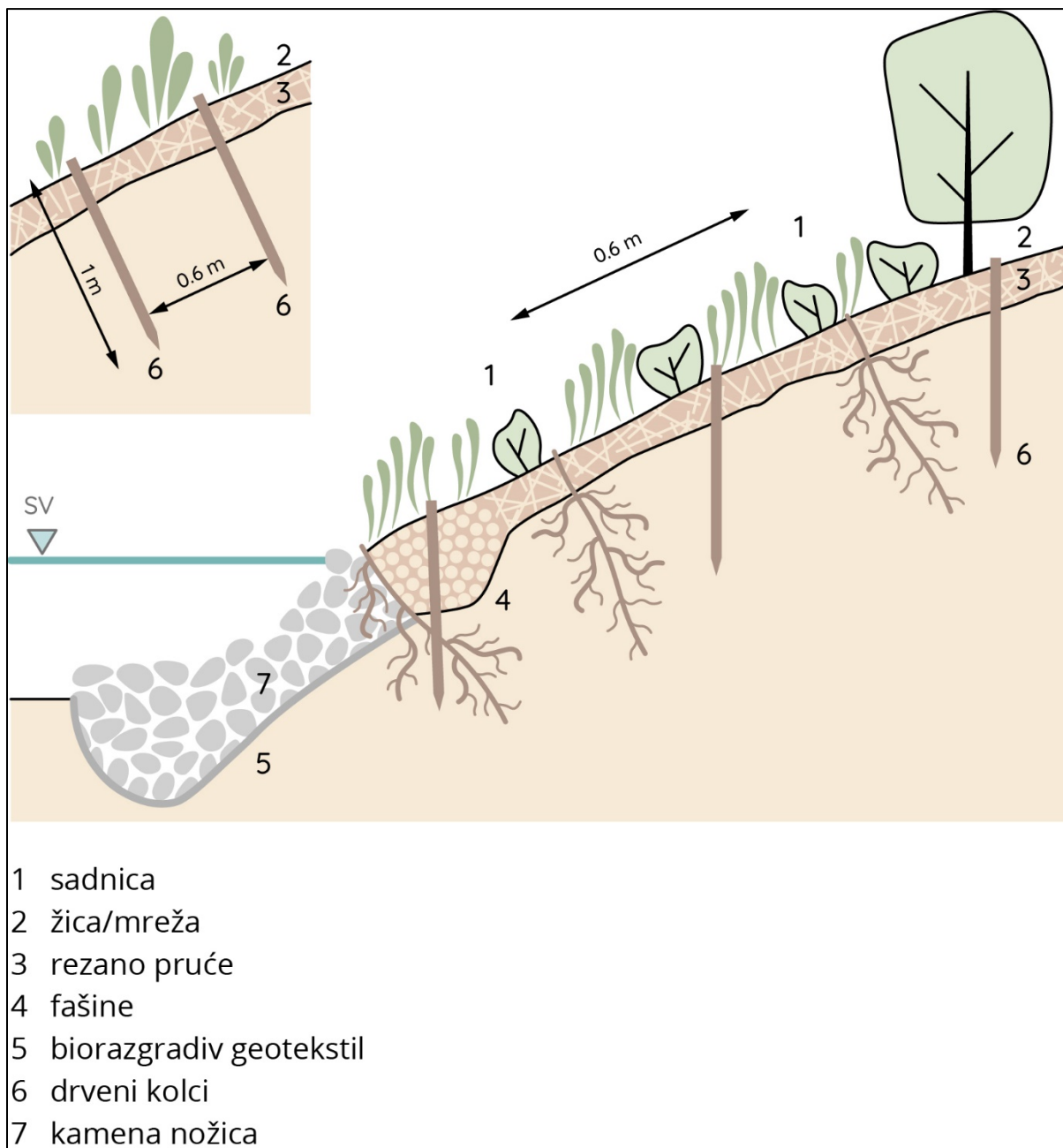


Slika 9. Obaloutvrda (tip 1) tri godine nakon izgradnje [8]

### 1.1.2.2 Modificirana obaloutvrda tip 2

Drugi tip obaloutvrde je kombinacija kamenog materijala, žive vegetacije, fašina i platna od pruća.

Karakterističan presjek ovog tipa obaloutvrde prikazan je na slici u nastavku (Slika 10).



Slika 10. Karakteristični presjek modificirane obaloutvrde (tip 2)

Izgradnja obaloutvrde započinje iskopom rova i postavljanjem biorazgradivog geotekstila za stabilizaciju i filtraciju tla. Umjesto geotekstila moguće je nasipavanje filtarskog sloja od šljunka i tucanika veličine zrna 8-63 mm u sloju debljine 20 cm. Na geotekstil ili filtarski sloj postavlja se nožica od lomljenog kamenja srednjeg promjera zrna 30-50 cm do razine srednje vode (voda 50%-tne trajnosti). Na kameni materijal postavljaju se fašine koje osiguravaju preostali materijal od klizanja. Fašine su izrađene od snopova vrbovog pruća (*Salix* sp.) dužine 3 do 6 m, promjera 30-35 cm i povezane vitkim prućem. Prvi vez se postavlja na udaljenosti 30-50 cm od početka snopa, a ostali vezovi na razmaku 70 do 85 cm. Pruće za izradu fašina treba biti svježe i vitko, od vrbovih reznica (*Salix* sp.) starijih od jedne i mlađih od tri godine. Nakon toga slijedi postavljanje platna od rezanog pruća u

sloju debljine 20 cm. Svakih 60 cm se po pokosu zabija neživi, drveni kolac koji se s prethodnim povezuje žicom i služi za stabilizaciju platna. Prostor između kolaca ispunjava se sadnicama biljaka koje u kratko vrijeme razviju čvrsto i razgranato korijenje, poput vrbe (*Salix* sp.). Maksimalan nagib koji podnosi ovaj tip obaloutvrde je 1:2.

### 1.1.2.2.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 3) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 3) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 3. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop podloge	m <sup>3</sup>
2.2	Ugradnja lomljenog kamenog materijala srednjeg promjera zrna 30-50 cm	m <sup>3</sup>
2.3	Izrada i postavljanje fašina	kom
2.4	Nabava i zabijanje drvenog kolja	kom
2.5	Nabava i oblaganje pokosa rezanim prućem	m <sup>2</sup>
2.6	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja grmlja	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji udio u ukupnim troškovima implementacije mjere mogu činiti troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”), u okviru kojih se



javljanju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

### 1.1.2.2.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 4) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 4) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 4. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Orezivanje grmlja	m <sup>2</sup>
1.2	Praćenje stanja zahvata	kom
1.3	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.1.2.2.3 Primjer mjere

Primjer modificirane obaloutvrde tip 2 implementiran je 2005. godine u duljini od 200 m na erodiranoj obali rijeke Rother u Engleskoj kako bi se spriječila daljnja erozija. Korito rijeke je u prošlosti regulirano radi navodnjavanja i plovidbe te je dolazilo do sve većeg taloženja sedimenta na konveksnim dijelovima, a erozije na konkavnim dijelovima korita, zbog čega je prijetila opasnost od proboja nasipa [9]. Na slici u nastavku (Slika 11) prikazano je stanje erodirane obale prije izgradnje obaloutvrde.



Slika 11. Erodirana obala rijeke Rother prije izgradnje obaloutvrde, 2004. [9]

Cilj projekta bio je spriječiti daljnju eroziju obale i probijanje nasipa korištenjem prirodnih materijala i poticanjem taloženja sedimenta na erodiranoj obali za vrijeme oscilacija vode. Sediment ispunjava praznine između platna od rezanog pruća, kolaca i žice. Na taj način razvijaju se anaerobni uvjeti koji zaustavljaju daljnju razgradnju drvenog materijala, osiguravajući dugotrajnu funkcionalnost obaloutvrde i stabilnost obale [9].

Za izgradnju obaloutvrde korišteno je drveno kolje od pitomog kestena (*Castanea sativa*), minimalnog promjera 125 mm, duljine 2,1-4,5 m kako bi se postiglo zabijanje kolaca u obalu u duljini od minimalno 1,5 m. Kolci su postavljeni na međusobnom razmaku od 1 m duž obale od 200 m, s prosječnom širinom obaloutvrde od 11 m, a postavljanje je izvedeno bagerom velikog doseg. Zatim je između stupova položeno platno od rezanog pruća lijeske (*Corylus avellana*) koristeći grane dužine 3-4 m. Pruće je postavljeno tako da se proteže nešto dalje od zadnjih kolaca na rubnim dijelovima konstrukcije, kako bi se potaknula sedimentacija i na tom kritičnom području. Za konačnu stabilizaciju cijele konstrukcije, sprječavanje odnošenja pruća za vrijeme oscilacija vode i taloženje sedimenta, preko cijele površine obaloutvrde postavljena je mreža i pričvršćena za kolje [9]. Na slici u nastavku (Slika 12) prikazani su radovi na obaloutvrdi.



Slika 12. Radovi tijekom izgradnje obaloutvrde (tip 2) [9]

Sedam godina nakon izgradnje, obaloutvrda ispunjava svoju funkciju, odnosno sprječava eroziju, a vidljiv je i razvoj vegetacije, što je prikazano na slici u nastavku (Slika 13).

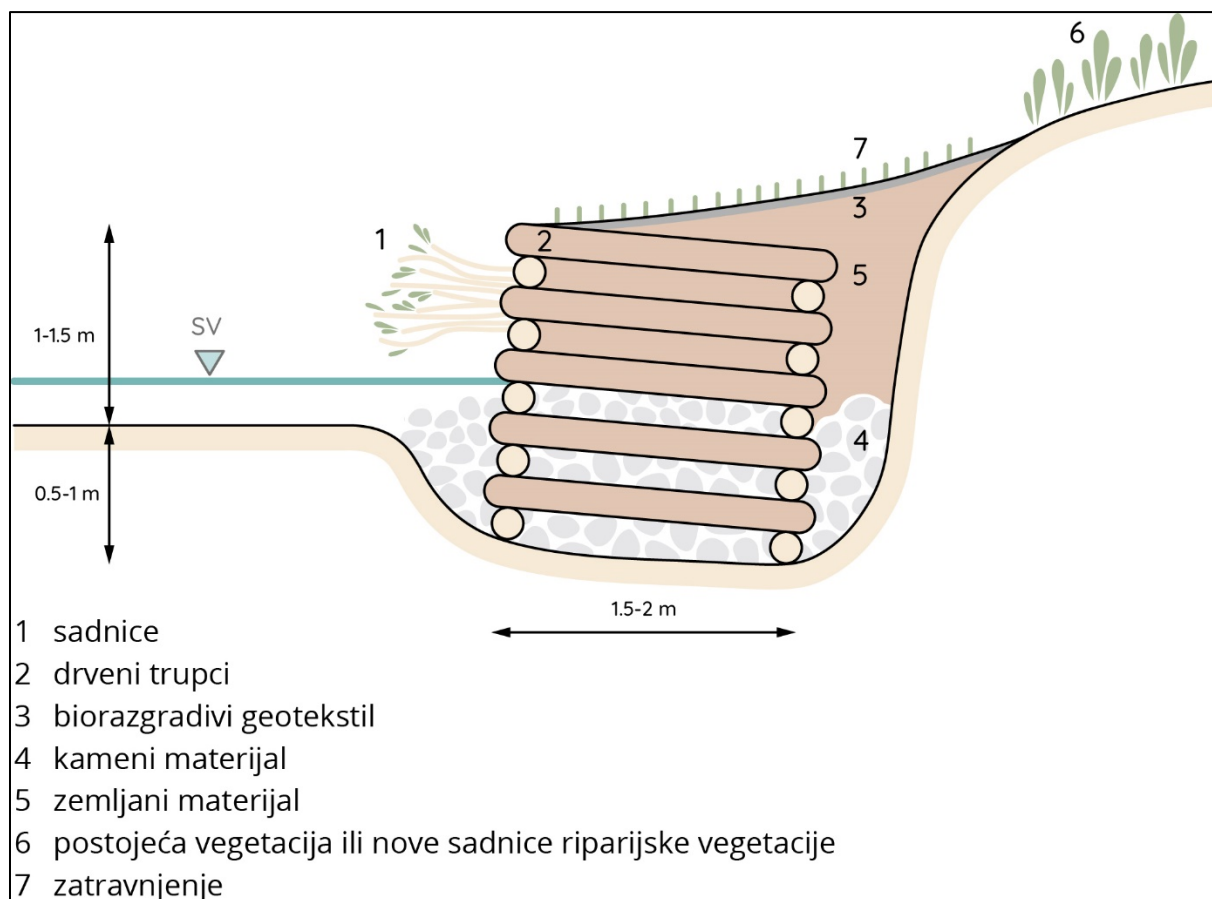


Slika 13. Pogled na obaloutvrdu (tip 2), lijevo: 2005., desno: 2012. [9]

### 1.1.2.3 Modificirana obaloutvrda tip 3

Treći tip obaloutvrde su tzv. drveni sanduci (eng. *live cribwalls*) koji se sastoje od drvenih trupaca, sadnica biljaka, zemljanog i kamenog materijala. Na slici (Slika 14) u nastavku dan je karakterističan presjek obaloutvrde tipa drvenog sanduka.

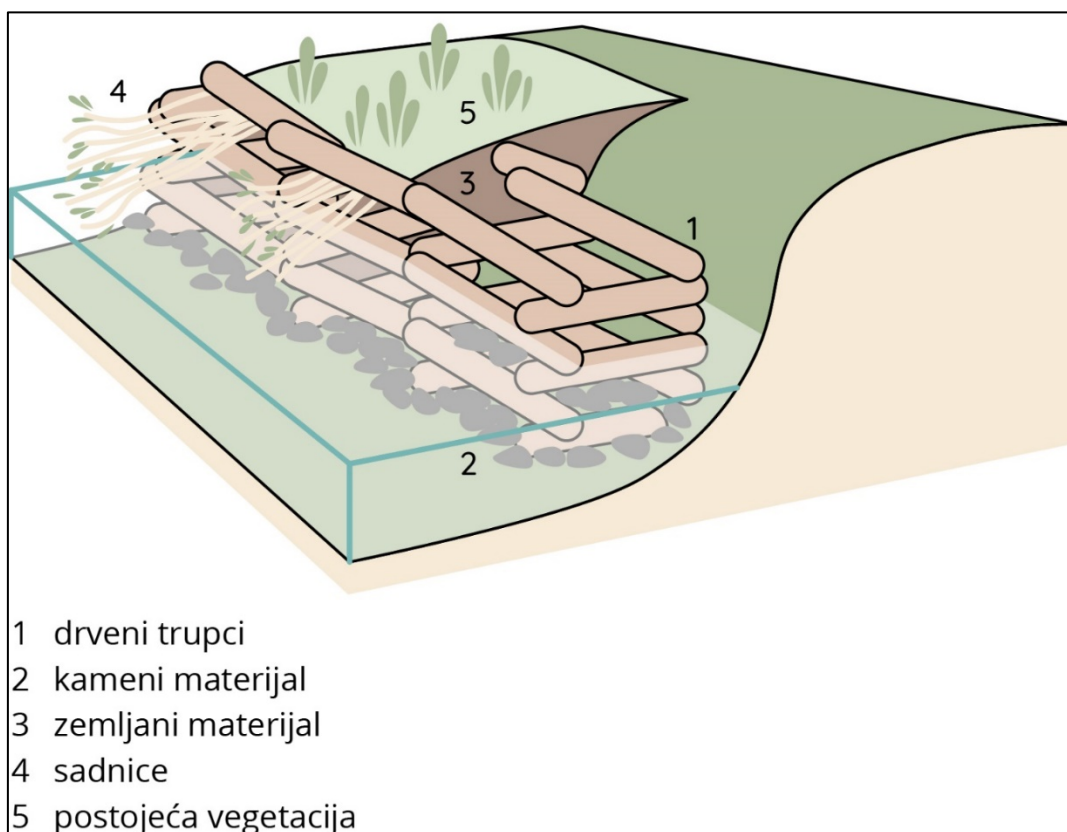




Slika 14. Karakteristični presjek modificirane obaloutvrde (tip 3) [10]

Izgradnja obaloutvrde započinje iskopom radi izgradnje temelja. Iskop treba biti dubine od 50 do 100 cm ispod kote dna vodotoka, a širine 150 do 200 cm. Iskop je nagnut od vodotoka kako bi se dodatno osigurala stabilnost konstrukcije, odnosno strana iskopa koja je dalje od vode iskopa se 15-30 cm dublje od strane bliže vodi. Drveni trupci postavljaju se okomito jedni na druge gledajući po visini. Jedan red trupaca paralelan je s vodotokom, drugi okomit na vodotok, a međusobno su razmaknuti oko 1,5 m s prepustom na obje strane od oko 10 cm. Redovi trupaca povezuju se s čeličnom žicom kako bi se dodatno stabilizirali. Maksimalna visina jednog sanduka je 2,5 m, a duljina 6 m. Na dno i ispred sanduka postavlja se sloj lomljenog kamena srednjeg promjera zrna 30-50 cm, do razine srednje vode (voda 50%-tne trajnosti). Iznad razine srednje vode postavljaju se sadnice biljaka, npr. vrbe (*Salix* sp.), okomito na vodotok, tako da je korijenje okrenuto prema obali, a rastući dio prema vodotoku. Sadnice moraju biti promjera stabljike 1,5 do 3,5 cm i dužine dovoljne da se ukorijene kroz sanduk u postojeću obalu. Iznad svakog reda sadnica, nasipava se i nabija sloj zemljanog materijala. Zemljani materijal nasipava se i na formirani drveni sanduk kao završni sloj, odnosno gornji dio pokosa obale na kojem je moguće zatravnjenje i sadnja riparijske vegetacije. Na gornji dio pokosa obale postavlja se biorazgradivi geotekstil za dodatnu stabilnost tla.

Ovaj tip obaloutvrde može se izgraditi i kao vertikalni zid, što je shematski prikazano na slici u nastavku (Slika 15), a sama izgradnja je nešto složenija jer zahtijeva puno ljudskog rada.



Slika 15. Shematski prikaz modificirane obaloutvrde (tip 3) – drveni sanduci kao vertikalni obalni zid

### 1.1.2.3.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripreme troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 5) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 5) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 5. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova



stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop podloge	m <sup>3</sup>
2.2	Ugradnja lomljenog kamenog materijala srednjeg promjera zrna 30-50 cm	m <sup>3</sup>
2.3	Nabava i postavljanje drvenih trupaca	m
2.4	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja grmlja	kom
3.2	Nabava i sijanje trave	m <sup>2</sup>

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji udio u ukupnim troškovima implementacije mjere mogu činiti troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

### 1.1.2.3.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 6) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 6) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 6. Troškovnik radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.1.2.3.3 Primjer mjere [11, 12, 13]

Primjer obaloutvrde tip 3 ugrađen je na potoku Liesingbach u Beču u Austriji. Prilikom revitalizacije potoka primijenjene su brojne bioinženjerske metode među kojima i upotreba drvenih sanduka za zaštitu obale od djelovanja vode odnosno smanjenje erozije, vraćanje potoka u doprirodno stanje i povećanje bioraznolikosti. Obaloutvrda je izgrađena na proljeće 2003. godine, a na slici u nastavku (Slika 16) prikazana je njezina izgradnja.



Slika 16. Izgradnja obaloutvrde (tip 3) [12]

Na slikama u nastavku (Slika 17, Slika 18) prikazana je obaloutvrda odmah nakon izgradnje.



**Slika 17. Obaloutvrda od drvenih sanduka odmah nakon izgradnje [12]**



**Slika 18. Obaloutvrda od drvenih sanduka odmah nakon izgradnje [13]**

Na slici u nastavku (Slika 19) prikazana je obaloutvrda dvije godine nakon izgradnje, tj. u kolovozu 2005. godine. Vidljiv je rast i razvoj drvenaste vegetacije koja stabilizira obalu i sprečava eroziju, a ujedno povećava kvalitetu staništa za životinjske vrste i regulira temperaturu vode stvaranjem sjene u potoku.



Slika 19. Obaloutvrda od drvenih sanduka, kolovoz 2005. [12]

### 1.1.3 Projektiranje mjere

Prilikom planiranja i projektiranja obaloutvrde potrebno je voditi računa o održivosti tehničkog rješenja, njegovom utjecaju na uzvodne i nizvodne dionice vodotoka kao i na objekte unutar i uz korito vodotoka. Za analizu uvjeta na lokaciji zahvata te u užoj i široj okolini, u nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za projektiranje obaloutvrde.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 7) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja obaloutvrde. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

Tablica 7. Podloge za preliminarne analize

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• povijesne karte</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• karte opasnosti i rizika od poplava</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
broj i gustoća lokalnih stanovnika
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metodska podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
uporaba poljoprivrednog zemljišta (ARKOD web preglednik)
karte plovnih putova
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o šumskim površinama
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere, potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na obali vodotoka koja se planira zaštititi izgradnjom obaloutvrde;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala i na lokacijama predviđenim za moguće odlaganje materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 8).

**Tablica 8. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području planiranog zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tijekom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Obuhvat istraživanja kao i skupine faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama šireg područja. Istraživanja će u većini slučajeva biti potrebno provesti za skupine indikatora vodenih organizama poput riba, školjkaša i rakova, kao i organizama ovisnih o vodi poput ptica, gmazova i vodozemaca. Prisutna flora i fauna direktno uvjetuje odabir tehničkog rješenja.



## Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta obaloutvrde potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 9) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

Tablica 9. Podloge potrebne za proračune

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina; obuhvatiti lokaciju zahvata i uže područje uzvodno i nizvodno od zahvata
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se gradi obaloutvrda)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 10). Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 10. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati krivulje trajanja vodostaja te maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja obaloutvrde.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>

**proračuni****hidraulički proračuni**

- izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa;
- dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja projektirane obaloutvrde na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);
- modeliranje dinamike pronosa nanosa i globalne stabilnosti korita;
- proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti obaloutvrde.

**proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti**

Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:

- stabilnost obaloutvrde – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.

U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine (obaloutvrde) provode se (ne isključivo) proračuni:

- određivanja filtarskih slojeva;
- analize stabilnosti pokosa obala;
- analiza procjeđivanja;
- stabilnost obaloutvrde na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije, hidraulički lom tla;
- globalna stabilnost temeljnog tla;
- proračun za seizmičko djelovanje;
- dimenzioniranje konstrukcije.

Rješenje obaloutvrde odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u postojećem i projektnom stanju u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidroloških postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka.

Prilikom planiranja obaloutvrde, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

### 1.1.4 Primjenjivost mjere i ograničenja

Svrha obaloutvrde je zaštita obale od erozije pa je važan korak u određivanju tehničkog rješenja detektiranje uzroka zbog kojeg dolazi do erozije. Uzroci mogu biti brojni, od ljudskih i životinjskih aktivnosti do prirodnog tečenja vode na konkavnim obalama u meandrirajućim vodotocima ili destruktivne pojave velikih voda. Shodno tome, zaštita obale može se postići ograđivanjem i zabranom pristupa obali ili izgradnjom obaloutvrde [6]. Ukoliko je jedino moguće rješenje zaštita obale od erozijskog djelovanja vode

izgradnjom obaloutvrde, potrebno je analizirati tečenja vode na kontaktu s obalom i gdje god je moguće, planirati modificirane obaloutvrde.

Bitni kriteriji za izbor vrste obaloutvrda su hidraulički utjecaji toka na kontaktu s konstrukcijom, brzina strujanja i tangencijalna naprezanja, s obzirom na to da nije moguća izvedba modificirane obaloutvrde ukoliko su brzina i erozijska snaga riječnog toka prevelike. U tablici u nastavku (Tablica 11) dane su orijentacijske vrijednosti dozvoljenih tangencijalnih naprezanja i srednjih brzina za nekoliko tipova modificiranih obaloutvrda.

**Tablica 11. Dozvoljena tangencijalna naprezanja i dozvoljene srednje brzine za različite vrste modificiranih obaloutvrda [1]**

vrsta obaloutvrde	dozvoljena tangencijalna naprezanja, $\tau_0$ [N/m <sup>2</sup> ]	dozvoljena brzina v [m/s] pri srednjoj dubini toka [m]		
		tip 1	tip 2	tip 3
pleter sa šljunčanom ispunom	15	-	-	-
busen	20	0,80	1,0	1,1
fašine	70	3,0	3,5	-
fašinski jastuk (madrac) debljine 50 cm	7-150	3,0	3,5	4,0

Vrijednost brzine toka i tangencijalnog naprezanja na kontaktu s obaloutvrdom uvelike ovise o hrapavosti korita. Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi dna i stanju obraštenosti korita, a opisuje se koeficijentom hrapavosti. Povećanjem koeficijenta hrapavosti smanjuje se brzina tečenja i protok vodotoka, ali povisuje vodno lice, stoga je veoma važno dobro analizirati podloge i kritički pristupiti projektiranju i odabiru obaloutvrde, kako odabrano tehničko rješenje nakon potpunog rasta i razvoja riparijske vegetacije ne bi prouzročilo smanjenje protočnosti korita i poplave.

Iz tablice u nastavku (Tablica 12) vidljivo je da je koeficijent hrapavosti najmanji za zemljana korita izrađena u glinasto-pjeskovitom tlu prekrivena čistim pijeskom u sredini i sitnim muljem bliže pokosima, a najveći za korita obrasla vrbom (*Salix* sp.) i topolom (*Populus* sp.). Iz navedenog proizlazi da glatka korita bez vegetacije povećavaju brzinu toka, pritom povećavajući erozijske procese i pronos nanosa, a prirodna korita obrasla riparijskom vegetacijom usporavaju tečenje i erozijsku snagu vode. Stoga, gdje god je to primjenjivo, preporuča se zaštita obala izgradnjom modificiranih obaloutvrda uz razvoj vegetacije. Međutim, rastom vegetacije može doći do značajnog smanjenja protočnog profila korita vodotoka pa je odabir biljnih vrsta potrebno uskladiti s veličinom, odnosno širinom korita i ukoliko je potrebno, redovito provoditi održavanje vegetacije rezidbom.

**Tablica 12. Manningov koeficijent hrapavosti u funkciji stanja korita vodotoka [2]**

Manningov koeficijent hrapavosti, n [m <sup>-1/3</sup> /s]	stanje korita
0,018	Zemljano korito izrađeno u glinasto-pjeskovitom tlu (ilovasto tlo), prekriveno čistim pijeskom u sredini i sitnim muljem bliže pokosima
0,020	Kanal za navodnjavanje u zaglađenom debelom sloju pijeska

Manningov koeficijent hrapavosti, $n$ [ $m^{-1/3}/s$ ]	stanje korita
0,024	Korito u glinasto-pjeskovitom materijalu, glatkog i tvrdog materijala
0,024	Korito kanala obloženo po dnu i pokosima nelomljenim neobrađenim kamenom; dno potpuno nepravilno sa razasutim slobodnim oblucima
0,026	Korito zasječeno u kosini brda. Pokos orijentiran uz brdo obrašten (ukorijenjen) vrbama ( <i>Salix</i> sp.), a onaj orijentiran niz brdo izveden je betonskim zidom, dno prekriveno grubim šljunkom.
0,028	Korito s dnom od oblutaka s nedostatkom mulja ili prevelikom brzinom toka koja stvara ispranu glatku površinu.
0,029	Zemljano korito koje se nalazi u aluvijalnom muljevitoj tlu s nataloženim pijeskom na dnu i raslinjem trave
0,030	Korito obloženo velikim kamenim oblucima
0,035	Prirodno korito, nepravilnih pokosa obala, prilično jednolikog, čistog i pravilnog dna, u djelomično sivoj zamuljenoj glini do žutosmeđeg ilovastog tla, s malim promjenama po profilu
0,040	Korito usječeno u stijenu, dobiveno miniranjem
0,040	Korito kanala u glini i pjeskovitoj ilovači; nepravilnih pokosa obala, dna i profila; travnati pokosi
0,045	Jaružasto korito, nepravilnog dna i pokosa; crne mekane gline na površini i žute gline na dnu; s malim mladicama i šibljem po pokosu; s povremenim promjenama po profilu
0,050	Jaružasto korito, nepravilnog dna i pokosa; u tamno obojenoj mekanj glini; obraslo korovom i travom ( <i>Poaceae</i> sp.); promjenjivog profila s obzirom na veličinu
0,060	Korito u teškoj muljevitoj glini; nepravilnog dna i pokosa; praktički u cijelosti obraslo velikim drvećem (vrbom ( <i>Salix</i> sp.) i topolom ( <i>Populus</i> sp.)); ujednačenog profila

Ograničenja i primjenjivost bioloških elemenata u izgradnji obaloutvrda, a time i tehničkog rješenja modificirane obaloutvrde ovisi i o geomorfologiji samog vodotoka budući da različiti tipovi vodotoka različito reagiraju na inženjerske intervencije u koritu. Vodotoci s lutajućim, isprepletenim koritom posebno su osjetljivi na promjenu hidrološkog režima i režima pronosa nanosa uzrokovanih izgradnjom vodnih građevina. Primjerice, umjetno sužavanje korita takvih vodotoka može dovesti do pojačane erozije dna koja rezultira produbljenjem korita, povećanim pronosom nanosa nizvodno i povećanjem nestabilnosti obala, pa kod takvih vodotoka nije preporučeno utvrđivanje obala izgradnjom obaloutvrde. Nadalje, meandrirajući vodotoci s malim uzdužnim padom dna korita također pripadaju skupini vodotoka s lutajućim koritom, međutim horizontalni pomaci korita su manji i odvijaju se kroz duži vremenski period nego kod vodotoka s isprepletenim koritom te se javljaju na konkavnim (vanjskim) obalama vodotoka. Na takvim vodotocima nije dovoljna stabilizacija samo sadnjom vegetacije jer postoji opasnost od daljnje erozije i podlokavanja nožice obale te gubitka stabilnosti ili zatrpavanja nožice uslijed taloženja sedimenta. U takvim slučajevima nužno je koristiti građevni materijal poput kamena za stabilizaciju nožice. Kod odabira biljnih vrsta za zaštitu pokosa potrebno je odabrati biljne vrste koje toleriraju sedimentaciju [6].

Prema dostupnoj literaturi, u tablici u nastavku (Tablica 13) dane su okvirne vrijednosti određenih parametara koji ograničavaju implementaciju bioloških elemenata prilikom izgradnje modificirane obaloutvrde.

Tablica 13. Granične vrijednosti projektnih parametara za implementaciju bioloških elemenata prilikom izgradnje modificiranih obaloutvrda [6]

biološki element	maksimalna brzina tečenja u vodotoku [m/s]	maksimalni nagib pokosa obale [°]	trajnost biološkog elementa [godina]
vodene biljke*	2,4	34	∞
valjci od kokosovih vlakana	1,8	34	6-10
fašine**	2,0	45	30->100
živo kolje	1,5	45	40->100
sadnice	2,4	34	∞
pleter	2,5	84	40->100
drvena građa	3,0	90	5-15
*za visinu obale < 1,5 m **otpornije su žive fašine			

Primjenjivost mjere ovisi i o načinu korištenja prostora uz vodotok. Naime, potrebno je posebno ispitati mogućnost primjene, funkcionalnost i stabilnost modificirane obaloutvrde na obalama vodotoka s velikom erozijskom snagom vode koji prolazi uz izgrađeni dio naselja, prometnu i drugu infrastrukturu, vrijedna poljoprivredna područja i druga slična područja, jer bi eventualni gubitak stabilnosti obaloutvrde mogao uzrokovati intenzivne erozijske procese i time veliku materijalnu štetu pa i ugrozu ljudskih života. Samim time modificirane obaloutvrde su primjenjivije na vodotocima uz koji se neposredno ne nalazi vrijedna infrastruktura i koji su lateralno povezani s pripadnim poplavnim područjem i dozvoljavaju njegovo plavljenje.

Provedba izgradnje modificirane obaloutvrde kao moguće prateće mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.1.5 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 14 do Tablica 16) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja modificirane obaloutvrde.

Tablica 14. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Nanos koji sudjeluje u formiranju korita čine krute tvari u tekućoj vodi koje se kreću stalno ili povremeno s vodom, a nastaju erozijskim djelovanjima vode na korito vodotoka. Nanos je jedan od ključnih elemenata u formiranju korita vodotoka (dvije su vrste koritiformirajućeg nanosa: vučeni i suspendirani ili lebdeći nanos) i stvaranju bitnih staništa za pojedine organizme – sprudova, međutim u slučajevima u kojima dolazi do intenzivnog procesa erozije i urušavanja obala ili nastanka



hidrološki projektni parametar	opis
	prevelikih količina nanosa koji se taloži na neželjenim mjestima u koritu nizvodno, potrebno je zaštititi obalu. Slijedom navedenog, za odabir najprikladnijeg tipa obaloutvrde važan projektni parametar su informacije o količini i vrsti nanosa zbog shvaćanja procesa erozije i sedimentacije unutar vodotoka i određivanja željenih uvjeta.
led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj. Kod ledostaja se javlja statičko opterećenje na konstrukciju obaloutvrde, a kod ledohoda dolazi do dinamičkih udara ledenih santi koje mogu oštetiti građevinu ili uzrokovati abraziju [2]. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi tehničko rješenje obaloutvrde bilo u skladu s prirodnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata. Kod planiranja modificiranih obaloutvrda najčešće je potrebno definirati razinu male (voda 95%-tne trajnosti) i srednje vode (voda 50%-tne trajnosti) zbog formiranja nožice obaloutvrde i sadnje biljaka. Zaštita nožice najčešće se postiže ugradnjom lomljenog kamenja srednjeg promjera zrna 30-50 cm do razine male ili srednje vode. Ovisnost i ograničenja kod implementacije biljnih vrsta s obzirom na razinu vodnog lica objašnjena su u prethodnim podpoglavljima modificirane obaloutvrde. Izgradnja modificirane obaloutvrde s omogućenim razvojem vegetacije može uzrokovati promjene u hidrološkom režimu na način da se smanjuje brzina vode i dolazi do određenog smanjenja maksimalnog protoka, ali povisuje vodno lice. Navedeni utjecaji ovise o karakteristikama vodotoka, ali su kod pojedinačne obaloutvrde u principu zanemarivi. Više obaloutvrda u nizu većih duljina može uzrokovati određene značajnije kumulativne utjecaje pa je odabir tipa obaloutvrde veoma važan kako ne bi došlo do povećanja opasnosti od poplava.
hidrološki režim podzemnih voda	Prilikom dugotrajne velike vode dolazi do izjednačavanja razine podzemne vode s razinom vode u vodotoku. Nakon naglog sniženja vodostaja u vodotoku pojavit će se strujanje vode iz zaobalja prema koritu vodotoka. Ako je to strujanje velikog intenziteta može doći do razvoja mehanizama rušenja obala poput hidrauličkog loma tla [2]. Iz tog razloga podaci o razinama podzemne vode predstavljaju važan projektni parametar kod projektiranja obaloutvrda.
opasnost od poplava na širem području implementacije mjere	Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje se izrađuju temeljem dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja, a koje prikazuju poplavne površine i dubinu vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere na smanjenje opasnosti od poplava, poplavne su površine i dubina poplavne vode te propagacija vodnog vala.

**Tablica 15. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
kapacitet korita	Parametar o kojem ovisi transportna moć vodenog toka. Do promjene kapaciteta dolazi uslijed promjena poprečnog profila i hrapavosti korita. Primjerice, povećanje hrapavosti obala rastom vegetacije uzrokuje smanjenje brzine toka čime se povećava visina vodnog lica i posljedično smanjuje kapacitet za prihvatanje dodatne vode tijekom poplavnih događaja. Budući da modificirane obaloutvrde uključuju vegetaciju, potrebno je odabrati rješenje kojim se ne smanjuje značajno kapacitet korita kako ne bi došlo do suprotnih efekata od željenih, odnosno do povećanja umjesto smanjenja opasnosti od poplava.

hidraulički projektni parametar	opis
erodibilnost korita	Važan parametar koji ovisi o pronosu nanosa i erozijskoj snazi vode, a utječe na lokalnu ili globalnu nestabilnost korita vodotoka. Izgradnjom obaloutvrde dolazi do smanjenja brzine tečenja i intenziteta fluvijalne erozije čime se pozitivno utječe na povećanje stabilnosti i smanjenje erodibilnosti korita.
hrapavost korita	Hrapavost korita je hidraulička karakteristika koja ovisi o materijalu, formi dna i stanju obraštenosti korita, a opisuje se Manningovim koeficijentom hrapavosti. Povećanjem koeficijenta hrapavosti smanjuje se brzina tečenja i protok vode, ali se povisuje vodno lice pa je izbor koeficijenta hrapavosti jedan od ključnih parametara za uspješno funkcioniranje mjere u obrani od poplava. Ciljana vrijednost hrapavosti korita, tj. odabir materijala i vegetacije za izgradnju obaloutvrde određuje se prema oblikovnim i konstruktivnim te hidrološkim parametrima vodotoka, pri čemu se u obzir uzimaju i ekološke karakteristike vodotoka.
vjetrovni valovi	Opterećenje pokosa obala vjetrovnim valovima može uzrokovati lokalnu eroziju velikog intenziteta bez obzira na ograničenje privjetrišta [2]. Za smanjenje opterećenja, odnosno za disipaciju vjetrovnih valova koristi se vegetacija implementirana tijekom izgradnje modificirane obaloutvrde.

Tablica 16. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
nagib pokosa obala	Nagib pokosa obala ovisi o odabranom rješenju obaloutvrde, no najčešće se kod zaštite obala biološkim vodogradnjama radi o kosim konstrukcijama. Nagib je bitan parametar koji determinira prisutnost biljnih i životinjskih zajednica te ga je potrebno uskladiti s ekološkim ciljevima implementacije mjere. Odnosno, tehničko rješenje mora omogućiti ulazak i izlazak iz vode fauni koja je prisutna na lokaciji zahvata.
obloga	Obloga je konstruktivni element obaloutvrde koji štiti konstrukciju od izravnih erozijskih sila vode (strujanje, valovi), treba biti vodopropusna i fleksibilna [2]. Neovisno od kojeg materijala je napravljena, njezinu ulogu najčešće pospješuje vegetacija koja se sadi prilikom izgradnje modificirane obaloutvrde te služi za disipaciju valova i sprječavanje njihove refleksije koja može uzrokovati oštećenje na nasuprotnim obalama.
posteljica	Posteljica je konstruktivni element obaloutvrde koji ima ulogu filtracije, dreniranja, zaštite od ispiranja čestica tla tokom paralelno s pokosom, izravnavanja i odvajanja konstrukcije od temeljnog tla, sekundarna zaštita u slučaju oštećenja dijela obloge i disipaciju energije unutrašnjeg toka vode [2]. U slučaju modificirane obaloutvrde posteljica se, neovisno o materijalu od kojeg je napravljena, stabilizira i "armira" uz pomoć korijenskog sustava biljnih vrsta koje se implementiraju pa je potrebno odabrati vrste s čvrstim i razgranatim korijenskim sustavom.
nožica	Prilikom projektiranja modificirane obaloutvrde, kao i u slučaju klasične obaloutvrde, posebnu pažnju treba posvetiti zaštiti nožice kako bi se spriječilo podlokavanje konstrukcije i posljedično gubitak lokalne ili globalne stabilnosti. Za zaštitu nožice najčešće se primjenjuju lomljeni kameni materijal srednjeg promjera zrna 30-50 cm koji se postavlja do razine srednje vode (voda 50%-tne trajnosti).
biološki materijal	Biološki materijal i njihovu količinu, vrstu, gustoću i održavanje, potrebno je prilagoditi željenim rezultatima izgradnje obaloutvrde u vidu stabilnosti građevine i hidrološkim karakteristikama vodotoka. Ukoliko je moguće, preporuča se korištenje materijala iz nalazišta na lokaciji zahvata, kao i biološkog materijala poput vrbovog pruča ( <i>Salix</i> sp.) dobivenog čišćenjem lokacije.

### 1.1.6 Ekološki aspekti mjere

Kao što je već navedeno, izgradnja modificiranih rješenja obaloutvrda nikako ne predstavlja okolišno poželjna rješenja koja je moguće neograničeno primjenjivati, nego se radi o okolišno prihvatljivijim rješenjima u odnosu na klasične obaloutvrde. Naglasak kod planiranja rješenja mora biti na omogućavanju razvoja riparijske vegetacije, koja uz povećanje „prirodnosti“ vodotoka doprinosi i glavnoj funkciji građevine a to je stabilizacija obale i zaustavljanje erozije. Kod odabira biljnih vrsta koje se će razvijati na obaloutvrđi treba odabrati autohtone koje se prirodno pojavljuju na vodotoku gdje se planira izgradnja.

Prilikom sadnje biljnih vrsta potrebno je obratiti pozornost na njihov položaj u odnosu na razine vodnog lica u vodotoku zbog činjenice da pojedine vrste ne mogu biti cijelo vrijeme izložene vodi. Hidrofilne vrste koje se implementiraju u obaloutvrdu mogu biti pod stalnom vodenom površinom, no ne mogu vrste poput vrbe (*Salix* sp.), a često se koriste kod izgradnje modificiranih obaloutvrda. Prizemno rašće i vrbe (*Salix* sp.) su grmolike biljke koje rastu u priobalnom i poplavnom području, ali nisu vodene već koprnene biljke, tako da se sade iznad razine vode. Iako nisu vodene biljke, povremeno plavljenje i boravak pod vodom ne stvara im problem već potiče rast. Slijedom navedenog, odabir biljnih vrsta ovisi o hidrološkom režimu tečenja i varijabilnosti vodnog lica budući da različite vrste različito reagiraju na sušne periode ili dulje periode pod vodom [6].

### 1.1.7 Održavanje obaloutvrde

Kako bi se održala funkcionalnost obaloutvrde u pogledu zaštite obale od erozije te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, neophodno je redovito provoditi praćenje stanja. Praćenje stanja uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i taloženje nanosa) te eventualnu identifikaciju kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji od željenih, odnosno projektiranih, kao i provjeru stabilnosti. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projekta. U početnom periodu formiranja vegetacije nakon izgradnje obaloutvrde praćenje stanja je potrebno provoditi češće. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja i direktno ovisi o karakteristikama projekta, a najčešće uključuje brigu o vegetaciji, odnosno košnju, rezidbu i orezivanje vegetacije. Preporuča se košnja trave tri puta godišnje, rezidba drveća i orezivanje grmlja jednom godišnje kako ne bi došlo do prevelikog rasta i širenja vegetacije u korito vodotoka, što bi rezultiralo smanjenjem protočnog profila i povišenjem vodnog lica vodotoka.

Izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete, što može uključivati dodatnu stabilizaciju obale na kojoj dolazi do erozije intenzivnije od željene, odnosno projektirane.

Unošenje ovih pratećih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja

njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.1.8 Koristi od implementacije mjera

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

#### 1.1.8.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 17) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 17. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje erozije	Izgradnjom modificiranih obaloutvrda zaustavlja se bočna erozija. Navedena korist jednaka je kao i u slučaju izgradnje klasičnih obaloutvrda. Dodatna korist do koje može dovesti izgradnja modificirane obaloutvrde je smanjenje brzine i snage vode zbog hrapavosti modificirane obaloutvrde, čime može doći do smanjenja erozije nizvodno i pratećih problema.

korist	pojašnjenje
zmanjenje brzine toka	Putem korijenja i krošnji, riparijska vegetacija povećava hrapavost obalnih strana korita i na taj način uzrokuje usporavanje toka što je izraženije tijekom poplavnih događaja.
povećanje evapotranspiracije	Riparijska vegetacija povećava evapotranspiraciju u odnosu na golo tlo i većinu poljoprivrednih kultura. Transpiracija je povećana kod raznolikije i više vegetacije.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	Zbog relativno male površine u slivu i visoke razine vodnog lica u blizini vodotoka, riparijska vegetacija ima relativno mali učinak na infiltraciju vode u podzemlje. U odnosu na klasična rješenja, veza između površinske i podzemne vode je unaprijeđena zbog veće propusnosti zemljanog materijala s vegetacijom od betona i sličnih materijala korištenih kod klasičnih obaloutvrda.
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	Vegetacijski pokrivač unaprijeđuje infiltracijski i retencijski kapacitet tla za zadržavanje vode dospjele površinskim otjecanjem u odnosu na poljoprivredna i druga tla. Ipak, zbog male dubine vodnog lica, taj kapacitet nije moguće značajnije povećati.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove prateće mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.1.8.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 18) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [14, 15], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.



Tablica 18. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj zbog primjene biološkog materijala i omogućavanja rasta riparijske vegetacije čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođenija.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	U odnosu na hidromorfološke elemente razlike između klasičnih i modificiranih rješenja su male. Riparijska vegetacija putem stabljika, korijenja i krošnji povećava hrapavost obalnih strana čime smanjuje brzinu toka i stabilizira obale povećavajući njihovu otpornost na eroziju. Biološki debris i sustav korijenja povoljno djeluju na pedogenezu kojom se povećava veza između površinskih i podzemnih voda.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Krošnje smanjuju izloženost vodotoka dnevnim fluktuacijama temperature vode. Biološki debris i filtrirani nanos iz površinskog otjecanja povećavaju količinu hranjivih tvari u vodnom tijelu. Vodena flora također unaprjeđuje režim kisika. Riparijska vegetacija značajan je filter onečišćujućih tvari koje se površinskim otjecanjem pronose s okolnih površina u vodna tijela.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [16].

Budući da se implementacijom modificiranog rješenja ne očekuju značajniji utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, ne očekuje se niti značajno smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.1.8.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 19) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [17, 18], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 19. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbe biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere zaustavlja se erozija obale koja može ugrožavati kopnena područja koja se koriste za uzgoj biljaka ili životinja.
1.1.3. kultivirane kopnene životinje za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj zbog primjene biološkog materijala i omogućavanja rasta riparijske vegetacije čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođenija.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Zamjenom klasičnih građevinskih materijala kao što su armirani beton i kameni nabačaj vegetacijom, povećava se sposobnost tla i pokrova za apsorpcijom, filtriranjem, pročišćavanjem i transformiranjem onečišćenja i onečišćujućih tvari.

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Mjerom se zaustavlja bočna erozija na lokaciji zahvata.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj zbog primjene biološkog materijala i omogućavanja rasta riparijske vegetacije čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođenija.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Razvojem riparijske vegetacije na obalama vodotoka povećava se „prirodnost“ vodotoka a time i vrijednost svih kulturoloških biotičkih usluga ekosustava.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

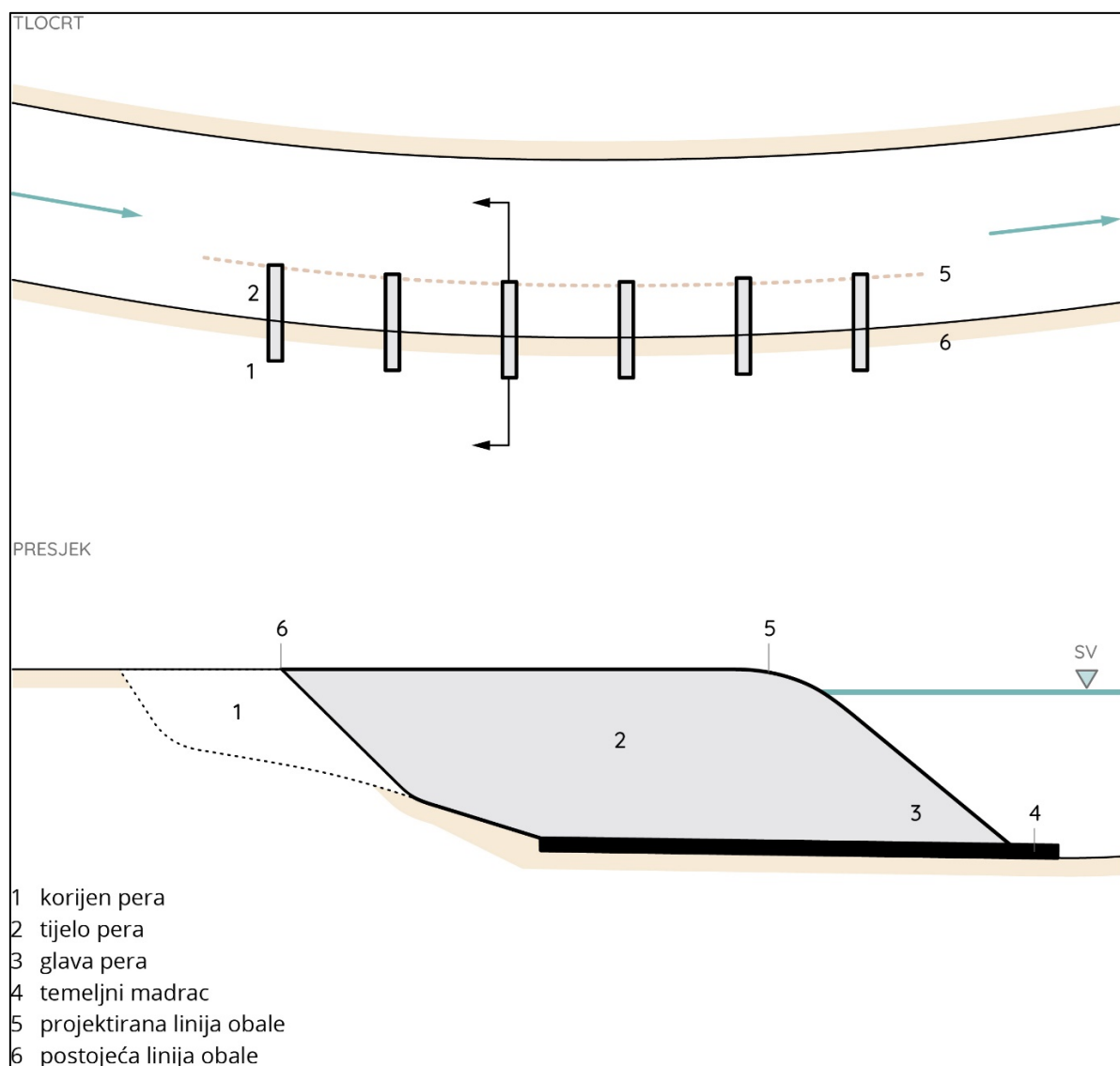
#### **1.1.9 Literatura i poveznice na druge dokumente**

- [1] Vuković, Ž. (1995): *Osnove hidrotehnike*, 1. dio, 2. knjiga
- [2] Kuspilić, N. (2009): *Regulacije vodotoka*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [3] Kuspilić, N., Ocvirk, E. (2016): *Hidrotehničke građevine*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [4] Vita projekt d.o.o. (2020): *Glavna ocjena prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu: Izrada obaloutvrde na rijeci Dravi kod naselja Otočka na lijevoj obali u rkm 216,5*
- [5] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [6] *Green approaches in river engineering – supporting implementation of Green infrastructure*, UK Natural Environment Research Council (NERC), HR Wallingford Ltd, 2017

- [7] *Revetment Techniques Used on the River Skerne Restoration Project*, The River Restoration Centre, Environment Agency, 1998.
- [8] *Manual of River Restoration Techniques: Revetting and Supporting River Banks*, 4th edition, The River Restoration Centre, 2021.
- [9] *Manual of River Restoration Techniques: Brushwood mattress bank stabilisation on a tidal river*, 4th edition, The River Restoration Centre, 2021.
- [10] Therrell, L., Cole, D., Claassen, V., Ryan, C., Davies, M. A. (2006): *Wilderness and Backcountry Site Restoration Guide*, Technology & Development Program, United States Department of Agriculture
- [11] Renaturalizacija vodotoka potoka Liesingbach u Beču, *Ekovjesnik – portal za održivi razvoj i uspješnu zajednicu*, 2020.,  
<https://www.ekovjesnik.hr/clanak/2995/renaturalizacija-vodotoka-potoka-liesingbach-u-becu>
- [12] *Umsetzung eines Flussbauprojektes im städtischen Umfeld am Beispiel Liesingbach*, prezentacija, projekt Life
- [13] Uređenje obala u svrhu zaštite od erozije, *Hrvatska vodoprivreda*, broj 222, siječanj/ožujak 2018.
- [14] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [15] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [16] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [17] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [18] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

## 1.2 Regulacijska pera

Regulacijska pera su poprečne građevine u koritu vodotoka kojima se linija obale pomiče u korito. Uglavnom se izvode na obalama vodotoka do razine srednje vode na način da se od postojeće obale do trase buduće obale djelomično prepriječi protočni profil korita nekom konstrukcijom [1, 2, 3]. Na slikama u nastavku dan je shematski tlocrt i poprečni presjek regulacijskog pera (Slika 20) te prikaz regulacijskih pera na rijeci Dravi u Hrvatskoj kod Gabajeve Grede (Slika 21).



Slika 20. Shematski prikaz regulacijskih pera

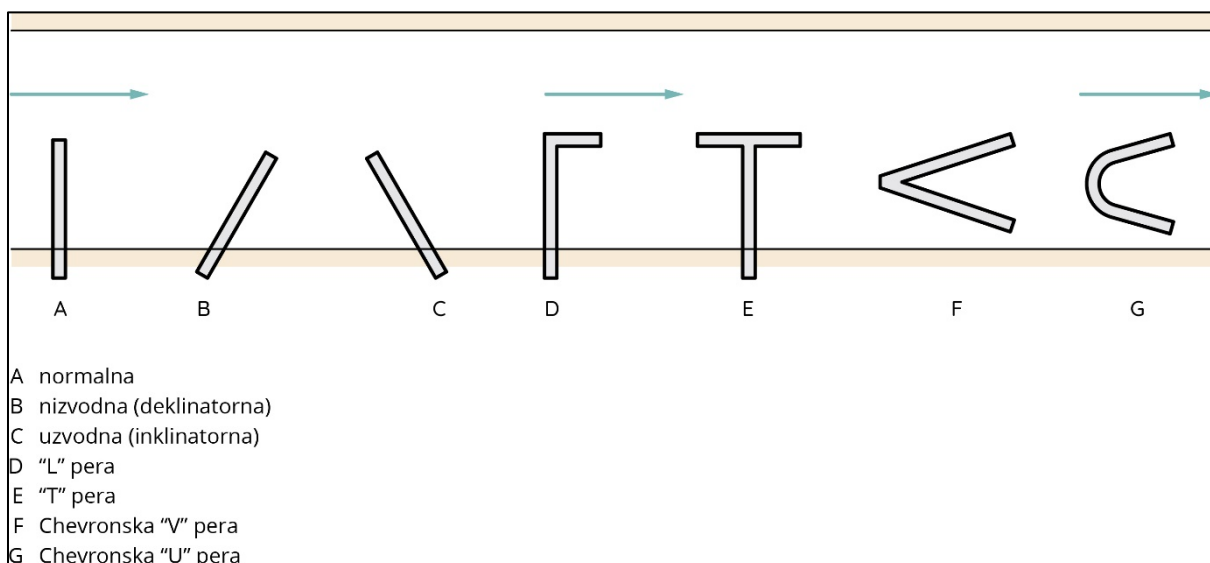




Slika 21. Regulacijska pera na rijeci Dravi u Hrvatskoj kod Gabajeve Grede, 1:5.000 (DOF)

Funkcije regulacijskih pera su suženje i produbljenje korita vodotoka uslijed povećanja brzine tečenja, sprječavanje širenja erozije obale na način da se obala premješta u korito, a matica (spojnica točaka najvećih brzina u sukcesivnim poprečnim profilima) pomiče prema sredini vodotoka, dok se cirkulacijsko strujanje i taloženje sedimenta odvija na prostoru između pera [1, 2, 3].

U odnosu na smjer tečenja, pera se dijele na okomita (normalna) pera pod kutom od  $90^\circ$ , uzvodna (inklinatorna) pera okrenuta prema toku i nizvodna (deklinatorna) pera okrenuta od toka. Uzvodna pera ubrzavaju zasipavanje i najefikasnija su u formiranju nove obale, ali više remete strujnu sliku, dok su nizvodna pera manje učinkovita, ali i manje utječu na vodni tok jer se nova obala relativno sporo formira [1, 2]. Kao takva, regulacijska pera su dana u *Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu* [22] gdje spadaju u domenu „sive“ infrastrukture. Dodatno su razvijeni posebni tipovi regulacijskih pera kako bi se izbjegle neželjene posljedice klasičnih pera: T, L i Chevronska pera. Pera tlocrtnog oblika slova T i L su kombinacija klasičnih pera i paralelnih građevina [2], a Chevronska pera je pera tlocrtnog oblika slova V ili U s vrhom orijentiranim uzvodno te nije ukorijenjeno u obalu. Chevronska pera dopuštaju strujanje i u području između pera i bliže obale, a funkcija im je lokalno povećanje brzine toka i preusmjeravanje toka prema središtu vodotoka [4]. Na slici u nastavku (Slika 22) prikazane su vrste pera s obzirom na tlocrtni oblik.



**Slika 22. Vrste regulacijskih pera**

Kako bi se postiglo taloženje nanosa na poljima između pera, regulacijska pera se planiraju i grade u skupinama kao sustavi. Kao pojedinačne građevine mogu izazvati negativan učinak poput lokalne erozije pa nije preporučena izvedba pojedinačnih pera. Prilikom izgradnje, najprije se izvodi najuzvodnije pero kako bi se ostvarili povoljni hidraulički uvjeti za gradnju nizvodnih pera [1].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

### 1.2.1 Negativni utjecaji klasičnih pera i moguća poboljšanja

Izgradnjom pera dolazi do negativnog utjecaja na hidromorfološke procese vodotoka uslijed suženja korita, utvrđivanja nove obale koja nije podložna fluvijalnim procesima (prvenstveno eroziji) i posljedično produbljivanja korita. Navedeni utjecaji negativno se odražavaju na ocjenu stanja vodnog tijela, ali i na bioraznolikost vodotoka zbog promjena i ujednačavanja stanišnih uvjeta, što negativno utječe na sve vodene organizme i na sve o vodi ovisne vrste i staništa. Slijedom navedenog, negativni utjecaji na bioraznolikost i stanje vodnog tijela do kojih može doći izgradnjom pera, a koji su povezani s uslugama ekosustava su sljedeći:

- degradacija staništa ili potpuni gubitak staništa za biljne i životinjske vrste zbog uklanjanja vegetacije i postavljanja konstrukcije;
- omogućavanje širenja invazivnih vrsta (biljaka i životinja), kojima pogoduju antropogeno utjecana (degradirana) staništa i materijal korišten za izgradnju pera;

- hidrološke i hidromorfološke promjene vodotoka (sužavanje i produbljivanje protočnog profila vodotoka i promjena strujne slike, pojava poprečnih cirkulacijskih strujanja u koritu vodotoka);
- stvaranje djelomične barijere kretanju vodenih organizama.

Hoće li do navedenih utjecaja doći te koja će biti njihova značajnost ovisi o:

- bioraznolikosti vodotoka i okolnog područja izgradnje regulacijskog pera;
- hidrološkim i hidromorfološkim karakteristikama vodotoka;
- dimenzijama regulacijskog pera;
- tehničkom rješenju regulacijskog pera.

Tehnička rješenja kojima se mogu ublažiti prethodno navedeni negativni utjecaji uključuju:

- izgradnju pera korištenjem biološkog materijala;
- izgradnju pera bez ukorjenjivanja u obalu;
- stabilizaciju obale izgradnjom modificirane obaloutvrde i sadnjom riparijske vegetacije, ukoliko se grade pera koja se ukorjenjuju u obalu.

### 1.2.2 Tehnički opis modificiranih regulacijskih pera

Glavne razlike između klasičnih i modificiranih regulacijskih pera odnose se na konstrukcijske elemente i materijal te tlocrtni oblik tehničkog rješenja. Klasična pera najčešće se izvode u obliku nasipa od lomljenog kamena uslijed čega dolazi do degradacije vodenih staništa. Iz tog razloga, gdje god je moguće s obzirom na uvjete tečenja u vodotoku, poželjna je primjena bioloških materijala koji oponašaju prirodne stanišne uvjete u vodotoku, a da pritom ne mijenjaju osnovnu funkciju regulacijskih pera. U odnosu na klasična pera, modificirana pera primjenom bioloških materijala poput posječenih stabala, drvenih trupaca, kolja i fašina omogućuju bolje uvjete za razvoj i rast vodenih i riparijskih biljnih vrsta na prostoru između pera na kojem dolazi do taloženja nanosa, a time i razvoj staništa za biljne i životinjske vrste. Primjena bioloških materijala generalno pozitivno utječe na biološku i morfološku raznolikost vodotoka.

Nadalje, ekološki prihvatljivija rješenja regulacijskih pera mogu biti i već postojeća rješenja nastala promjenom geometrije i tlocrtnog oblika klasičnih pera, poput Chevronske pera. Za vrijeme velikih voda dolazi do prelijevanja preko krune pera i erozijskog djelovanja neposredno nizvodno od pera, što rezultira stvaranjem dubljih mikrozona čime se povećava morfološka raznolikost vodenih staništa i pogodnost staništa za vodene životinjske vrste. Nadalje, Chevronska pera nisu ukorijenjena u obalu pa dopuštaju strujanje i u području između pera i bliže obale te na taj način ne predstavljaju prepreku za kretanje vodenih organizama, a ujedno i smanjuju sedimentaciju u području pera u odnosu na pera ukorijenjena u obalu [4, 5, 6, 7, 8]. S obzirom na namjenu, dijele se na pera za održavanje plovni putova u vodotoku (eng. *Chevron dikes*) te na pera za zaštitu riječnih ada od erozije (eng. *Blunt nose chevrons*) [9]. Učinak Chevronske pera za održavanje plovni putova u vodotoku je smanjenje potrebe za jaružanjem dna vodotoka, skupom i ekološki štetnom metodom uklanjanja istaloženog sedimenta iz korita plovni putova. Nadalje, takva pera usmjeravaju sedimentaciju u zone taloženja koje su izvan središnjeg dijela korita

vodotoka, odnosno na rubne dijelove korita ili omogućuju taloženje neposredno uz tijelo pera [6]. Istraživanja su pokazala [9] da Chevronska pera izgrađena za zaštitu riječnih ada, osim uspješne zaštite, pozitivno utječu i na povećanje raznolikosti flore i faune uz konstrukciju pera. Naime, monitoring proveden u periodu od 8 godina pokazao je veliku prisutnost mlađih ribljih jedinki u umirujućim bazenima neposredno nizvodno od pera, kolonizaciju biljnih vrsta na tijelu te povremeno zadržavanje ptica močvarica na kruni pera.

Na slici u nastavku (Slika 23) dan je prikaz Chevronske pera za održavanje plovnih putova (lijevo) i zaštitu riječnih ada od erozije (desno) na rijeci Mississippi u Sjevernoj Americi.



**Slika 23. Chevronska pera za održavanje plovnih putova (lijevo) i zaštitu riječnih ada od erozije (desno) [9]**

Chevronska pera za održavanje plovnih putova razmotrena su i kao rješenje na ušću Drave radi poboljšanja plovnosti rijeke Dunav u Hrvatskoj [4]. Budući da ušće rijeke Drave u Dunav karakteriziraju specifični morfodinamički procesi nastali kao posljedica položaja ušća na unutarnoj (konveksnoj) obali te znatno većih protoka Dunava od onih u rijeci Dravi, znanstvenim radom kvalitativno je procijenjen doprinos uređenja ušća rijeke Drave u svrhu ostvarivanja dugoročno stabilnog režima nanosa i omogućavanja plovidbe u uvjetima male vode te je analizirano pet varijantnih rješenja regulacijskih građevina za ostvarenje cilja, između kojih je i Chevronska pera. Izgradnjom Chevronske pera na ušću lokalno bi se povećala brzina toka. Rezultati numeričkog modeliranja su pokazali da bi se izvedbom Chevronske pera na samoj lokaciji ušća korito Drave djelomično zasipalo, a djelomično erodiralo. Nadalje, erozija je prisutna neposredno uz uzvodni rub Chevronske pera, dok se taloženje odvija na njegovom uzvodnom pokosu i obali te neposredno nizvodno od pera. U sjeni pera dolazi do erozije korita uslijed prelijevanja preko tijela pera i pojave hidrauličkog skoka. Uslijed tako izgrađenog pera, nakon ušća u Dunav matica toka Drave bi bila odbačena uz desnu obalu uslijed čega bi dolazilo do povećanja brzine i erozije korita uz obalu. Iz tog razloga, provedenom analizom je zaključeno da izgradnja pojedinačne regulacijske građevine poput Chevronske pera lokalno doprinosi održavanju tražene dubine plovnog gabarita bez značajnijeg utjecaja na režim voda i nanosa na ušću te je pojedinačnu, projektiranu regulacijsku građevinu potrebno uskladiti s postojećim građevinama.

Od ostalih mogućnosti vezanih uz klasična rješenja pera navodi se snižavanje visine pera čime se smanjuje i sedimentacija nizvodno od pera te korištenje pera položenih u

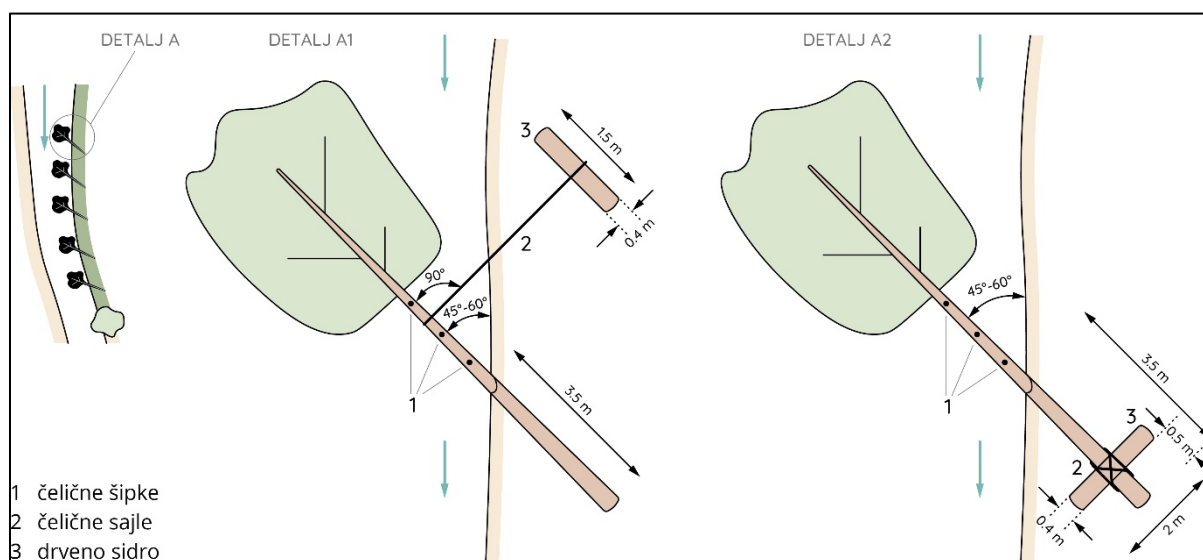


nizvodnom smjeru (deklinirajuća pera) budući da omogućuju veću dinamiku duž riječne obale [7].

### 1.2.2.1 Tehnički opis regulacijskog pera od drva

Prvi tip modificiranih regulacijskih pera su uzvodna (inklinatorna) pera u obliku cijelih stabala. Korišteni biološki materijali su stabla i drveni komadi za sidrenje, a stabla su dodatno učvršćena za obalu i korito vodotoka primjenom elemenata „sive“ infrastrukture, čeličnim šipkama i sajlama.

Pera u obliku cijelih stabla postavljaju se uzvodno (inklinatorno) pod kutom od 45-60° od obale. Duljina pera, odnosno stabala u koritu iznosi oko 7 m, a 3,5 m su ukorijenjena u obalu. Za stabilizaciju stabala u koritu koriste se čelične šipke, a za sidrenje stabala u obali dodatni drveni komadi i čelične sajle. Shematski prikaz spomenutog pera s različitim načinima sidrenja stabala u obali prikazan je na slici u nastavku (Slika 24).

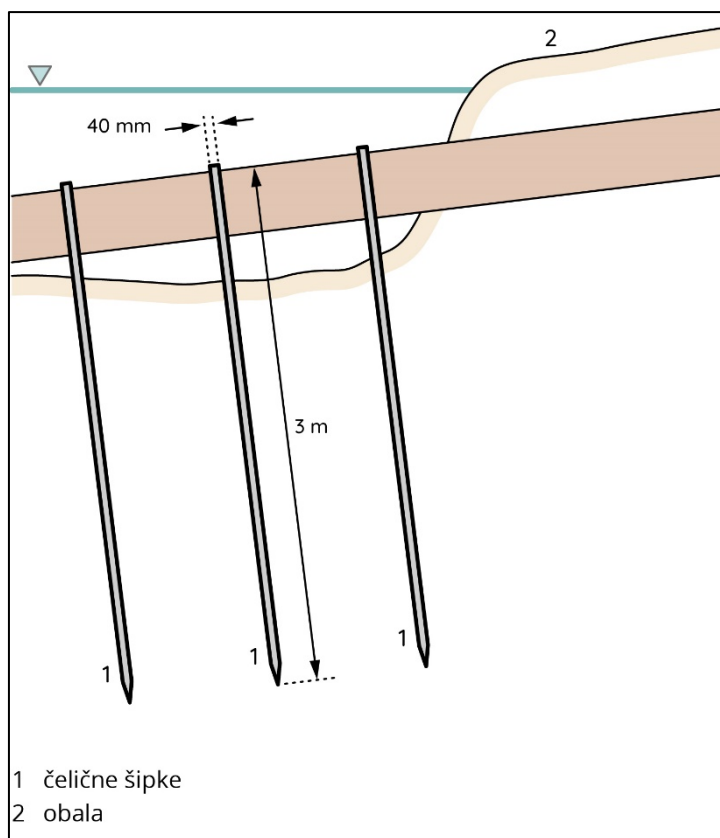


Slika 24. Shematski prikaz regulacijskog pera od drva

Stabla se mogu usidriti u obalu na dva načina prikazana na gornjoj slici. Detalj A1 prikazuje sidrenje uz pomoć dodatnog drvenog komada duljine 1,5 m i promjera 0,4 m koji se postavlja minimalno 1 m ispod površine obale, a detalj A2 također se odnosi na sidrenje uz pomoć dodatnog drvenog komada duljine 2 m i promjera 0,4 m, koji se spaja sa stablom nalijeganjem u zasjek u stablu, tvoreći križni vez. Drveni elementi križnog veza povezuju se čeličnim sajlama.

Detalj stabilizacije stabala u koritu pomoću čeličnih šipki duljine 3 m, promjera 40 mm, dan je na slici u nastavku (Slika 25).





Slika 25. Detalj stabilizacije stabala pomoću čeličnih šipki

Važno je napomenuti da se dimenzije prethodno danih rješenja sidrenja moraju provjeriti, odnosno posebno izračunati kod svakog projekta, dok su navedene dimenzije samo indikativne.

### 1.2.2.1.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 20) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 20) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 20. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop rovova za ugradnju stabala	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i postavljanje cjelovitih stabala	m
2.3	Nabava i ugradnja drvenih komada	kom
<b>3</b>	<b>ARMIRAČKI RADOVI</b>	
3.1	Nabava i postavljanje čeličnih šipki	kom
3.2	Nabava i postavljanje čeličnih sajli	m

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji udio u ukupnim troškovima implementacije mjere mogu činiti troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

### 1.2.2.1.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 21) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 21) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 21. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Nabava i ugradnja drvenih komada	kom
1.2	Nabava i postavljanje čeličnih šipki	kom

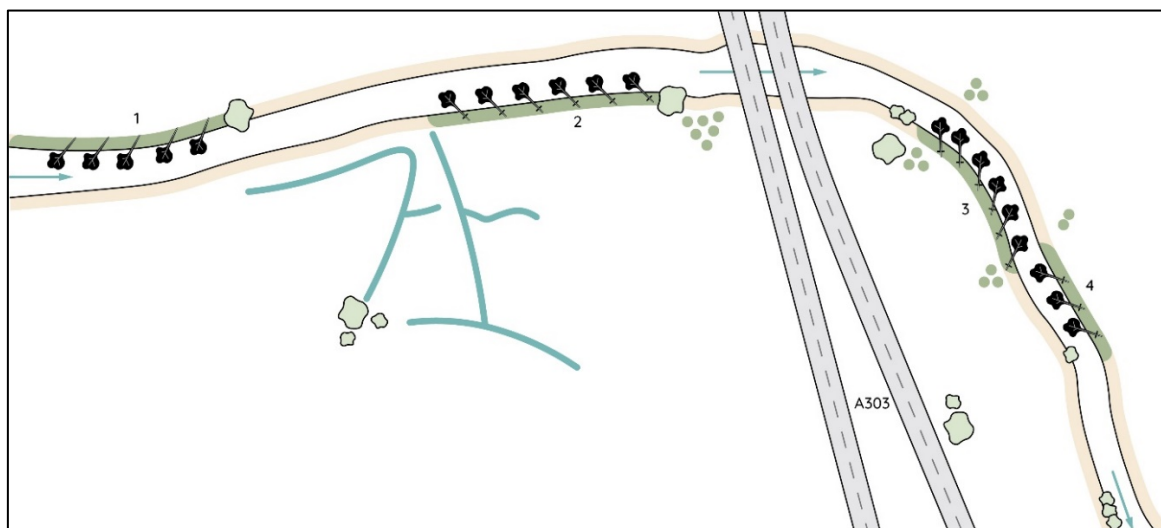
1.3	Nabava i postavljanje čeličnih sajli	m
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Radovi održavanja najčešće se provode na perima kod kojih je došlo do pomaka nakon prolaska velikog vodnog vala pa ih je potrebno dodatno stabilizirati kako ne bi došlo do rušenja čitave konstrukcije. Navedeno se postiže ugradnjom materijala od kojeg je konstrukcija izgrađena i stabilizirana.

### 1.2.2.1.3 Primjer mjere [10]

Regulacijska pera od cjelovitih stabala izrađena su na rijeci Avon u gradu Amesburyju u regiji Wiltshireu u Engleskoj. Građena su od sredine rujna do sredine listopada 2008. godine, a do same potrebe za izgradnjom pera došlo je zbog manjka odgovarajućeg sedimenta za mrijest riba i općenito velike količine istaloženog sedimenta na dnu rijeke koji je smanjio kapacitet korita. Željeni učinci pera bili su povećanje hidromorfološke dinamike i biološke raznolikosti i obnova stanišnih uvjeta za određene riblje vrste.

Pera su postavljena na lijevoj i desnoj obali na dionici od 850 m. Duljina pera, tj. stabala u koritu je iznosila oko 7 m, a protočna širina korita smanjila se 35-50%. Izvedena su uzvodna (inklinatorna) pera pod kutom od 45° i 60° kako bi preusmjerila tokove prema sredini vodotoka, prikazana na slici u nastavku (Slika 26).



Slika 26. Pera od stabala na rijeci Avon u gradu Amesburyju [prema 10]

Najuzvodnija skupina pera postavljena je na lijevoj obali pod kutom od 45° na međusobnom razmaku od 15 m, a sastojala su se od 5 pera. Iduća skupina nizvodno također je postavljena pod kutom od 45° na međusobnom razmaku od 15 m, ali na desnoj obali i sastojala se od 6 pera. Narednih 6 pera nizvodno postavljeno je pod kutom od 60° na međusobnom razmaku od 15 m na desnoj obali dok je zadnja skupina postavljena pod istim kutom i na istom razmaku kao i prethodna, ali na lijevoj obali i sastojala se od samo

3 pera. Korištene su različite tehnike sidrenja stabala u obalama rijeke. Kod oba slučaja sidrenja stabala u obali, stabla su dodatno pričvršćena 3 m dugim čeličnim šipkama u korito rijeke kako bi se smanjila mogućnost pomicanja za vrijeme velikih voda.

Na slici u nastavku (Slika 27) prikazan je izvedeni križni spoj od drvenih komada za sidrenje stabala u obali.



**Slika 27. Izveden križni spoj za sidrenje u obalu [10]**

Izvođenje radova teškom mehanizacijom prikazano je na slici u nastavku (Slika 28).



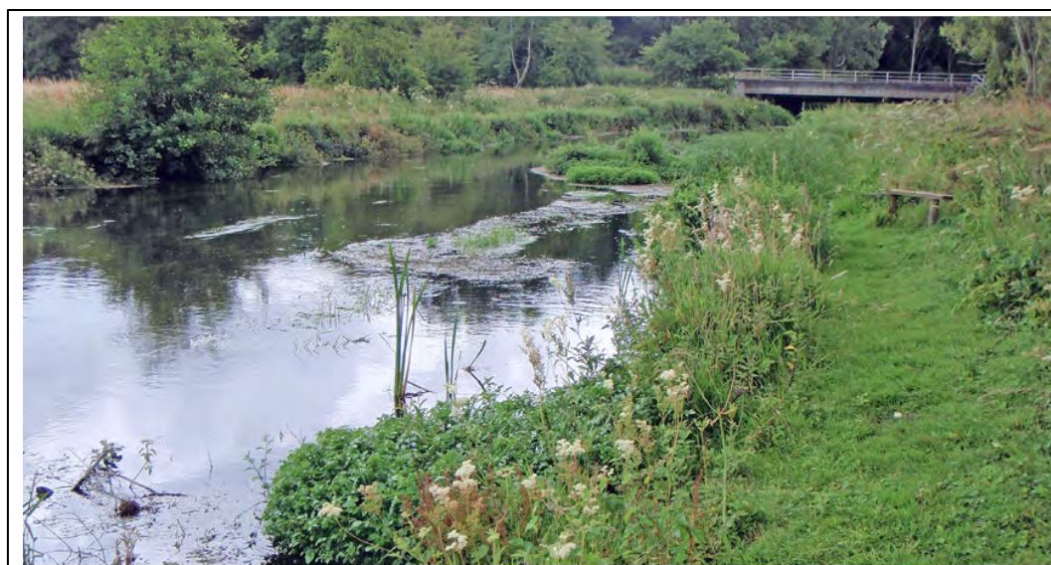
**Slika 28. Izvođenje radova – transport i postavljanje stabala [10]**

Godinu dana nakon postavljanja pera, na slikama u nastavku vidljivi su dobri rezultati (Slika 29, Slika 30). Pera su omogućila veću varijabilnost protoka. Na rubnim dijelovima javila se voda kojoj je brzina tečenja gotovo 0 m/s, a u sredini protočnog profila vodotoka povećale su se brzine tečenja. Proces taloženja nanosa odvijao se uz obale vodotoka. Zabilježen je porast broja riba i počela se razvijati vegetacija na istaloženom nanosu koji je suzio korito.





Slika 29. Fotografija lokacije pera neposredno nakon izgradnje pera [10]



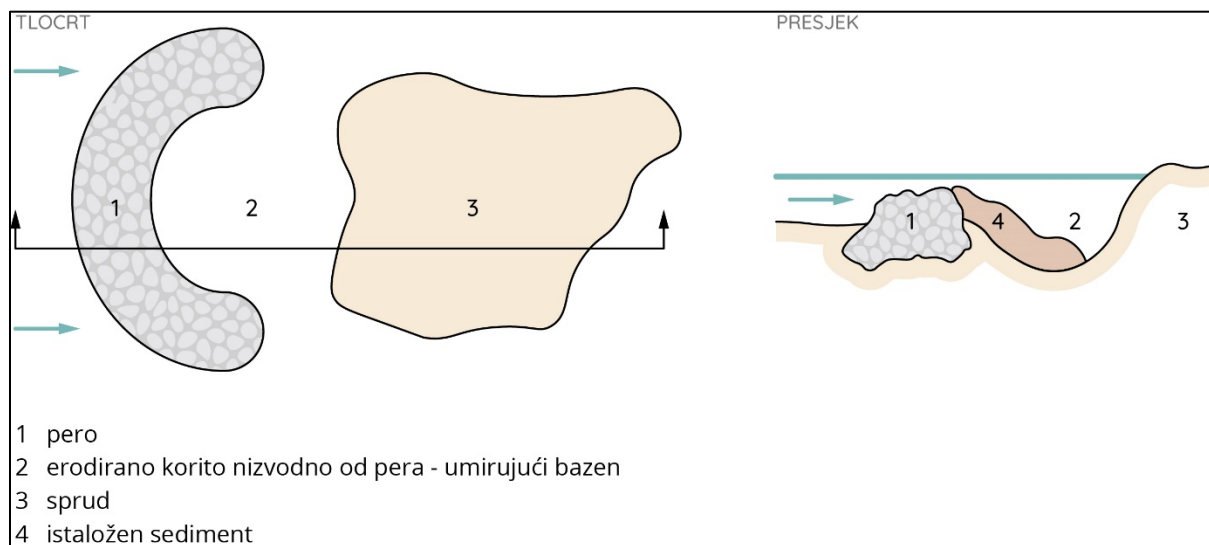
Slika 30. Fotografija lokacije pera godinu dana nakon izgradnje pera [10]

### 1.2.2.2 Tehnički opis Chevronskeg pera

Drugi primjer modificiranih regulacijskih pera su Chevronska pera od lomljenog kamenog materijala u obliku nasipa, najčešće trapeznog poprečnog presjeka s pokosima nagiba 1:1,5 [11]. Grade se u plićim dijelovima vodotoka, najčešće na udaljenosti od 15 do 45 m od obale s vrhom orijentiranim uzvodno te nisu ukorijenjeni u obalu [12]. Dimenzije građevine ovise o veličini vodotoka, lokaciji i namjeni, a razlikovati se mogu u duljini krila, kutu između krila, poziciji i veličini zone erozije, odnosno umirujućih bazena te poziciji i veličini zone taloženja [12, 13]. Kota krune pera obično se postavlja iznad razine velike

vode 2-godišnjeg povratnog perioda tako da je omogućeno prelijevanje preko krune pera za vrijeme velikih voda [9]. Istraživanja su pokazala da Chevronska pera imaju najveći pozitivan utjecaj na vodena mikrostaništa unutar umirujućih bazena nizvodno od pera, kada je veličina protoka u vodotoku između 1/2 i 3/2 vrijednosti srednjeg godišnjeg protoka [13]. Najčešće se postavljaju u velike vodotoke s aktivnim plovim putovima ili velikim riječnim adama pa su dimenzijski masivne konstrukcije koje zahtijevaju izgradnju uzvodnog zagata i uporabu teške mehanizacije tijekom izvođenja radova [9].

Karakteristični presjek i tlocrt ovog tipa pera prikazani su na slici u nastavku (Slika 31).



Slika 31. Shematski prikaz regulacijskog pera (tip 2)

### 1.2.2.2.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 22) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 22) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 22. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>

### 1.2.2.2.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 23) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 23) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 23. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

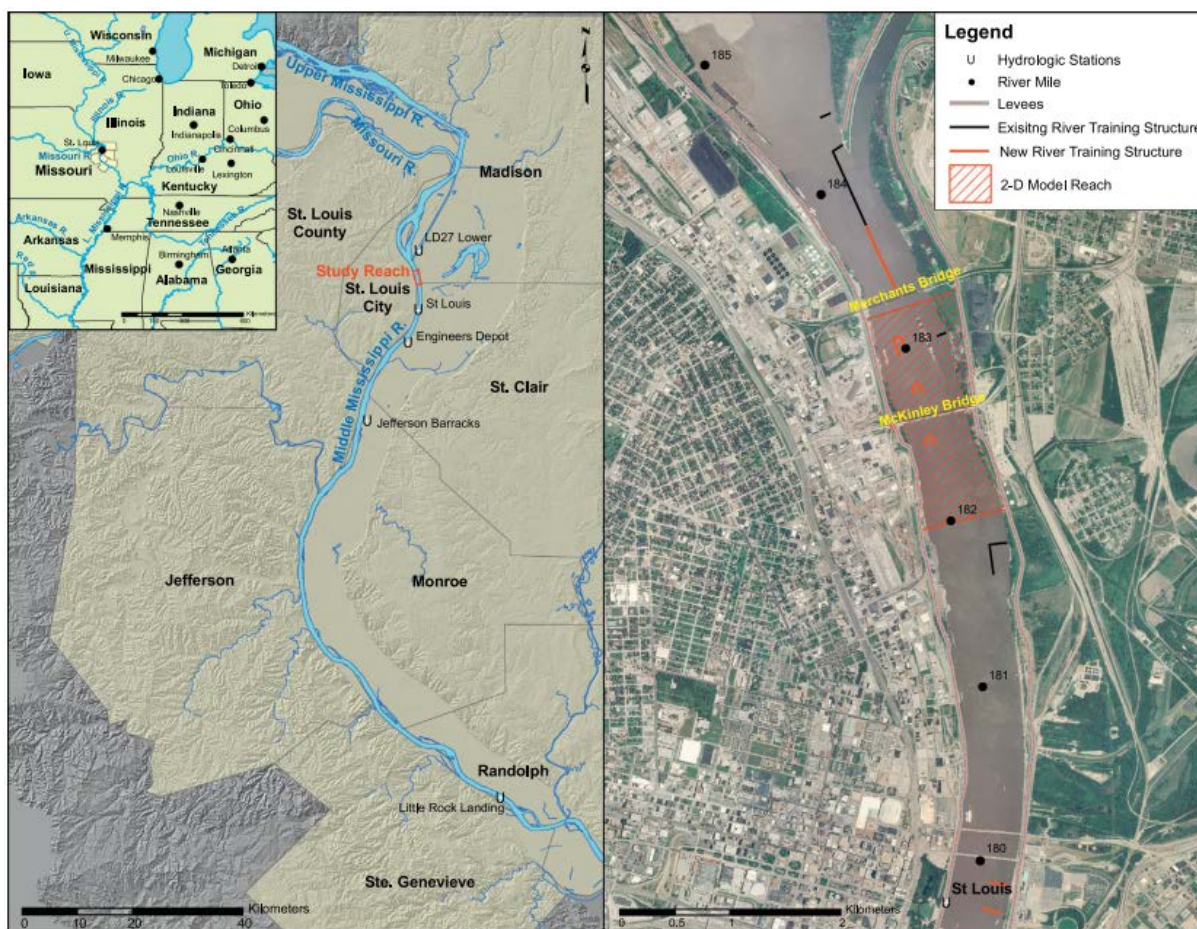
stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala (po potrebi)	m <sup>3</sup>
1.2	Praćenje stanja zahvata	kom
1.3	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Radovi održavanja najčešće se provode na regulacijskih perima kod kojih je došlo do odnašanja kamenog materijala nakon prolaska velikog vodnog vala. Potrebno je dodatno ugraditi kameni materijal kako ne bi došlo do gubitka funkcije pera ili rušenja čitave konstrukcije. Navedeno se postiže ugradnjom materijala od kojeg je konstrukcija izgrađena.



### 1.2.2.2.3 Primjer mjere [9, 14]

Drugi primjer modificiranih regulacijskih pera, Chevronska pera, građena su na rijeci Mississippi u SAD-u. Primarna svrha izgradnje bila je poboljšanje plovnih uvjeta u koritu rijeke, međutim kontinuirani monitoring tijekom korištenja pera te analiza rezultata numeričkog modeliranja stanja prije i nakon izgradnje pera pokazala su da takvo rješenje ima i određene ekološke benefite. Chevronska pera građena su duž rijeke na nekoliko lokacija, a kao primjer bit će objašnjena tri pera u blizini grada St. Louisa. Na slici u nastavku (Slika 32) prikazana su navedena pera.

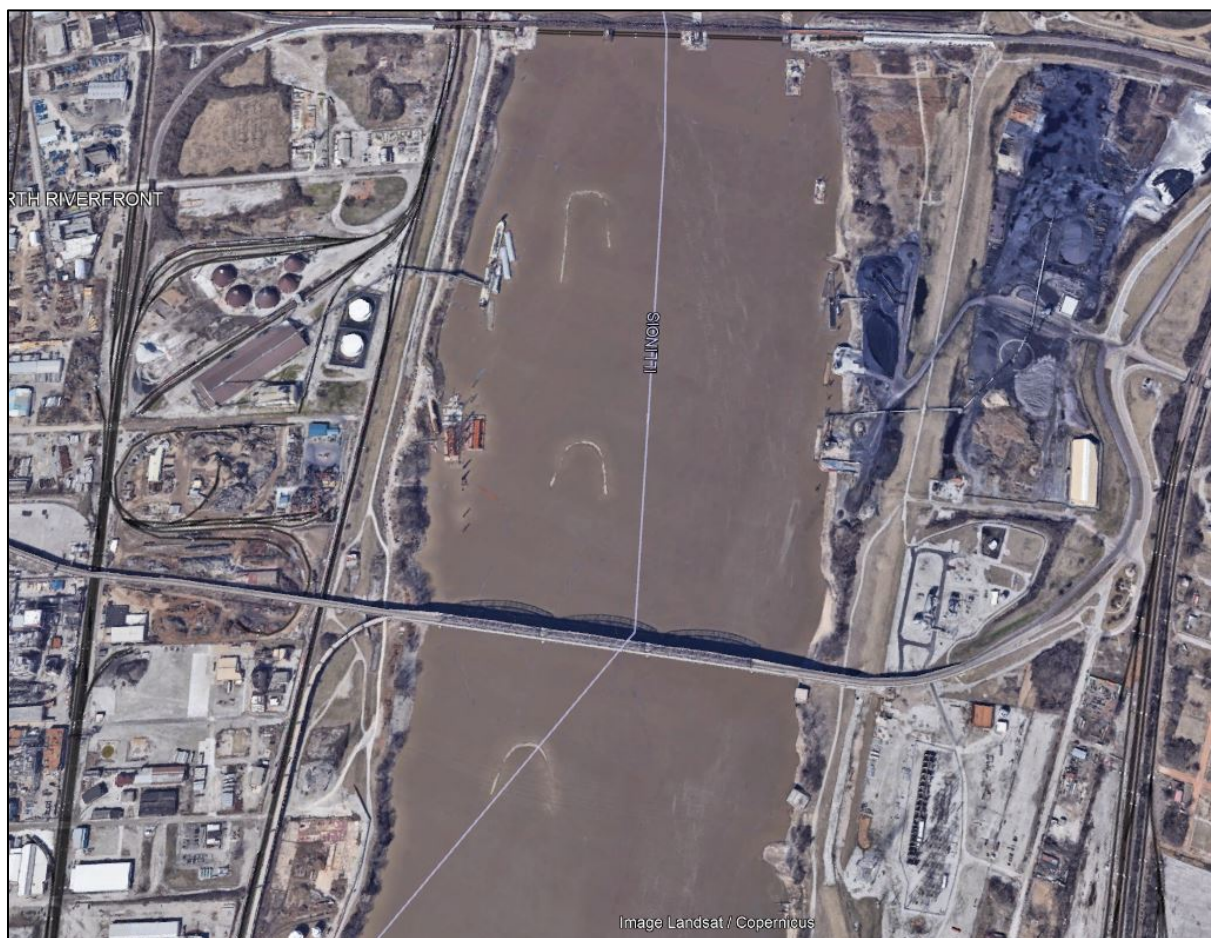


Slika 32. Lokacija Chevronskih pera na rijeci Mississippi kod grada St. Louisa [14]

Pera su građena krajem 2007. godine kako bi koncentrirala tečenje u središte korita i prouzročila erozijsko djelovanje vode na dnu korita te na taj način olakšala plovidbu. Građena su od velikih kamenih blokova, a kota krune pera postavljena je oko 0,5 m iznad razine srednje vode. Osim navedenog, daljnjim analizama Chevronska pera pokazala su učinkovitost u stvaranju staništa vodenim organizmima. Naime, za vrijeme velikih voda dolazi do prelijevanja preko krune praga te pojačane erozije neposredno nizvodno od tjemena pera koja uzrokuje formiranje dubljih zona, odnosno umirujućih bazena koji su pogodna skloništa i staništa vodenim organizmima. Usporedbom hidromorfoloških uvjeta prije i poslije izgradnje pragova, uočen je porast dubokih područja (>3,0 m) s manjom

brzinom tečenja ( $<0,6$  m/s) neposredno nizvodno od pragova za vrijeme srednjeg godišnjeg protoka. Slijedom navedenog, izgradnja Chevronskegih pera formirala je oko 7,6 ha potencijalnog područja za mirovanje riba u zimskom periodu. Nadalje, na tijelu pera zabilježena je kolonizacija biljnih vrsta i povremena prisutnost i zadržavanje ptica močvarica.

Na slici u nastavku (Slika 33) dan je detaljniji prikaz Chevronskegih pera na rijeci Mississippiju u postojećem stanju.



Slika 33. Chevronska pera na rijeci Mississippiju u Sjevernoj Americi (Google Earth Pro)

### 1.2.3 Projektiranje mjere

Prilikom planiranja i projektiranja regulacijskih pera, potrebno je voditi računa o održivosti tehničkog rješenja i njegovom utjecaju na brzine tečenja i brzine morfoloških promjena korita. Za analizu uvjeta na lokaciji zahvata te u užoj i široj okolici, u nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za projektiranje regulacijskih pera.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 24) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja regulacijskih pera. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno



o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 24. Podloge za preliminarnu analizu**

podloge za preliminarnu analizu
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• povijesne karte</li> </ul>
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
karte plovnih putova
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi vodotoka na kojoj je planirana izgradnja regulacijskog pera: u koritu i na obalama;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 25).

**Tablica 25. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području planiranog zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>

**vrste potrebnih istražnih radova**

Obuhvat istraživanja kao i skupine flore i faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama šireg područja. Istraživanja će u većini slučajeva biti potrebno provesti za skupine indikatora vodenih organizama poput riba, školjkaša i rakova, kao i organizama ovisnih o vodi poput ptica, gmazova i vodozemaca. Prisutna flora i fauna te ekološki ciljevi implementacije mjere direktno uvjetuju tehničke karakteristike mjere.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta regulacijskog pera potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 26) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 26. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se grade regulacijska pera)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

**Proračuni**

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja regulacijskih pera različitog tipa i geometrije te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 27) i analizirati utjecaj svake varijante na režim voda i nanosa. Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 27. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja pera.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja projektiranih pera na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa, globalne i lokalne stabilnosti korita;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti pera.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati: <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost pera – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti pera te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.</li> </ul>
U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine (regulacijskih pera) provode se (ne isključivo) proračuni: <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanje filtarskih slojeva;</li> <li>nosivost temeljnog tla;</li> <li>analize stabilnosti pokosa obala ukoliko se pero ukorjenjuje;</li> <li>analiza procjeđivanja;</li> <li>proračun konsolidacije;</li> <li>stabilnost pera na podlokavanje uslijed hidrodinamičkog djelovanja vode;</li> <li>proračun za seizmičko djelovanje;</li> <li>dimenzioniranje konstrukcije.</li> </ul>

Rješenje regulacijskih pera odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u postojećem i projektnom stanju u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidroloških postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka.

Prilikom planiranja regulacijskih pera, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

## 1.2.4 Primjenjivost mjere i ograničenja

S obzirom na geometrijske dimenzije, tlocrtni oblik i primijenjene konstruktivne elemente, postoji više tehničkih rješenja regulacijskih pera, a odabir optimalnog rješenja ovisi o uvjetima tečenja u vodotoku i željenom učinku. Odabir tehničkog rješenja regulacijskih pera ovisi o potrebi za samom izgradnjom regulacijskih pera, odnosno funkciji koju je potrebno postići njihovom izgradnjom. Ukoliko se grade prvenstveno za zaštitu obale od erozije, najčešće se grade kratka, uzvodna (inklinatorna) pera na konkavnim obalama. Navedena pera grade se duž erozijom ugrožene obale kako bi se tok udaljio od nje, međutim nisu pogodna ako na njih djeluje veliko hidrauličko opterećenje [5].

Nadalje, ako se pera grade za produbljenje korita i povećanje brzine za poboljšanje plovni putova, najčešće se grade potopljena pera na konkavnim obalama ili na obje strane kod pravocrtnih dionica vodotoka. Takva pera smanjuju brzinu tečenja u konkavnoj krivini i mijenjaju tok strujanja vode, postepeno erodirajući konveksnu obalu i šireći plovni put. Rezultat je širi plovni put u kojem nije potrebno redovito provoditi iskop viška materijala s dna korita koji stvara prepreku nesmetanom kretanju plovila budući da pera pomiču maticu prema središtu i produbljuju korito [5].

Chevronska pera obično se primjenjuju na račvanjima vodotoka ili na utoku pritoka u glavni vodotok kako bi se vodni tok koncentrirao u glavnom koritu. Također se grade uzvodno od riječnih sprudova kako bi se spriječila njihova erozija [5].

Primjena biološkog materijala – posječenih stabala za izgradnju pera ograničena je na velikim vodotocima s obzirom na veliko hidrodinamičko opterećenje toka, a koje regulacijska pera od cjelovitih stabala ne mogu prihvatiti. Također, na takvim vodotocima dolazi do sporijeg formiranja nove obale, a trajnost stabala je ograničena, pa s vremenom dolazi do oštećenja pera i gubitka njegove funkcije. Iz tog razloga, preporučeno je korištenje biološkog materijala na vodotocima s manjim hidrodinamičkim djelovanjima vode.

Izgradnja regulacijskih pera ne preporuča se na vodotocima s velikim razlikama u brzinama tečenja. Produbljenje korita u takvom slučaju predstavlja puno veći problem od erozije obale pa je preporučena primjena drugih hidrotehničkih građevina, poput pragova za kontrolu uzdužnog pada korita. Također, ne preporuča se primjena pera u uskim koritima koji mogu prihvatiti poplavnu vodu tek 10-godišnjeg povratnog perioda jer će u tom slučaju pera samo uzrokovati poplavu u ranijoj fazi [15].

Provedba izgradnje modificiranih regulacijskih pera kao mogućih pratećih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

## 1.2.5 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 28 do Tablica 30) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja modificiranih regulacijskih pera.

**Tablica 28. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Izgradnjom regulacijskih pera obično dolazi do povećanja brzine tečenja koje predstavlja potencijal za eroziju, pronos i taloženje nanosa, odnosno morfološke promjena u koritu vodotoka. Izgradnjom pera sužava se korito, matica pomiče prema sredini vodotoka, a korito produbljuje uslijed povećanja intenziteta erozije na dnu korita. Time dolazi do pojačanog stvaranja i pronosa nanosa koji se može taložiti neposredno uz uzvodni rub pera ili na drugim građevinama nizvodno. Izgradnjom pera može doći do reguliranja pronosa nanosa na način da se sediment taloži u prostoru između pera čime se smanjuje količina koja se pronosi i taloži u koritu nizvodno. Kako ne bi došlo do neželjenih posljedica taloženja u nizvodnim dijelovima, informacije o količini i vrsti nanosa predstavljaju važan projektni parametar.
Led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj. Kod ledostaja se javlja statičko opterećenje na konstrukciju regulacijskih pera, a kod ledohoda dolazi do dinamičkih udara ledenih santi koje mogu oštetiti građevinu ili uzrokovati abraziju. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi tehničko rješenje regulacijskih pera bilo u skladu s trenutnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata i kako ne bi uzrokovalo neželjene posljedice nizvodno budući da izgradnjom pera dolazi do promjena u hidrološkom režimu na način da se povećava brzina vode uslijed suženja poprečnog profila korita vodotoka. Ukoliko je funkcija regulacijskih pera poboljšanje uvjeta plovidbe na dionicama vodotoka, najčešće je potrebno definirati: protok punog korita – pokretač najvećih morfoloških promjena u koritu, protok srednje vode – prosječni uvjeti režima vode kroz dugi niz godina i protok niskog plovnog vodostaja – granični uvjeti za plovidbu [4]. Prilikom izgradnje pera, kota krune pera najčešće se postavlja na razini srednje vode [1, 5]. Predviđeno je da tako izvedena pera budu potopljena za vrijeme velikih voda, odnosno da je omogućeno prelijevanje preko krune pera za vrijeme velikih voda. Budući da uslijed prelijevanja može doći do rušenja konstrukcije pera, potrebno ih je dobro stabilizirati kako ne bi došlo do odnošenja materijala i gubitka stabilnosti koji može uzrokovati neželjene poplave.
opasnost od poplava šireg područja implementacije mjere	Izgradnjom pera dolazi do povećanja brzine tečenja koje može uzrokovati povećanje opasnosti od poplava kod nailaska vodnog vala. Opasnost od poplava prikazuje se kartama opasnosti od poplava koje se izrađuju temeljem dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja, a koje prikazuju poplavne površine i dubinu vode sadašnjeg i projektiranog stanja za različite povratne periode. Funkcionalni parametri kojima se određuje svrha i učinak implementacije mjere, odnosno potvrđuje učinak mjere na smanjenje opasnosti od poplava, poplavne su površine i dubina poplavne vode te propagacija vodnog vala.

**Tablica 29. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
brzina tečenja vode	Parametar o kojem ovisi erozijska snaga vodnog toka i hidrodinamičko opterećenje vode. Vrijednost brzine tečenja koja uzrokuje eroziju obale determinira primjenu regulacijskih pera u zaštiti obale. Ukoliko je erozijska snaga prevelika, pera nisu dostatna zaštita i obalu je potrebno zaštititi nekom drugom hidrotehničkom



hidraulički projektni parametar	opis
	građevinom poput obaloutvrde. Nadalje, uslijed velikog hidrodinamičkog opterećenja vode ograničena je primjena biološkog materijala u izgradnji regulacijskih pera, a pera je potrebno dobro ukorijeniti i stabilizirati.

**Tablica 30. Oblikovni i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
duljina pera	Duljina pera ovisi o geometrijskim karakteristikama vodotoka i potrebnom suženju poprečnog profila korita. Za meandrirajuće vodotoke preporuča se odnos razmaka i duljine pera 1:6 [5]. Duljina pera ne bi trebala biti manja od 5 m budući da kratka pera mogu izazvati neželjene posljedice u smislu lokalne erozije [1]. Konstrukcija pera može i ne mora biti ukorijenjena u obalu. Ukoliko se izvode ukorijenjena pera, duljina korijena pera iznosi 3-5 m. Neukorijenjena pera pogodna su za lakšu migraciju vodenih organizama, međutim potrebno ih je dobro stabilizirati i zaštititi kako ne bi došlo do oštećenja prilikom prolaska velike vode [5].
visina pera	Visina pera ovisi o uvjetima u vodotoku i razinama vodnog lica, s obzirom na to da se kota krune pera najčešće postavlja na razinu srednje vode.
razmak između pera	Maksimalni razmak pera ovisi o osobinama korita vodotoka i dionici na kojoj se izvode pera. Postoji više empirijskih izraza za izračun razmaka, međutim najtočnije se određuje numeričkim modelom primjenom odgovarajućeg računalnog programa [1]. Maksimalni razmak ne bi trebao biti veći od 1-2 širine korita vodotoka budući da pera postavljena na većem razmaku imaju značajniju eroziju u zoni glave pera [5]. Za razmak između pera na pravocrtnim dionicama vodotoka vrijedi pravilo da svako sljedeće pero treba postaviti na takvoj udaljenosti da otklonjena površinska strujnica od prethodnog pera dođe na njegovu sredinu [2].
otklon pera u odnosu na smjer toka vode	Budući da se pera dijele na okomita, uzvodna (inklinatorna) i nizvodna (deklinatorna), vrijednost otklona pera u odnosu na smjer toka vode može biti različita, a ponajviše ovisi o hidrauličkim uvjetima tečenja u vodotoku. Inklinatorna pera ubrzavaju zasipavanje, ali više remete strujnu sliku oko glave pera, dok su deklinatorna pera manje učinkovita, ali i manje utječu na vodni tok [2].
biološki materijal	Prilikom izgradnje konstrukcijskih elemenata regulacijskih pera, gdje god je to primjenjivo s obzirom na hidrauličke uvjete tečenja u vodotoku, preporuča se korištenje biološkog materijala iz nalazišta u okolini zahvata i materijala dobivenog čišćenjem lokacije, primjerice vrbovo pruće ( <i>Salix</i> sp.) za izradu fašina koje služe za izgradnju stabilizacijskog temeljnog madraca te cjelovitih posječenih stabala. Od vrste stabala, najčešće se koriste hrast ( <i>Quercus</i> sp.), brijest ( <i>Ulmus</i> sp.), bor ( <i>Pinus</i> sp.), ariš ( <i>Larix</i> sp.) i bukva ( <i>Fagus</i> sp.).

### 1.2.6 Ekološki aspekti mjere

Izgradnjom pera dolazi do produbljenja i suženja korita povećanjem dubinske erozije i brzine tečenja. Navedene posljedice predstavljaju negativan antropogeni utjecaj na stanje vodnog tijela i njegovu bioraznolikost. Predložena modificirana rješenja regulacijskih pera zadržavaju funkciju klasičnih pera, stoga su i posljedice izgradnje iste. Korist od modificiranih rješenja pera proizlazi iz smanjenja negativnog utjecaja na bioraznolikost prvenstveno kroz primjenu biološkog materijala, u ovom slučaju stabala, čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođenija.

Omogućavanje razvoja autohtone vegetacije na dijelu obale koji je potrebno utvrditi radi stabilizacije pera također predstavlja mjeru ublažavanja negativnih utjecaja izgradnje i povećanje prirodnosti vodotoka. Pera koja nisu ukorijenjena u obalu (Chevranska pera) ne predstavljaju barijeru kretanju organizama u priobalnoj zoni vodotoka, stvaraju manje zone veće dubine čime se povećava morfološka raznolikost vodenih staništa te ne zahtijevaju stabilizaciju i uređenje obale. Naime, za vrijeme velikih voda dolazi do prelijevanja preko krune praga te pojačane erozije neposredno nizvodno od tjemena pera koja uzrokuje formiranje dubljih zona, odnosno umirujućih bazena koji su pogodna skloništa i staništa vodenim organizmima.

Područje između pera koje karakteriziraju manje brzine i protok vode te postupno taloženje sedimenta može predstavljati pogodno stanište i mrjestilište vodenim organizmima, a uz to i omogućiti rast i razvoj vodene i priobalne vegetacije koja dodatno stabilizira regulacijska pera, što se može smatrati pozitivnim utjecajem na bioraznolikost. No ovaj aspekt je potrebno posebno analizirati kod svakog pojedinačnog zahvata, budući da se pera u pravilu grade na obalama koje su prirodno podložne eroziji te time dolazi do promjene prirodnih stanišnih uvjeta iz primarno erozijskih u sedimentacijske.

Slijedom navedenog, primjena modificiranih rješenja, kao i kod klasičnih, zbog zadržavanja glavne funkcije i posljedica izgradnje može uzrokovati negativne utjecaje na bioraznolikost, a što može posebno predstavljati problem unutar područja ekološke mreže.

## 1.2.7 Održavanje pera

Kako bi se održala funkcionalnost regulacijskih pera te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, neophodno je redovito provoditi praćenje stanja. Praćenje stanja uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i taloženje nanosa) te eventualnu identifikaciju kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji od željenih, odnosno projektiranih, kao i provjeru stabilnosti. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projekta. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja i direktno ovisi o karakteristikama projekta, a izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete, što može uključivati dodatnu stabilizaciju pera ili ugradnju materijala ukoliko nakon prolaska velikog vodnog vala dođe do pomaka ili odnašanja materijala od kojeg je pero izgrađeno.

Od redovitih mjera održavanja, preporuča se provođenje redovitog monitoringa pronosa i taloženja sedimenta u poljima između pera, kako bi se na vrijeme detektiralo pretjerano taloženje sedimenta na navedenom području i manjak sedimenta u koritu nizvodno. Mjera se može provoditi zračnim mapiranjem i fotografiranjem šireg predmetnog područja [16].

Unošenje ovih pratećih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja

njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

## 1.2.8 Koristi od implementacije mjere

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.2.8.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 31) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 31. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje erozije	Izgradnjom modificiranih pera ublažava se ili potpuno zaustavlja bočna erozija na lokaciji gradnje. Navedena korist jednaka je kao i u slučaju izgradnje klasičnih pera. U isto vrijeme povećava se dubinska erozija što regulacijska pera čini vrlo korisnim građevinama na plovnim putevima.

## Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove prateće mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

### 1.2.8.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 32) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [17, 18], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 32. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj zbog primjene biološkog materijala, točnije stabala, čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođenija. Omogućavanje razvoja autohtone vegetacije na dijelu obale koji je potrebno utvrditi radi stabilizacije pera također predstavlja mjeru ublažavanja negativnih utjecaja izgradnje i povećanje prirodnosti vodotoka. Pera koja nisu ukorijenjena u obalu (Chevronska pera) ne predstavljaju barijeru kretanju organizama u priobalnoj zoni vodotoka, stvaraju manje zone veće dubine čime se povećava raznolikost staništa te ne zahtijevaju stabilizaciju i uređenje obale.  U odnosu na klasična rješenja, može se očekivati manji negativan utjecaj na biološke elemente.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	U odnosu na hidromorfološke elemente razlike između klasičnih i modificiranih rješenja su male, budući da i funkcije građevina, a time i utjecaj na hidromorfologiju su vrlo slične.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> </ul>	

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<ul style="list-style-type: none"> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	U odnosu na osnovno fizikalno-kemijske i kemijske elemente nema razlike između klasičnih i modificiranih rješenja.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [19].

Budući da se implementacijom modificiranog rješenja očekuju zanemarivi utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, ne očekuje se niti značajnije smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.



### 1.2.8.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 33) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [20, 21], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 33. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere zaustavlja se erozija obale koja može ugrožavati kopnena područja koja se koriste za uzgoj biljaka ili životinja.
1.1.3. kultivirane kopnene životinje za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj zbog primjene biološkog materijala, točnije stabala, čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođenija. Omogućavanje razvoja autohtone vegetacije na dijelu obale koji je potrebno utvrditi radi stabilizacije pera također predstavlja mjeru ublažavanja negativnih utjecaja izgradnje i povećanje prirodnosti vodotoka. Pera koja nisu ukorijenjena u obalu (Chevranska pera) ne predstavljaju barijeru kretanju organizama u priobalnoj zoni vodotoka, stvaraju manje zone veće dubine čime se povećava raznolikost staništa te ne zahtijevaju stabilizaciju i uređenje obale.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Omogućavanje razvoja autohtone vegetacije na dijelu obale koji je potrebno utvrditi radi stabilizacije pera, umjesto korištenja klasičnih građevinskih materijala kao što su armirani beton i kameni nabačaj, povećava se sposobnost tla i pokrova za apsorpcijom, filtriranjem, pročišćavanjem i transformiranjem onečišćenja i onečišćujućih tvari.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Mjerom se zaustavlja bočna erozija na lokaciji zahvata.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj zbog primjene biološkog materijala, točnije stabala, čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođenija. Omogućavanje razvoja autohtone vegetacije na dijelu obale koji je potrebno utvrditi radi stabilizacije pera također predstavlja mjeru ublažavanja negativnih utjecaja izgradnje i povećanje prirodnosti vodotoka. Pera koja nisu ukorijenjena u obalu (Chevranska pera) ne predstavljaju barijeru kretanju organizama u priobalnoj zoni vodotoka, stvaraju manje zone veće dubine čime se povećava raznolikost staništa te ne zahtijevaju stabilizaciju i uređenje obale.

## Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

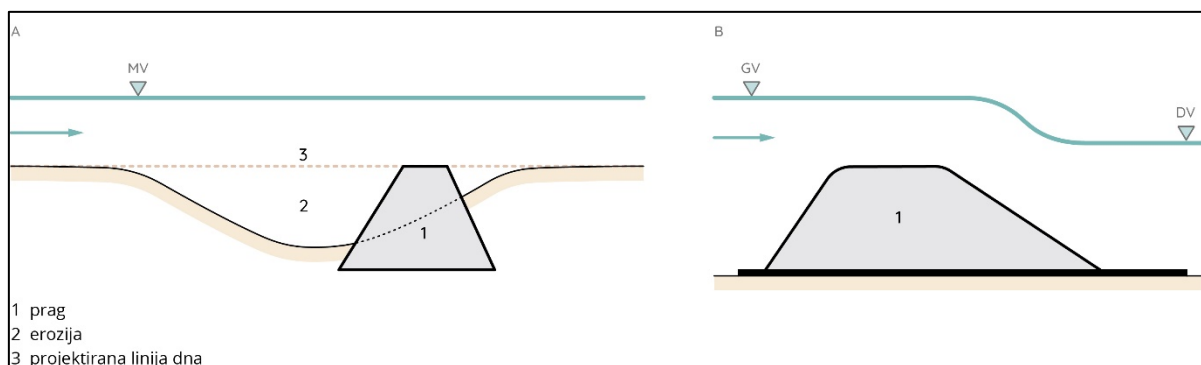
### **1.2.9 Literatura i poveznice na druge dokumente**

- [1] Vuković, Ž. (1995): *Osnove hidrotehnike*, 1. dio, 2. knjiga
- [2] Kuspilić, N. (2009): *Regulacije vodotoka*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [3] Kuspilić, N., Ocvirk, E. (2016): *Hidrotehničke građevine*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [4] Gilja, G., Jelić, D., Kuspilić, N. (2019): *Morfodinamičke analize varijantnih rješenja uređenja ušća rijeke Drave*, 7. hrvatska konferencija o vodama, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Institut IGH, Zavod za hidrotehniku, geotehniku i zaštitu okoliša
- [5] Babić Mladenović, M. (2018): *Uređenje vodotoka*, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd
- [6] Deep, R., Pagliara, S., Palermo, M (2021): *Experimental Analysis of Scour Features at Chevrons in Straight Channel*, *Water* 2021, 13, 971.
- [7] *Stručne smjernice – Upravljanje rijekama*, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Twinning Light projekt EU HR/2011/IB/EN/02 TWL, 2015.
- [8] Priručnik dobre prakse u održivom planiranju vodnih putova, *Platina*, IPCDR, 2010.
- [9] *Upper Mississippi River Restoration Environmental Management Program Environmental Design Handbook*, The U.S. Army Corps of Engineers, 2012.
- [10] *Manual of River Restoration Techniques: Modifying River Bed Levels, Water Levels and Flows*, 4th edition, The River Restoration Centre, 2021.
- [11] Singh, P., dr. Sharma, N. (2014): *Investigation od Impacts of Chevron as a River Training Measure on River Hydraulics*, International Conference on Agricultural, Environmental and Biological Sciences, Phuket (Thailand)
- [12] Pridal, D. (2010): *Evaluation of Shallow Water Habitat Construction Methods in the Missouri River*, U.S. Army Corps of Engineers, Omaha, 2nd Joint Federal Interagency Conference, Las Vegas, NV, June 27 – July 1

- [13] Kardi, N. (2015): *Assessing the role of river training structures – Chevron and dike in the creation and diversification of physical aquatic habitats in the middle Mississippi River*, Southern Illinois University Carbondale
- [14] Remo, J. W. F., Khanal, A., Pinter, N. (2013): Assessment of chevron dikes for the enhancement of physical-aquatic habitat within the Middle Mississippi River, USA, *Journal of Hydrology*, 501 (2013), 146-162
- [15] King, H. E. (2015): *The Use of Groynes for Riverbank Erosion Protection and River Stabilisation*, State of Art Report
- [16] Habersack, H., Baranya, S., Holubova, K., Vartolomei, F., Skiba, H., Babić Mladenović, M., Cibilic, A., Schwarz, U., Krapesch, M., Gmeiner, Ph., Haimann, M. (2019): *Danube Sediment Management Guidance*, Output 6.1 of the Interreg Danube Transnational Project DanubeSediment co-funded by the European Commission, Beč
- [17] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [18] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [19] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [20] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [21] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [22] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.

### 1.3 Pragovi

Pragovi su poprečne građevine u koritu koje služe za obnovu erozijom izmijenjenog dna (Slika 34 – lijevo) ili stabilizaciju uzdužnog pada vodotoka (Slika 34 – desno) [1, 2]. Izgradnjom praga smanjuje se protočni profil korita što izaziva uspor, remećenje strujne slike te ubrzano tečenje na kruni praga i na nizvodnom pokosu [2, 3]. Ukoliko se gradi radi obnove erozijom izmijenjenog dna, kruna praga postavlja se nizvodno na željenoj razini projektiranog dna korita [1], a ukoliko se gradi za stabilizaciju uzdužnog profila vodotoka, gradi se prag sa slobodnom (korisnom) visinom. Najčešće se gradi od kamena, armiranog betona ili kamena zalivenog betonom [3] i kao takva građevina opisan je u *Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu* [4] gdje pripada tzv. „sivoj“ infrastrukturi. U slučajevima kad se izgradnjom pojedinačnog praga ne postiže željeni učinak gradi se više pragova u nizu. Na slici u nastavku (Slika 34) shematski su prikazani poprečni presjeci pragova s obzirom na primarnu funkciju, dok je na sljedećoj slici (Slika 35) dana fotografija praga na rijeci Kupi kod Sela Bosiljevka.



Slika 34. Shematski prikazi poprečnih presjeka pragova



Slika 35. Prag na rijeci Kupi kod Sela Bosiljevka



Radi osiguranja stabilnosti konstrukcije potrebno je prag usidriti u obale i dno vodotoka kako ne bi došlo do razaranja i odnošenja praga uslijed djelovanja toka te kako bi se spriječila mogućnost da vodotok zaobiđe prag i formira novo korito uz građevinu [1, 2]. Budući da se izgradnjom praga smanjuje protočni profil korita što dovodi do povećanja brzine tečenja na kruni praga, važno je izgraditi prag od materijala koji je otporan na fluvijalnu eroziju i oblikovati ga na način da se postigne bolja uklještenost gradivnog materijala. Na nizvodnom pokosu praga dolazi do povećanja brzine i snage tečenja te je taj dio najugroženiji od fluvijalne erozije [4]. Iz tog razloga, sastavni dio praga je nizvodni dio građevine oblikovan tako da služi za umirivanje energije toka, odnosno sprječavanje nizvodne erozije i potkopavanje praga. Izuzetak čini više pragova u nizu jer u tom slučaju samo zadnji prag mora završavati dijelom za umirivanje energije. Veličina granulata trebala bi osigurati kvalitetnu ispunu međuprostora većih kamenih blokova kako bi se postigla što bolja kompaktnost tijela praga [3, 5].

Za razumijevanje ekoloških zahtjeva koje prag mora zadovoljiti nužno je poznavati ekologiju riba, poput veze između dijela toka i vrsta riba, načina migriranja i načina kretanja. U zasebnom poglavlju ovih Smjernica o ribljim stazama (Knjiga 5, poglavlje 1.7) ukratko su opisane navedene ekološke karakteristike riba.

### 1.3.1 Negativni utjecaji klasičnih pragova i moguća ublažavanja

Prag kao poprečna građevina u vodotoku negativno utječe na hidromorfološke procese budući da uzrokuje lokalne promjene hidroloških uvjeta uslijed remećenja strujne slike, promjena u režimu pronosa nanosa, kisika i temperature, stvaranja uspora uzvodno i ubrzanog tečenja na kruni praga, nizvodnom pokosu i nizvodnom koritu neposredno iza praga [6]. Nizvodno od praga povećava se brzina toka i erozivna snaga, dok uzvodno dolazi do smanjenja brzine vode i povećanja visine vodenog stupca, povećanja sedimentacije sitnog nanosa i promjena fizikalno-kemijskih svojstava vode. Navedene promjene negativno se odražavaju na vodene organizme uslijed promjena stanišnih uvjeta uzvodno i nizvodno od praga. Ukoliko se prag gradi na vodotoku u kojem obitavaju migratorni vodeni organizmi poput riba i rakova, on može predstavljati nepremostivu prepreku njihovim uzvodnim migracijama, ali i uzrokovati probleme, ozlijede i smrtnost tijekom migracija nizvodno. Prevelika visina i nagib praga, neadekvatan materijal glatke površine, primjerice armirani beton, te prevelika brzina tečenja na kruni i nizvodnom pokosu glavni su uzročnici otežanih ili potpuno onemogućenih uzvodnih migracija vodenih organizama. Onemogućavanjem migracija dolazi do negativnog utjecaja na bioraznolikost vodotoka uslijed prekida longitudinalne povezanosti vodotoka, fragmentacije staništa, gubitka protoka gena i utjecaja na hranidbene mreže [6]. Slijedom navedenog, negativni utjecaji na bioraznolikost i stanje vodnog tijela, do kojih može doći izgradnjom pragova, a koji su povezani s uslugama ekosustava su sljedeći:

- promjene hidroloških uvjeta i hidromorfoloških procesa u vodotoku;
- prekid longitudinalne povezanosti vodotoka, onemogućavanje uzvodne migracije, fragmentacija staništa i gubitak protoka gena vodenih životinjskih organizama.

Hoće li do navedenih utjecaja doći te koja će biti njihova značajnost ovisi o:

- bioraznolikosti vodotoka;



- hidrološkim i hidromorfološkim karakteristikama vodotoka;
- tehničkom rješenju i dimenzijama praga.

Tehnička rješenja kojima se mogu ublažiti prethodno navedeni negativni utjecaji uključuju:

- prilagodbu tlocrtnog oblika, dimenzija i hrapavosti pragova;
- izgradnju praga korištenjem biološkog materijala ili kamenog nabačaja.

### 1.3.2 Tehnički opis modificiranih pragova

Modifikacije klasičnih pragova uključuju konstrukcijske i tlocrtne modifikacije praga i nagiba pokosa, izgradnju riblje rampe kao sastavnog dijela praga, izgradnju više pragova manjih visina u nizu, povećanje hrapavosti praga te primjenu bioloških materijala poput trupaca drveta i kamenog nabačaja.

Potreba za modificiranim pragovima u prvom redu se odnosi na vodotoke u kojima su prisutni migratorni vodeni organizmi poput riba i rakova. Preduvjet za planiranje izgradnje praga je poznavanje migracijskih koridora i specifičnih ekoloških potreba vrsta koje u vodotoku obitavaju, npr. brzina toka i turbulencija. Tehničkim rješenjem praga mora biti omogućena uzvodna i nizvodna migracija vodenih organizama bez opasnosti od ozljeda i/ili uginuća organizama te održan postojeći režim pronosa nanosa čime se održavaju stanišni uvjeti prisutni u vodotoku prije izgradnje praga [7]. Ukoliko zbog hidroloških karakteristika vodotoka i hidrauličkih uvjeta tečenja na lokaciji zahvata nikakvim tehničkim modifikacijama praga nije moguće ostvariti željeni učinak praga, nužna je izgradnja riblje staze koja će omogućiti migracije vodenim organizmima. Riblje staze su u sklopu ovih Smjernica objašnjene u zasebnom poglavlju (Knjiga 5, poglavlje 1.7).

U sljedećim poglavljima opisana su 4 tehnička rješenja modificiranih pragova: prag s ribljom rampom, lučni prag, W prag i prag od trupaca. Važno je naglasiti kako je svako pojedino tehničko rješenje moguće modificirati uključivanjem elemenata drugih rješenja. Glavni kriterij koji pragovi moraju zadovoljiti odnosi se na biološke zahtjeve i ponašanje migratornih vodnih organizama. U nastavku su opisani glavni projektni parametri bitni za projektiranje praga.

#### Funkcionalnost (prolaznost) praga

Prag treba biti prolazan za vodene organizme kroz cijelu godinu. Međutim, nije u svim slučajevima moguće konstruirati hidrotehničku građevinu koja osigurava pogodne uvjete za prolazak riba 365 dana u godini, što nije niti nužno s obzirom na njihovu ekologiju. Omogućen prolazak riba kroz 300 dana godišnje pokazao se kao dovoljan period [8]. Ovdje svakako treba imati na umu da je prolaznost praga nužna u periodima odvijanja reproduksijskih migracija, najosjetljivijim i najbitnijim periodima za održavanje populacije, a koji su specifični za svaku vrstu.

#### Koridori za kretanje riba na ribljim rampama

Ovisno o ribljim vrstama, na ribljim rampama mogu se definirati sljedeći migracijski koridori koje je potrebno uzeti u obzir prilikom projektiranja:

1. prijelazna pridnena zona na dnu korita (zona supstrata kojim je pokriveno dno korita i pukotina/otvora na dnu korita), pogodna za kretanje pridnenih i malih jedinki (brzina toka < 0,2 m/s),
2. hrapavi sloj pri dnu korita (debljina hrapavog sloja > 15 cm) u kojem je prisutno tečenje vode kod malih protoka, pogodan za ribe koje imaju duljinu tijela do 30 cm (brzina toka 0,2-0,5 m/s),
3. sloj iznad hrapave podloge u kojem je prisutno tečenje vode sa slobodnim vodnim licem (bez prokopa, preljeva i suženja korita), pogodan za ribe s duljinom tijela preko 30 cm (brzina toka 0,6-1,5 m/s),
4. sloj iznad glatke podloge u kojem je prisutno tečenje vode sa slobodnim vodnim licem - duljina dionice do 5 m (brzina toka 0,6-1,5 m/s), duljina dionice do 10 m (brzina toka 0,5-1,2 m/s) [8].

### Brzina toka

Pragovi ne bi smjeli biti projektirani tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine, već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe prag. Pri tome treba napomenuti da bi za projektiranje pragova trebalo koristiti kratkotrajnu kritičnu brzinu „najlošijeg“ plivača među ribljim vrstama promatranog područja, a to su obično mlade jedinke pojedinih vrsta ili veličinom najmanje vrste [9]. Kratkotrajne kritične brzine kreću se otprilike u rasponu od 1 do 2 m/s ovisno o literaturnom izvoru [8]. Stoga maksimalna vrijednost brzine toka na pragu ne bi trebala prelaziti 2 m/s [9]. Laboratorijska ispitivanja pokazala su da su najveće kratkotrajne brzine koje mogu savladati male i mlade ribe približno 0,35-0,6 m/s. Ovakve relativno male brzine mogu biti osigurane u neposrednoj blizini dna odgovarajućim projektnim rješenjem.

U tablici u nastavu (Tablica 34) dane su granične kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno svladati pragom (FAO, 2002) [9].

**Tablica 34. Maksimalne kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno savladati ribljom stazom i tipu riblje staze (prema FAO, 2002)**

ukupna visinska razlika [m]	zona pastrve, gornji tok	zona pastrve, donji tok	zona lipljena	zona mreke	zona deverike
<b>prirodne riblje staze – riblja rampa</b>					
< 5	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
5 – 10	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5
> 10	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

### Dubina vode na pragu

Dubina vode na pragu ne smije biti manja od 0,2 m. Poželjno je da dubina bude što veća jer se s dubinom povećava i prolaznost kako riba koje plivaju pridneno tako i riba koje plivaju u stupcu vode [9]. Potrebna dubina vode za kretanje ovisi o vrsti i veličini jedinki.

## Protok

U slučaju postavljanja riblje rampe po čitavoj širini pregrade, preko riblje rampe prolazi sva voda u vodotoku. Stoga prag i rampu treba dimenzionirati prema srednjem dnevnom niskom protoku, kako bi bili prohodni u uvjetima niskog protoka. S druge strane, pri visokim protocima, prag i rampa moraju biti dovoljne stabilnosti da podnesu svo opterećenje [8].

## Turbulencija

Pojavu turbulencije i vrtložnosti teško je izbjeći a njihov utjecaj na plivanje riba nije sasvim razjašnjen. Zbog mogućnosti da manje ribe budu zahvaćene i zbunjene vrtlozima i turbulencijom, u redu je pretpostavka da je utjecaj negativan. Neka istraživanja sugeriraju da ribe znaju koristiti turbulenciju uz fizičke strukture, propulziju uzrokovanu plivanjem drugih riba i vrtloge za uspješnije plivanje. Sumnja se da veličina vrtloga najviše utječe na ponašanje riba pri plivanju (Liao 2007). S obzirom na ostale akvatične organizme sa slabijim plivačkim sposobnostima turbulencija bi trebala biti što manja. Navedeno se može postići povećanjem duljine nizvodnog pokosa i ublažavanjem nagiba te povećanjem hrapavosti pokosa postavljanjem kamenog materijala, koje ujedno osigurava mjesta za odmor organizmima.

Generalni pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) je maksimalna volumetrijska disipirana snaga  $P_V$  [ $W/m^3$ ]. Za pojedine riblje vrste postoje maksimalno preporučene vrijednosti disipirane snage (Callaud, Pineau et al. 2014). Generalna preporuka je da treba iznositi oko 150-200  $W/m^3$  ovisno o vrsti riba. Detaljnija preporuka prema zonaciji rijeka dana je u tablici u nastavku (Tablica 35) (prema BMLFUW, 2012) dok su granične vrijednosti (maksimalne dopuštene) dane u sljedećoj tablici (Tablica 36) (prema EA, 2010) [9].

**Tablica 35. Preporučene vrijednosti volumetrijske disipirane snage prema zonaciji rijeke (prema BMLFUW, 2012)**

	zona pastrve, gornji tok	zona pastrve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
volumetrijska disipirana snaga, $P_V$ [ $W/m^3$ ]	160	130-140	120	100	80

**Tablica 36. Granične vrijednosti volumetrijske disipirane snage ( $W/m^3$ ) prema zonaciji rijeke (prema EA, 2010)**

vrsta staze	zona pastrve, gornji tok	zona pastrve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
riblje rampe	300	275	250	100	175

## Nagib nizvodnog pokosa praga

Maksimalan nagib modificiranog praga s ribljom rampom iznosi otprilike između 1:15 (zona pastrve, gornji tok) i 1:50 (zona mreine). Salmonidne vrste mogu prolaziti nagib od 6-10%,

dok se kod ciprinidnih vrsta javljaju problemi pri nagibima većim od 3,5% zbog potrebne brzine toka [8].

### Odmorišta

Modificirani pragovi s ribljom rampom trebaju imati mjesta za odmor. Odmorišta su područja predviđena za oporavak riba od napora uslijed svladavanja uspona i većih brzina u zonama otvora. Zone odmorišta moraju biti prilagođene dimenzijama praga a predstavljaju ih zone ili bazeni s volumetrijskom disipiranom snagom manjom od  $50 \text{ W/m}^3$  [9].

### Materijal za izgradnju riblje rampe

Riblja rampa treba biti izgrađena od sloja grubog supstrata minimalne debljine 0,2 m po cijeloj svojoj duljini. Supstrat može biti nevezan ili vezan, a preporuka je korištenje nevezanog gdje je to primjenjivo, budući da bolje oponaša prirodne uvjete u vodotoku. Supstrat bi trebao biti tipičan za rijeku, a materijal supstrata bi trebao biti što prirodniji i postavljen tako da na dnu tvori raznoliku mrežu otvora i pukotina raznih veličina i oblika. Ovako koncipirana riblja rampa omogućuje malim ribama i bentoskim beskralježnjacima uzvodno kretanje. Također, s hidrauličkog gledišta, sloj od grubog supstrata služi i kao zaštita dna od erozije. Hrapavo dno trebalo bi biti neprekidno po čitavoj duljini riblje rampe [9]. Ovdje treba imati na umu da podloga s prevelikom hrapavošću može uzrokovati preveliku turbulenciju i nemogućnost prolaska praga. Tipsko rješenje uključuje kamene samce (35-45 cm promjera i 4-5 kamena/m<sup>2</sup>), između kojih se nalazi mješavina kamenja (5-15 cm) i šljunka (8-32 mm). Kamene samce trebaju biti više od sloja sitnijeg materijala za najmanje 0,1 m [8]. Svrha samaca je dodatno olakšati prelazak preko praga stvaranjem mikrostaništa za odmor u zoni manje turbulencije te omogućiti obavljanje prolaza preko praga u nekoliko faza. Tečenje vode preko takvih pragova obogaćuje je kisikom iz zraka, odnosno pozitivno utječe na aeraciju vode, što će najviše doći do izražaja kod malih voda [10].

### Orijentacija riba

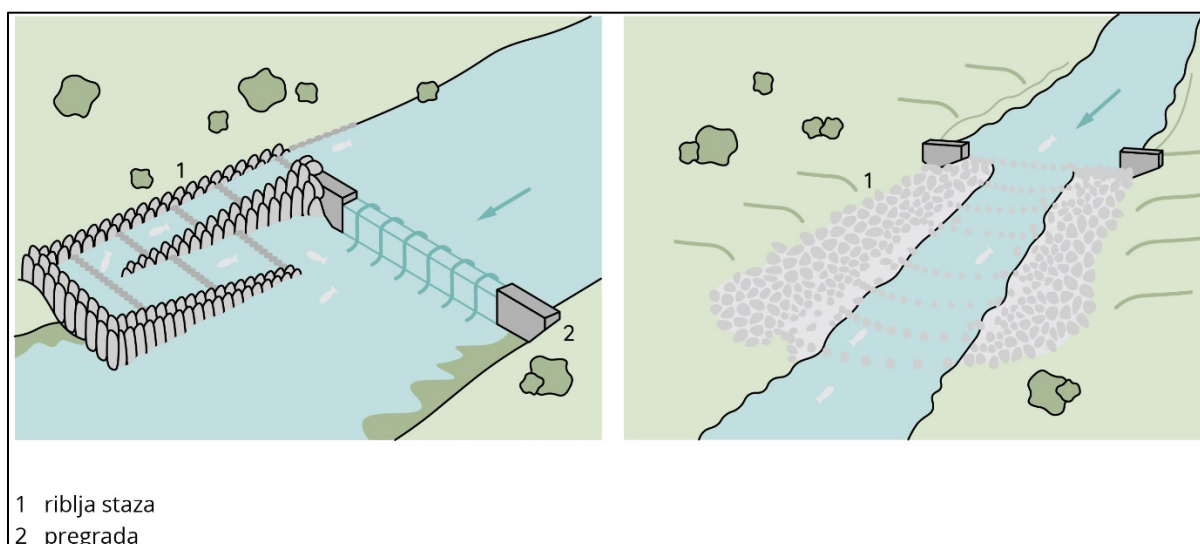
Sve vrste riba mogu osjetiti brzinu toka i koristiti je za orijentaciju i kretanje u uzvodnom smjeru. Ukoliko brzina toka padne ispod određene granične vrijednosti specifične za pojedinu vrstu, riba gubi mogućnost orijentacije. Granične vrijednosti brzine toka kreću se od 0,15 m/s (npr. peš, *Cottus gobio*) do >0,30 m/s (npr. mladica, *Hucho hucho*) [8]. Ribama odgovara situacija kada znaju prepoznati „uzorak toka“ pa je poželjno ponavljanje uzorka geometrije na pragu s ribljom rampom [9].

#### **1.3.2.1 Tehnički opis praga s ribljom rampom**

Riblje rampe su prirodne riblje staze koje nastoje oponašati prirodne tokove, izgrađene najčešće korištenjem kamenog materijala. Mogu se graditi kao dio pregrade uz obalu ili po cijeloj širini pregrade. Riblje rampe se razlikuju prema tipu konstrukcije:

- a) Konstrukcija od ugrađenih kamenih blokova je jednoslojna konstrukcija otporna na velike protoke, u kojoj su kameni blokovi stisnuti i ravnomjerno poslagani na temeljnom sloju. Zbog svoje homogenosti i smanjenje hrapavosti nisu najbolje dostupno rješenje. Primjenjivi su do nagiba 1:10 (10%), a duljina ne bi trebala prelaziti 10 m.
- b) Konstrukcija od kamenog nabačaja je rastresita, ali elastična konstrukcija sastavljena od više slojeva kamenog nabačaja. U odnosu na prethodni tip veće je hrapavosti i posljedično dubine vode. Ako je prirodni supstrat dna pijesak, potreban je i temeljni sloj. Primjenjivi su do nagiba 1:15 (6,5%), na kraćim dionicama i u kombinacijama s drugim tipovima.
- c) Kaskadna konstrukcija je konstrukcija koju čini niz pragova od velikih kamenih blokova koji tvore bazene pogodne za odmor riba. Promjeri kamenih blokova su 0,6 – 1,2 m. Konstrukcija je velike hrapavosti, primjenjiva na nagibima do 1:30 (3,5%) i na velikim duljinama [8, 9].

Na slici u nastavku (Slika 36) dan je shematski prikaz kamenih ribljih rampi.



**Slika 36. Shematski prikaz: lijevo – kaskadna riblja rampa, desno – riblja rampa od kamenog nabačaja**

Osnovne smjernice kod projektiranja ribljih rampi prema dostupnoj literaturi dane su u nastavku [9]:

- Širina rampe ovisi o veličini protoka, ali u praksi iznosi minimalno 2 m. Dubina vode kod srednjeg protoka trebala bi iznositi 0,3-0,4 m, međutim to su samo okvirne vrijednosti koje prvenstveno ovise o ribljim vrstama za koje se staza projektira.
- Riblje rampe se izvode pod nagibima manjim od 1:20, a često ni takvi nagibi nisu dovoljni da brzine toka ne prekorače dopuštene vrijednosti od 1,6 - 2,0 m/s. U tim slučajevima se koriste veliki kameni blokovi kojima se nastoji povećati hrapavost, a time smanjit brzine i povećat dubine. Kamen i blokovi se mogu postavljat nasumice u nepravilnom rasporedu ili na način da preko cijele širine rampe tvore poprečne



pragove. Kod nepravilnog rasporeda, svrha kamenih blokova je da povećaju hrapavost rampe i pruže skloništa ili odmorišta za ribe. Postavljanjem kamenih blokova da tvore pragove, postiže se stvaranje bazena, koji opet služe kao odmorište za ribe a prilikom malih protoka osigurava potrebne razine vode.

- Velike brzine uzrokuju eroziju dna i obala. Obale se u tu svrhu stabiliziraju kamenim blokovima ili riprapom, čak i preko razine srednje vode. Gornji dijelovi obale se osiguravaju sadnjom vegetacije. Nizvodni dio riblje rampe, tj. ulaz u riblju rampu, zaštićuje se sa više slojeva kamenja. Kod korita otpornih na eroziju, minimalna duljina osiguranog dna iznosi od 3 - 5 m. Za pješćana dna, potrebno je osigurati dno u duljini 7-10 visina rampe.
- Veći protoci, karakteristični za riblje rampe, imaju i svoje prednosti u vidu privlačnih struja, što ribama olakšava nalaženje ulaza u riblju stazu. Također, zbog povoljnih struja moguće je postaviti ulaz u riblju rampu nizvodnije nego što je to uobičajeno za ostale tipove ribljih staza. Time se dobivaju dulje staze blažeg nagiba s dubljim bazenima za odmor riba.
- Na izlazu riblje staze često je potrebno napraviti konstrukciju s kontrolnim uređajem radi reguliranja protoka, posebno kad postoji vjerojatnost velikih fluktuacija u razini vode ili poplavnih voda.

U tablici u nastavku (Tablica 37) dane su preporučene vrijednosti uzdužnih nagiba ribljih rampi s obzirom na riblje vrste.

**Tablica 37. Preporučene vrijednosti uzdužnih nagiba ribljih rampi s obzirom na riblje vrste [9]**

	Zona pastreve, gornji tok	Zona pastreve, donji tok	Zona lipljena	Zona mreke	Zona deverike
nagib	1:15	1:20	1:20-1:30	1:30-1:50	-

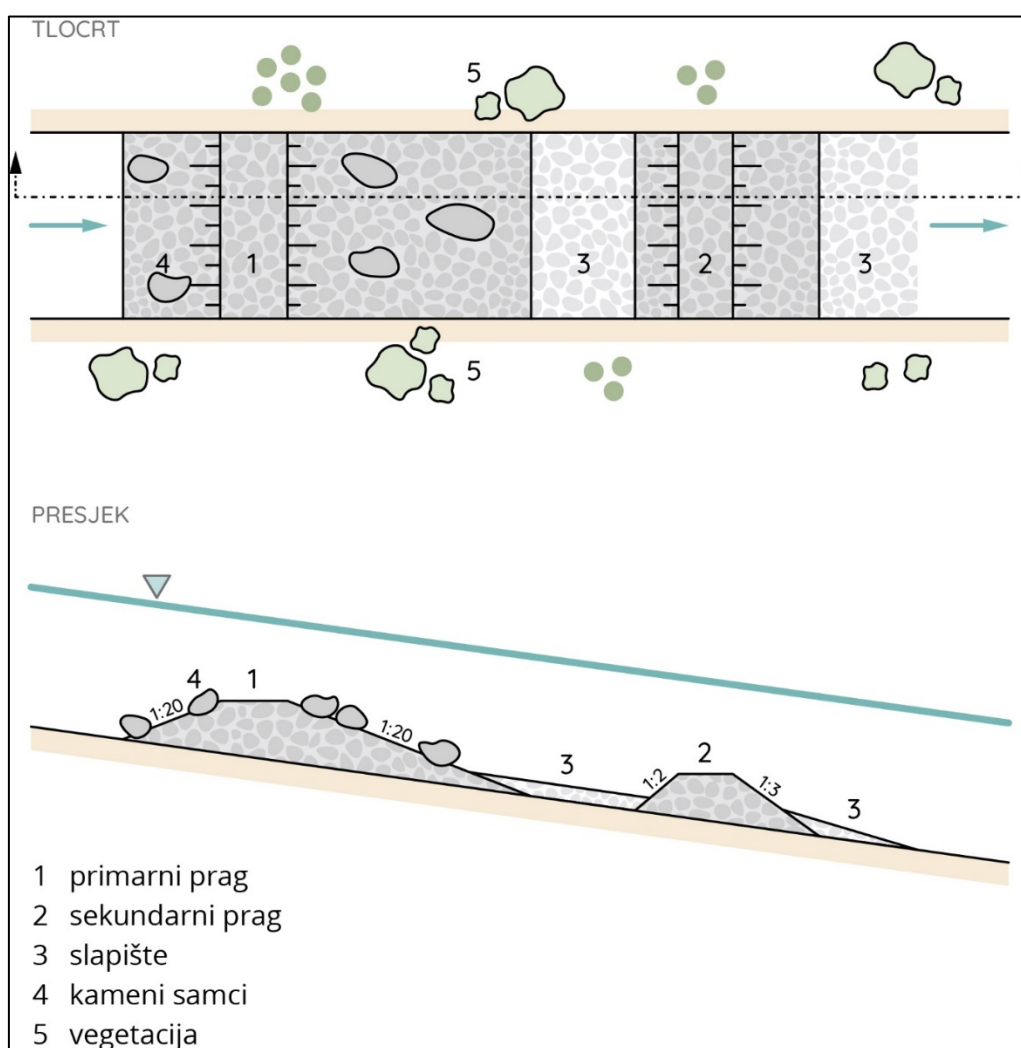
Kao tipski primjer praga s ukomponiranom ribljom rampom u nastavku je opisan prag gdje se riblja rampa proteže čitavom duljinom praga. Modifikacije klasičnog rješenja praga uključuju ublažavanje nagiba pokosa, prilagodbu visine praga hidrološkim uvjetima tako da je stupac vode iznad krune praga dovoljno visok i za vrijeme niskih vodostaja te postavljanje kamenih samaca po pokosima pragova koji pružaju zaklon i odmorište vodenim organizmima i omogućuju lakši prijelaz praga.

Prag se gradi kao nasuta građevina od mješavine kamenog i šljunčanog materijala čija veličina se zadaje projektom nakon provedenih analiza i proračuna. Prije izgradnje nasute građevine potrebno je izvesti temeljnu strukturu koja osigurava stabilnost građevine, primjerice korištenjem fašinskih madraca. Prag je postavljen okomito na korito vodotoka te se sastoji od primarnog praga, slapišta, sekundarnog praga i njegovog slapišta. Prisutnost i dimenzije slapišta i sekundarnog praga ovise o uvjetima tečenja u danom vodotoku. Ukoliko je potrebno, za omogućavanje povoljnih uvjeta za gradnju i osiguravanje stabilnosti građevine, u tijelu primarnog praga preporuča se izgradnja čeličnih talpi [10].

Poprečni presjek primarnog i sekundarnog praga je trapeznog oblika, a niveleta krune se izvodi u nagibu od oko 1% iz smjera obale prema osi vodotoka. Pokosi primarnog praga izvode se u blagom nagibu od 1:20, a na pokose se postavljaju kameni samci. Nizvodno

od primarnog praga uređuje se slapište, a na nizvodnom kraju slapišta izvodi se sekundarni prag. Sekundarni prag je dimenzijski manja konstrukcija od primarnog praga, a gradi od istog kamenog materijala kao i primarni prag. Uzvodni pokos sekundarnog praga iznosi 1:2, a nizvodni 1:3. Nizvodno od sekundarnog praga uređuje se slapište. Na dionici vodotoka na kojoj se grade pragovi potrebno je zaštititi obalu izgradnjom obaloutvrde. Preporuča se izgradnja modificirane obaloutvrde koja je objašnjena u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.1). Početak izgradnje obaloutvrde trebao bi biti oko 10 m uzvodno od osi primarnog praga dok bi njezin kraj trebao biti na kraju slapišta sekundarnog praga [10].

Na slici u nastavku (Slika 37) dan je shematski prikaz tlocrta i poprečnog presjeka modificiranog klasičnog poprečnog praga.



Slika 37. Shematski prikaz modificiranog klasičnog poprečnog praga

### 1.3.2.1.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 38) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 38) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 38. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Nabava i ugradnja temeljne strukture	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja šljunčanog materijala	m <sup>3</sup>
2.3	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>
2.4	Nabava i ugradnja kamenih samaca	kom
2.5	Izgradnja modificirane obaloutvrde	m <sup>3</sup>

Mane pragova od kamenog materijala su veličina kamenih blokova podložnih slijeganju, količine materijala za izgradnju, teška mehanizacija i veliki troškovi izgradnje [3].

### 1.3.2.1.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 39) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 39) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 39. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>
1.2	Praćenje stanja zahvata	kom
1.3	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

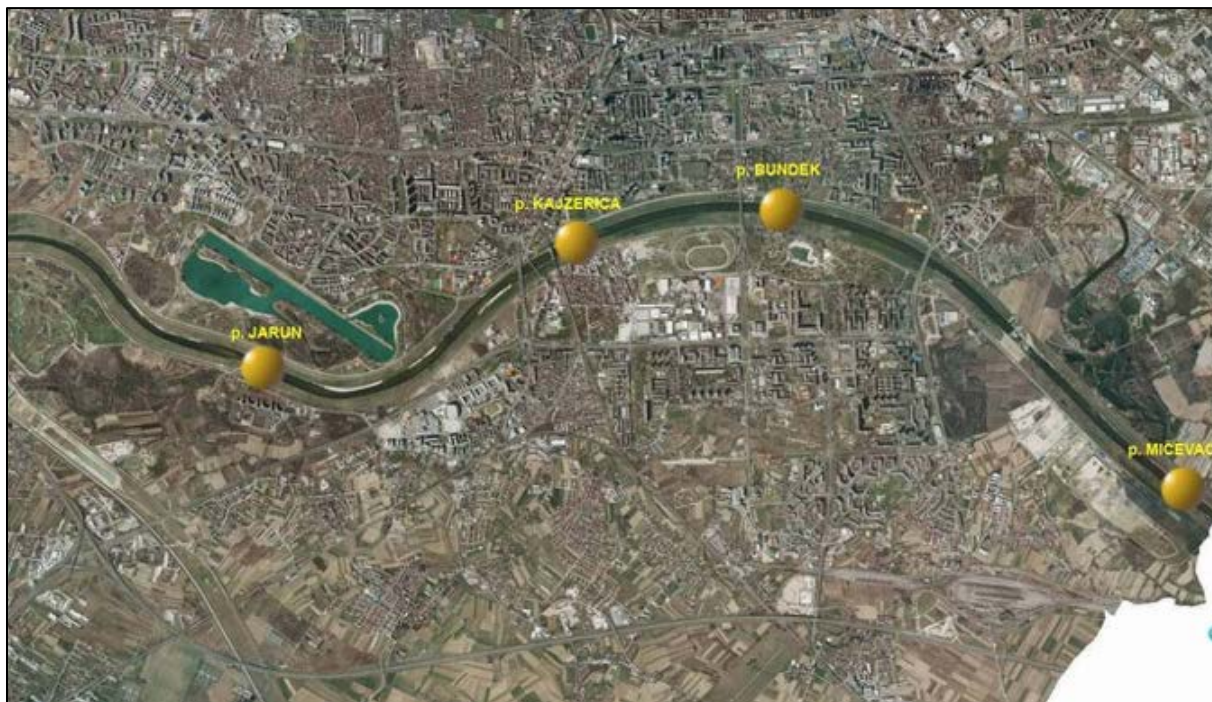
Radovi održavanja najčešće se provode na pragovima kod kojih je došlo do odnašanja kamenog materijala nakon prolaska velikog vodnog vala. Potrebno je dodatno ugraditi kameni materijal kako ne bi došlo do gubitka funkcije ili rušenja čitave konstrukcije. Navedeno se postiže ugradnjom materijala od kojeg je konstrukcija izgrađena.

### 1.3.2.1.3 Primjer mjere [10, 11]

Navedeni modificirani primjer praga još nije izveden, međutim planiran je na rijeci Savi kod Zagreba primarno za zaustavljanje daljnjeg produblivanja dna korita rijeke. Točnije, planirana je izgradnja četiri prethodno opisana, modificirana praga sa svrhom regulacija vodnog režima malih i srednjih voda. Zahvatom je planirano povišenje vodnih razina u koritu rijeke za 1 do 2 metra u odnosu na postojeće stanje. Time bi se pozitivno utjecalo na stanje režima voda u rijeci i okolnim vodnim tijelima, stanje režima podzemnih voda te na stabilnost postojećih građevina u koritu rijeke kao što su obaloutvrde i mostovi. Za predmetni zahvat 2016. ishođeno je pozitivno Rješenje u postupku procjene utjecaja zahvata na okoliš i ekološku mrežu.

Zahvatom je predviđena izgradnja četiri potopljena praga u koritu rijeke Save od 695+250 rkm do 705+750 rkm. Navedeni pragovi označeni su na slici u nastavku (Slika 38).





Slika 38. Situacija planiranih pragova na Savi u Zagrebu [10]

U nastavku je dan tehnički opis samo najnižvodnijeg praga Mičevca, budući da su konstruktivne i oblikovne karakteristike sva četiri praga jednake, a pragovi se razlikuju u pojedinim dimenzijama.

### Prag Mičevac

Najnižvodniji prag je prag Mičevac, lociran oko 880 m uzvodno od željezničkog mosta kod Mičevca u stac. 695+250 rkm. Postavljen je u koritu rijeke Save kod smetlišta Jakuševac u savskom kilometru 695,25. Projektna lokacija praga nalazi se oko 880 m uzvodno od željezničkog mosta kod Mičevca, odnosno oko 2350 m nizvodno od postojećeg praga TETO. Pozicija praga nalazi se nizvodno od vodenih površina jezera Savica. Osnovna svrha njegove izgradnje je stabilizacija uzvodnog korita rijeke Save i regulacija vodnog režima malih i srednjih voda u rijeci Savi i podzemnih i površinskih voda koje su pod njenim utjecajem, kao što su vodene površine na zaštićenom prostoru jezera Savica. Izgradnjom praga Mičevac povisit će se vodne razine donje vode praga TETO, što će imati pozitivne učinke na stabilnost postojeće građevine. Na slici u nastavku (Slika 39) dana je pregledna situacija obuhvata zahvata praga Mičevac.





**Slika 39. Pregledna situacija obuhvata planiranog zahvata praga Mičevac [10]**

Prag se gradi kao nasuta građevina od propisane mješavine kamenog i šljunčanog materijala odgovarajuće granulacije. Sastoji se od primarnog praga, slapišta, sekundarnog praga i slapišta. U cilju osiguranja povoljnijih uvjeta za gradnju i osiguranja stabilnosti građevine, u tijelu primarnog praga predviđena je ugradnja čeličnih talpi.

Poprečni presjek primarnog praga je trapeznog oblika, visine oko 3,0 metra u osi korita rijeke Save. Kruna praga je širine 8 metara. Građevina praga položena je okomito na postojeću os korita rijeke. Niveleta kruna praga izvodi se s nagibom od oko 1% iz smjera obala prema osi rijeke Save, tako da je na presjeku s osi korita rijeke kruna praga 50 cm niža od kruna praga na presjeku s lijevom i desnom obalom (u osi praga kota iznosi 102,75 m, a na presjeku s obalama 103,25 m). U svrhu osiguranja prijelaza za ribe pokosi praga izvode se u blagom nagibu 1:20. Nizvodno od primarnog praga uređuje se slapište, a na nizvodnom kraju slapišta izvodi se sekundarni prag, čija os je oko 115 m udaljena od osi primarnog praga. Poprečni presjek sekundarnog praga je trapeznog oblika, visine 1,5 m u odnosu na dno slapišta. Kruna praga je širine 6 metara i projektirana je na koti 100,7 m. Uzvodni pokos sekundarnog praga iznosi 1:2, a nizvodni 1:3 i izvodi se od iste kamene mješavine kao i primarni prag.

U području zahvata u dužini od oko 162 metara predviđena je zaštita lijevog i desnog pokosa i dijela obala rijeke. Lijeva i desna obala oblažu se tako da oblaganje počinje 10,0 m uzvodno od osi primarnog praga i završava na kraju slapišta sekundarnog praga, oko 152 m nizvodno od osi primarnog praga. Kako bi se spriječilo ispiranja sitnih čestica iz

temeljnog tla nužno je ispod kamene obloge izvršiti ugradnju filtarskog sloja propisane granulacije. Zbog složenih uvjeta ugradnje filtarskog materijala u vodi, u idejnom projektu je predloženo da se ispod kamene obloge tijela praga predvidi ugradnja tipskih prefabriciranih elemenata koji će preuzeti funkciju filtra.

### Gradnja pragova

Zbog složenih uvjeta gradnje na vodi potrebno je planirati radove izvođenja u periodima godine kad se očekuju povoljne hidrološke prilike na području zahvata. Preporuka je da to bude kod protoka rijeke Save manjih od 150 m<sup>3</sup>/s, a što prema godišnjoj krivulji trajanja dnevnih protoka u periodu od 1997. do 2013. godine odgovara protocima iznad 65%-tnog trajanja na hidrološkoj stanici Zagreb.

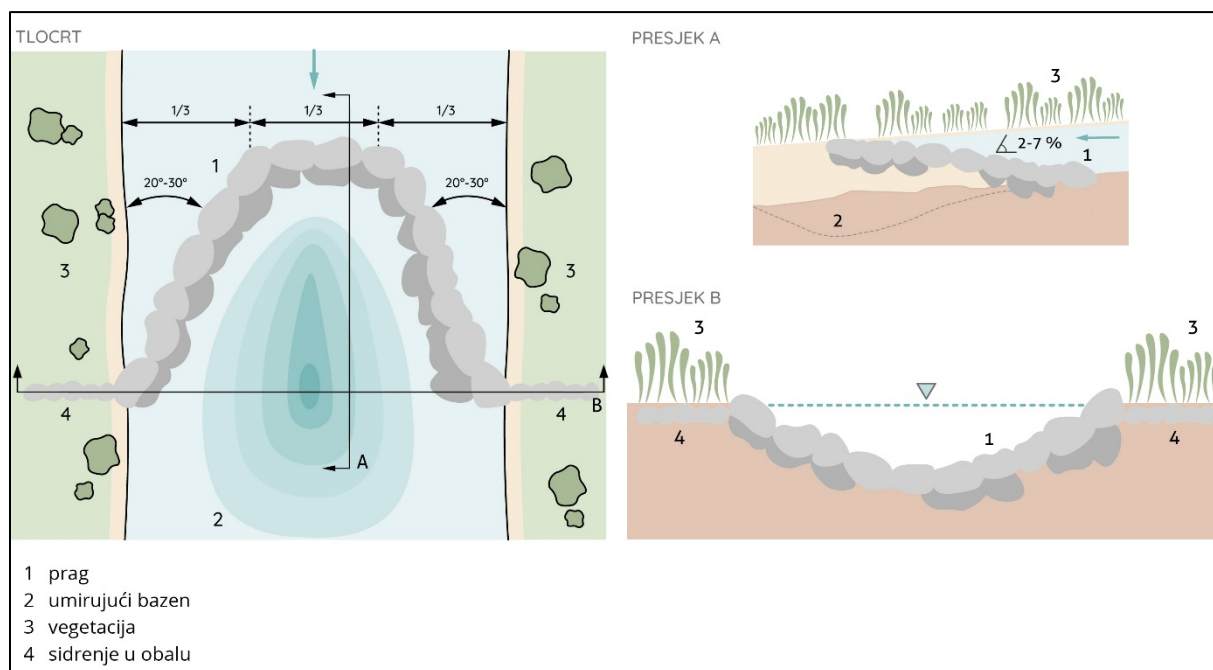
Izgradnja tijela praga kreće od nizvodnog kraja prema uzvodnome. Prvo se izvode sekundarni prag sa slapištem čime se osigurava nizvodni dio korita, odnosno izvršit će se uništenje kinetičke energije koja nastaje na sekundarnom pragu. Nakon toga izvodi se slapište primarnog praga i dio tijela praga u zoni spoja sa slapištem. U slapištu će se izvršiti uništenje kinetičke energije koja se javlja kog izgradnje praga. Nakon izgradnje slapišta kreće izgradnja tijela primarnog praga. Nadalje, radovi se vrše od obale prema sredini toka i treba ih planirati tako da se započnu istovremeno na obje obale. Dio primarnog praga izvedenog kod izgradnje obaloutvrde treba ukloniti kako bi se osigurao nastavak ugradnje čeličnih talpi i međusobno povezivanje kamene smjese obloge.

Na lijevoj i desnoj obali potrebno je osigurati prostor za privremenu deponiju kamenog i drugog materijala potrebnog za izgradnju projektiranih dijelova nasute građevine i zaštitnih obloga. Privremene deponije materijala moraju se locirati tako da ne otežavaju rad mehanizacije na obali i ostale aktivnosti u procesu gradnje.

Radovi će se većim dijelom izvoditi pod vodom, s obala i sa specijalnog plovila koje je potrebno osigurati za potrebe gradnje.

### **1.3.2.2 Tehnički opis lučnog praga**

Lučni prag, za razliku od prethodno opisanog modificiranog praga nema riblju rampu, stoga je i njegova primjenjivost manja, s obzirom na to da također mora zadovoljiti sve parametre za kretanje ihtiofaune u danom vodotoku. Na slici u nastavku (Slika 40) prikazan je lučni tip praga.



**Slika 40. Shematski prikaz lučnog praga**

Funkcionalne prednosti lučnog praga u odnosu na klasičan ravni poprečni su:

- bolja ukliještenost kamenog materijala – prag je otporniji na hidrauličku eroziju i urušavanje;
- preusmjeravanje toka vode prema središtu korita – smanjenje erozije obala jer su obale izložene manjem hidrodinamičkom opterećenju.

Lučni prag svojim oblikom preusmjerava vodu koja okomito teče na njega od obale prema središtu luka. Time se smanjuje energija toka blizu obale i sama erozije obale, ali se povećava energija u samom središtu korita zbog čega je potrebno ojačati nizvodni pokos i slapište iza praga te povisiti središnji dio krune u odnosu na desni i lijevi dio krune uz obalu [3, 5]. Tijelo praga postavlja se na temeljnu strukturu koja se izvodi primjerice korištenjem fašinskih madraca. Tlocrtno gledano, tijelo praga postavlja se nizvodno u U-obliku, sa stranicama postavljenim pod kutom od 20-30° od obala. Krunu praga potrebno je izvesti u nagibu od 2-7° od središta korita prema obalama. Nizvodno od krune u središtu praga nastaju dublje zone, tzv. umirujući bazeni kojima se pozitivno utječe na hidromorfološku raznolikost vodotoka te predstavljaju nova mikrostaništa i mrjestilišta vodenih organizama, a za vrijeme niskog vodostaja pružaju im zaklon. Preporuča se primjena vegetacije na obalama za ojačanje tla i korijena praga te ujedno doprinosi poboljšanju bioraznolikosti i zasjenjivanju vodotoka [12].

### 1.3.2.2.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 40) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 40) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 40. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Nabava i ugradnja temeljne strukture	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>

Mane pragova od kamenog materijala su veličina kamenih blokova podložnih slijeganju, količine materijala za izgradnju, teška mehanizacija i veliki troškovi izgradnje [3].

### 1.3.2.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 41) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 41) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.



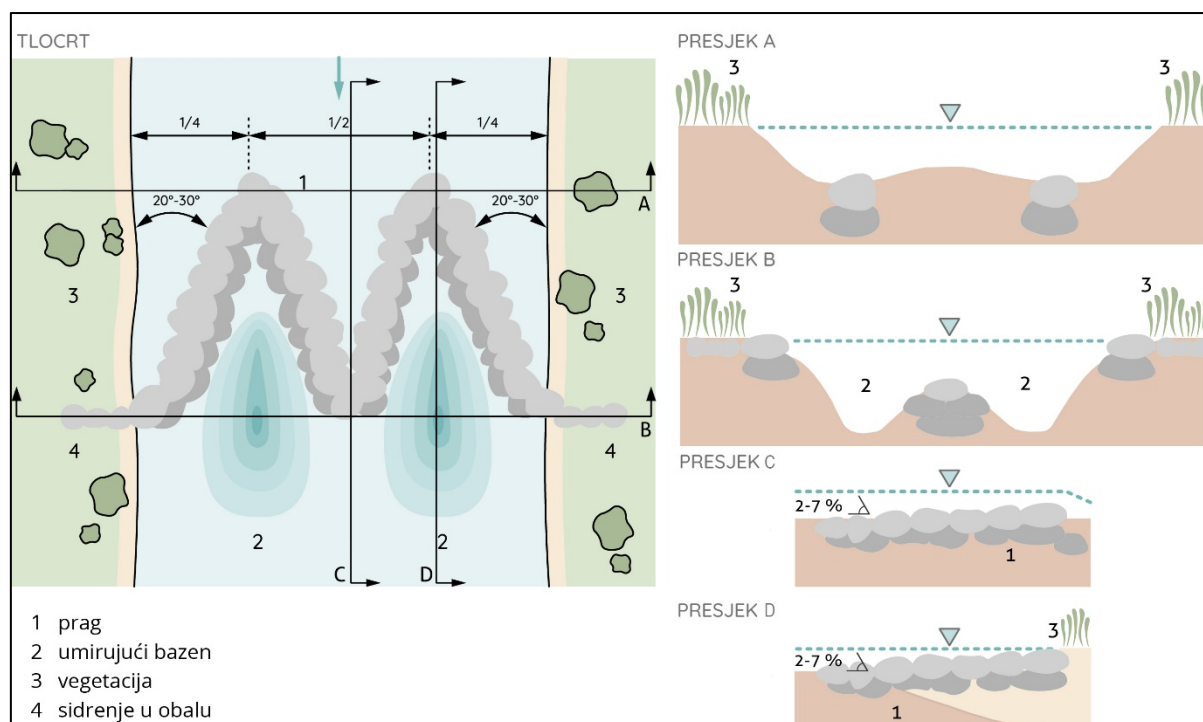
Tablica 41. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>
1.2	Praćenje stanja zahvata	kom
1.3	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Radovi održavanja najčešće se provode na pragovima kod kojih je došlo do odnašanja kamenog materijala nakon prolaska velikog vodnog vala. Potrebno je dodatno ugraditi kameni materijal kako ne bi došlo do gubitka funkcije ili rušenja čitave konstrukcije. Navedeno se postiže ugradnjom materijala od kojeg je konstrukcija izgrađena.

### 1.3.2.3 Tehnički opis W-praga

Drugi primjer modificiranog praga je W-prag jednakih funkcionalnih i sličnih konstruktivnih karakteristika kao i lučni prag. Za razliku od lučnog praga, W-prag se primjenjuje na vodotocima s većom širinom korita, a nizvodno od krune praga nastaju dva umirujuća bazena koja poboljšavaju mikrostanišne uvjete vodenih organizama [12]. Na slici u nastavku (Slika 41) prikazan je W-prag.



Slika 41. Shematski prikaz W-praga

Iako je korištenje kamenog materijala veće granulacije pri izgradnji pragova uobičajeno, promjena u tlocrtnom obliku ima brojne prednosti, kako funkcionalne tako i ekološke. W-prag smanjuje energiju toka uz obale i eroziju obala, a povećava energiju u samom središtu



korita zbog čega je potrebno ojačati i povisiti središnji dio krune te urediti slapište iza praga. Takav prag omogućuje nastanak dva umirujuća bazena nizvodno [12]. Izvođenje radova započinje izgradnjom korijena praga u obalama od lomljenog kamena srednje veličine oko 30 cm te se nastavlja prema središtu korita. Radove je potrebno započeti istovremeno na obje obale. Nadalje, slijedi izvođenje podloge, odnosno temeljnog madraca (jastuka) kojem je svrha prihvatiti težinu konstrukcije i prenijeti je na slabo nosivo tlo, odnosno dno vodotoka. Za izgradnju temeljnog madraca, preporuča se korištenje prirodnog materijala poput fašina i kamena uz kombinaciju biorazgradivog geotekstila. Slijedi izgradnja tijela praga od krupnog kamenog materijala koje može biti formirano samo od kamenih samaca (blokova) veličine 1 x 1 (1,5 x 1,5) m, međutim veličina kamenog materijala ovisi o uvjetima tečenja u koritu vodotoka, a definira se projektom nakon provedenih analiza i proračuna. Tlocrtno gledano, tijelo praga postavlja se nizvodno u W-obliku, sa stranicama postavljenim pod kutom od 20-30° od obala. Gledajući po širini korita, tjemena praga postavljaju se na četvrtini širine od obala, a njihova međusobna udaljenost iznosi polovica širine korita vodotoka.

Izvođenje radova najčešće se provodi uz pomoć plovne, izrazito skupe i teško dostupne mehanizacije. Zbog složenih uvjeta gradnje na vodi, radove je potrebno izvoditi u periodu godine kada se očekuju povoljne hidrološke prilike na području zahvata, odnosno u sušnom periodu za vrijeme trajanja malih voda.

### 1.3.2.3.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripreme troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 42) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 42) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 42. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	

2.1	Nabava i ugradnja temeljne strukture	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>

Mane pragova od kamenog materijala su veličina kamenih blokova podložnih slijeganju, količine materijala za izgradnju, teška mehanizacija i veliki troškovi izgradnje [3].

### 1.3.2.3.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 43) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 43) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 43. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>
1.2	Praćenje stanja zahvata	kom
1.3	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Radovi održavanja najčešće se provode na pragovima kod kojih je došlo do odnašanja kamenog materijala nakon prolaska velikog vodnog vala. Potrebno je dodatno ugraditi kameni materijal kako ne bi došlo do gubitka funkcije ili rušenja čitave konstrukcije. Navedeno se postiže ugradnjom materijala od kojeg je konstrukcija izgrađena.

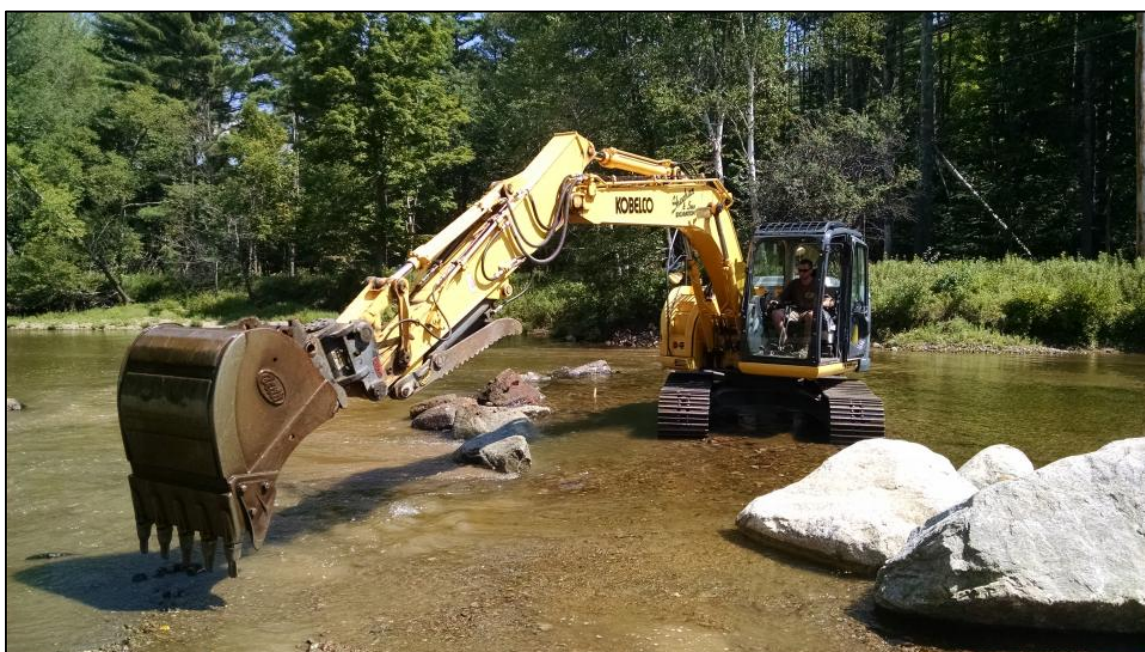
### 1.3.2.3.3 Primjer mjere [13]

Primjer praga od krupnog kamenog materijala implementiran je na rijeci Ausable u saveznoj državi New York u SAD-u 2012. godine. Uklonjen je postojeći prag izgrađen od armiranog betona i drveta u blizini javne plaže, uništen u tropskoj oluji, te je zamijenjen novim modificiranim pragom od kamenog materijala kojem je zadaća obnoviti hidrološku funkciju i prirodni tok rijeke, osigurati raznolikost staništa, omogućiti slobodno kretanja

vodenim organizmima, posebice ribama, te pružiti mogućnost rekreacije. Stara konstrukcija ometala je prolazak riba i drugih vodenih organizama, usmjeravala tok vodotoka prema obalama povećavajući im eroziju, a na određenim dijelovima i stvarala turbulentno tečenje s vrtlozima.

Projektiran je W-prag od kamenog materijala, a nizvodno od njega postavljeni su dodatni pojedinačni kameni elementi za kontrolu uzdužnog pada i odmor riba. Uzvodno od praga izgrađena su kamena uzvodna (inklinatorna) pera pod kutom od 25° od obale koja dodatno štite obalu od erozije usmjeravajući tok vode prema sredini korita.

Na slikama u nastavku (Slika 42, Slika 43) prikazana je izgradnja praga teškom mehanizacijom iz korita i s obala, točnije postavljanje velikih kamenih blokova koji čine tijelo praga i izgradnja korijena praga u obali.



Slika 42. Izgradnja novog kamenog praga – postavljanje kamenih blokova [13]





Slika 43. Izgradnja novog kamenog praga – izgradnja korijena praga u obali [13]

Na slici u nastavku (Slika 44) prikazan je W-prag nakon završetka radova.



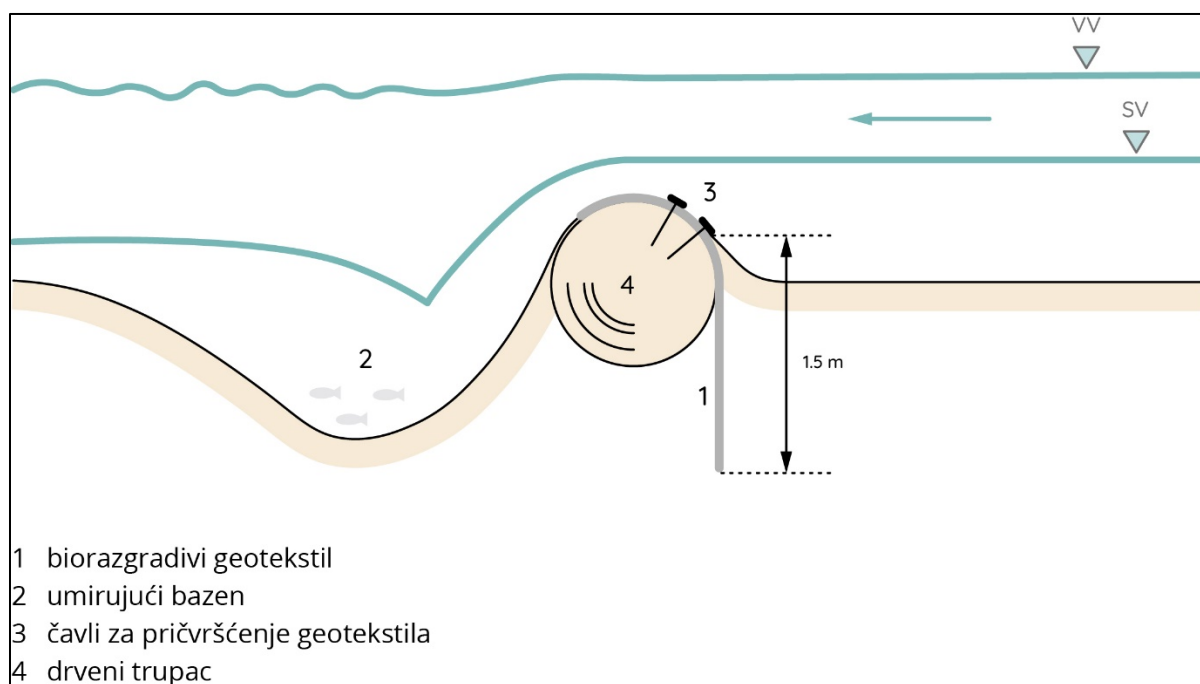
Slika 44. W-prag od krupnog kamenog materijala [13]

### 1.3.2.4 Tehnički opis praga od trupaca

Četvrti tip modificiranog praga su pragovi od trupaca koji se primjenjuju na manjim vodotocima. Korištenjem drvenih trupaca postignut je stepenasti uzdužni profil vodotoka pogodan za aeraciju vode i formiranje umirujućih bazena nizvodno od pragova. Sadnjom

vegetacije i postavljanjem kamenog materijala veće granulacije povećana je prirodnost vodotoka i raznolikost staništa unutar vodotoka što pogoduje životinjskim vrstama. Drveni trupci postavljaju se na prethodno izvedenu temeljnu strukturu, primjerice od fašinskih madraca.

Pragovi od drvenih trupaca su jeftiniji i lakši za izvedbu, ali imaju puno manji vijek trajanja i odolijevaju manjem hidrodinamičkom opterećenju vode pa se iz tog razloga najčešće primjenjuju na manjim vodotocima radi vizualnog efekta, aeracije vode i povećanja bioraznolikosti vodotoka. Na slici u nastavku (Slika 45) prikazan je poprečni presjek praga od drvenog trupca.



Slika 45. Poprečni presjek praga od drvenog trupca

### 1.3.2.4.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripreme troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 44) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 44) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme)



koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 44. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Nabava i ugradnja temeljne strukture	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>
2.3	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>
2.4	Nabava i ugradnja drvenih trupaca	m'

### 1.3.2.4.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 45) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 45) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 45. Troškovnik radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>
1.2	Nabava i ugradnja drvenih trupaca	m
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Radovi održavanja najčešće se provode na pragovima kod kojih je došlo do oštećenja trupaca i biorazgradivog geotekstila nakon obilnijih oborinskih događaja. Potrebno je

dotatno ugraditi oštećene elemente konstrukcije kako ne bi došlo do rušenja čitave konstrukcije i neželjenih posljedica poput plavljenja okolnog područja.

### 1.3.2.4.3 Primjer mjere [14]

Primjer su pragovi od trupaca na potoku Purlear u američkoj saveznoj državi Sjevernoj Karolini, postavljeni u srpnju i kolovozu 2006. godine. Stari vodotok je kanaliziran i izravnat prije četrdesetak godina, a s vremenom se uslijed neodržavanja nataložio sedimentom, tečenja vode je prekinuto, obale su obrasle grmljem i paprati te je smanjena raznolikost životinjskih vrsta.

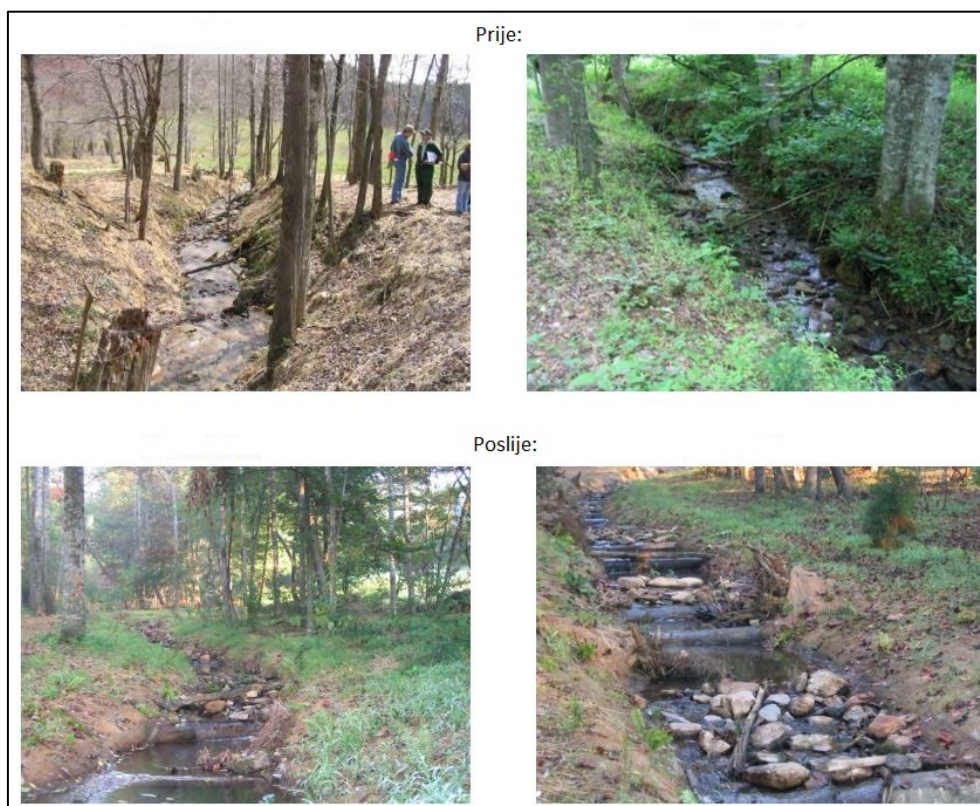
Kako bi se potok obnovio, pokrenuta je inicijativa za revitalizaciju i „oživljavanje“ potoka, a postavljeno je nekoliko ciljeva. Planirano je ponovno povezivanje vodotoka s pripadnim poplavnim područjem, poboljšanje kvalitete i razine podzemne vode, stvaranje stepenastog uzdužnog profila i nizvodnih bazena pogodnih za razvoj staništa vodenih organizama, uz korištenje biološkog materijala dostupnog na licu mjesta te minimalni utjecaj na vegetaciju i privatne posjede.

Revitalizacija vodotoka Purlear realizirana je izvedbom 35 pragova od trupaca visine oko 15 cm uz pomoć kojih je postignut kaskadni, stepenasti uzdužni profil vodotoka i nastali su umirujuć bazeni koji predstavljaju nova mikrostaništa vodenim organizmima. Za dodatnu stabilizaciju korita, posebice pokosa obala, postavljen je biorazgradivi geotekstil i zasađene su sadnice autohtonih biljaka, preuzete iz okolice zahvata. Na slici u nastavku (Slika 46) dane su fotografije lokacije zahvata neposredno nakon završetka radova (lijevo) i nakon prve kiše (desno), na kojoj je vidljivo da je već nakon prve kiše postignut željeni učinak pragova u vidu nastanka bazena.



**Slika 46. Fotografija vodotoka nakon završetka radova i nakon prve kiše [14]**

Slika u nastavku (Slika 47) prikazuje potok Purlear prije i nakon izvođenja radova.



Slika 47. Vodotok prije i poslije izvedbe pragova od trupaca [14]

### 1.3.3 Projektiranje mjere

Kako bi se izgradnjom pragova postigla željena funkcionalnost i smanjili negativni utjecaji na okoliš, u najranijoj fazi potrebno je dobro razmotriti i analizirati uvjete u koritu. Prilikom planiranja i projektiranja pragova, potrebno je voditi računa o održivosti tehničkog rješenja, njegovom utjecaju na morfološke promjene korita i mogućnosti nesmetanog kretanja vodenih organizama. Za analizu uvjeta na lokaciji zahvata te u užoj i široj okolici, u nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za projektiranje pragova.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 46) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja pragova. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.



**Tablica 46. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> <li>• povijesne karte</li> </ul>
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
karte plovnih putova
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi vodotoka na kojoj je planirana izgradnja pragova: u koritu i na obalama;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 47).

**Tablica 47. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području planiranog zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Obuhvat istraživanja kao i skupine faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama šireg područja. Istraživanjima je potrebno utvrditi prisutnost riba, školjkaša i rakova. Prisutna fauna direktno uvjetuje odabir tehničkog rješenja.

## Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta pragova potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 48) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 48. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se grade pragovi)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja pragova različitog tipa i geometrije te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 49) i analizirati utjecaj svake varijante na kontinuitet vodotoka. Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 49. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja pragova.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>



**proračuni**

- izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa;
- dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja projektiranih pragova na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);
- modeliranje dinamike pronosa nanosa, globalne i lokalne stabilnosti korita;
- proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti pragova.

**proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti**

Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:

- stabilnost praga – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti pragova te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.

U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine (pragova) provode se (ne isključivo) proračuni:

- određivanja filtarskih slojeva;
- nosivost temeljnog tla – slijeganje tla može uzrokovati slijeganje cijele konstrukcije što može uzrokovati rušenje praga;
- analize stabilnosti pokosa obala zbog sidrenja pragova u obale;
- analiza procjeđivanja;
- proračun konsolidacije;
- stabilnost pragova na podlokavanje uslijed hidrodinamičkog djelovanja toka;
- proračun za seizmičko djelovanje;
- dimenzioniranje konstrukcije.

Rješenje pragova odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u postojećem i projektnom stanju u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidroloških postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka.

Prilikom planiranja pragova, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

### 1.3.4 Primjenjivost mjere i ograničenja

S obzirom na dimenzije, tlocrtni oblik i primijenjene materijale, postoji mnogo tehničkih rješenja pragova, a odabir optimalnog rješenja ovisi o uvjetima tečenja u vodotoku, prisutnoj fauni i željenom učinku. Iz toga slijede i glavna ograničenja u primjeni određenih vrsta pragova. Ukoliko zbog hidroloških karakteristika vodotoka i hidrauličkih uvjeta tečenja na lokaciji zahvata nikakvim tehničkim modifikacijama praga nije moguće ostvariti željeni učinak praga, nužna je izgradnja riblje staze koja će omogućiti migracije vodenim organizmima.

Funkcija klasičnih pragova od armiranog betona ili betona zalivenog kamenom i modificiranih pragova od kamenog materijala ili drvenih trupaca je ista, međutim u pogledu hidrodinamičkog opterećenja vode koje se javlja kao posljedica tečenja vode pomiješane s nanosom i koje građevina treba prihvatiti bez nastanka mehanizama rušenja, modificirani pragovi mogu prihvatiti manja opterećenja od klasičnih pragova. Pritom je najviše ograničena primjena pragova od trupaca budući da oni najmanje odolijevaju opterećenju vode.

U kontekstu zelene infrastrukture, glavno ograničenje izgradnje praga odnosi se na njegove dimenzije, točnije visinu i nagib pokosa, koje moraju omogućiti izvodne i nizvodne migracije vodenih organizama.

Razlika u primjenjivosti lučnog i W-praga odnosi se samo na širinu korita vodotoka, odnosno W-prag se primjenjuje na vodotocima s većom širinom korita u odnosu na lučni prag.

Pragovi se primjenjuju i kao potopljene građevine na plovnim putovima u funkciji održavanja vodnog režima, kako bi se povisila razina vodnog lica na dionicama plovnih putova na kojima je zbog iskopa kinete, odnosno povećanja protočnog profila, razina vode snižena. U tom slučaju potrebno ih je dimenzionirati tako da kota krune praga ne zadire u plovnog gabarit plovnog puta.

Provedba izgradnje modificiranih pragova kao mogućih pratećih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.3.5 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 50 do Tablica 52) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja modificiranih pragova.

**Tablica 50. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Pragovi se mogu graditi sa svrhom zasipavanja erodiranog tla nanosom koji se pronosi vodotokom. Međutim, ukoliko se grade za stabilizaciju uzdužnog pada sa slobodnom visinom, može doći do neželjenog taloženja nanosa uzvodno od praga, smanjenja protočnog profila i na kraju pojave poplave. Kako ne bi došlo do neželjenih posljedica taloženja nanosa, informacije o količini, vrsti i pronosu nanosa predstavljaju važan projektni parametar.
led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj. Kod ledostaja se javlja statičko opterećenje na konstrukciju praga, a kod ledohoda dolazi do dinamičkih udara ledenih santi koje mogu oštetiti građevinu ili uzrokovati abraziju. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima

hidrološki projektni parametar	opis
	<p>površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi tehničko rješenje pragova bilo u skladu s prirodnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata i kako ne bi uzrokovalo neželjene posljedice, budući da pragovi izazivaju uspor uzvodno i povećanje brzine tečenja na kruni praga i na nizvodnom pokosu.</p> <p>Prag s ribljom rampom treba dimenzionirati prema srednjem dnevnom niskom protoku, kako bi bili prohodni i uvjetima niskog protoka. S druge strane, pri visokim protocima, prag i rampa moraju biti dovoljne stabilnosti da podnesu svo opterećenje [8].</p>

**Tablica 51. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
brzina tečenja vode	<p>Parametar o kojem ovisi erozijska snaga vodnog toka i hidrodinamičko opterećenje na konstrukciju praga. Povećanjem brzine povećava se i hidrodinamičko djelovanje, pa je ograničena primjena biološkog materijala u izgradnji, a pragove je potrebno dobro ukorijeniti i stabilizirati kako bi se mogli oduprijeti navedenom opterećenju.</p> <p>Nadalje, brzina toka preko praga treba biti prilagođena vodenim organizmima koji obitavaju u pripadnom vodotoku. Naime, pragovi ne bi smjeli biti projektirani tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine, već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe prag [9]. Kratkotrajne kritične brzine kreću se otprilike u rasponu od 1 do 2 m/s ovisno o literaturnom izvoru [8]. Stoga maksimalna vrijednost brzine toka u propustu ne bi trebala prelaziti 2 m/s [9].</p>
volumetrijska disipirana snaga, $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]	<p>Generalni pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) je maksimalna volumetrijska disipirana snaga <math>P_v</math> [W/m<sup>3</sup>]. Budući da pojava turbulencije i vrtložnosti na utjecaj plivanja riba nije sasvim razjašnjena, za pojedine riblje vrste postoje maksimalne preporučene vrijednosti navedenog parametra. Generalna preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m<sup>3</sup> ovisno o vrsti riba. Pragovi s ribljom rampom trebaju imati mjesta za odmor u kojima je dopuštena veličina volumetrijske disipirane snage manja od 50 [W/m<sup>3</sup>] [9].</p>

**Tablica 52. Oblikovni i konstruktivni parametri**

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
tlocrtni oblik praga	Ukoliko se konstrukcijski i tlocrtno modificira oblik klasičnog ravnog poprečnog praga, moguće je postići ekološki prihvatljiva rješenja koja omogućavaju migraciju vodenih organizama, smanjuju erozijske procese uz obalu i ne prekidaju riječni kontinuitet.
sidrenje pragova u obale	Kod oblikovanja konstrukcije pragova posebnu pozornost treba posvetiti sidrenju konstrukcije u obale vodotoka kako bi se izbjegla mogućnost vodotoka da zaobiđe prag i formira novo korito, odnosno formira tok vode izvan građevine [1, 2]. Uz to, preporuča se i sadnja vegetacije na obalama kako bi korijenski sustav biljaka dodatno ojačao i stabilizirao pokos obale.
nizvodna nožica i slapište	Izgradnjom pragova dolazi do uspora uzvodno smanjenjem poprečnog profila, pa nizvodno dolazi do ubrzanog tečenja, u nekim slučajevima do silovitog tečenja koje rezultira vodnim skokom. Mogućnost takve pojave potrebno je provjeriti i ukoliko postoji mogućnost za njezinim nastankom, potrebno je dodatno ojačati nizvodnu nožicu i urediti slapište.
visina praga	Visina praga je važan oblikovni projektni parametar o kojem ovisi mogućnost nizvodne i uzvodne migracije vodenih organizama. Izgradnjom previsokog praga

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
	dolazi do prekid riječnog, uzdužnog kontinuiteta jer vođeni organizmi ne mogu savladati poprečnu prepreku u koritu vodotoka. Kako bi se navedeno spriječilo, prilikom projektiranja praga potrebno je težiti tome da kota krune praga bude konstantno ispod razine vode, a da se pritom zadovolji željena funkcija praga [10].
dubina vode na pragu	Dubina vode na pragu ne smije biti manja od 0,2 m. Poželjno je da dubina bude što veća jer se s dubinom povećava i prolaznost kako riba koje plivaju pridno tako i riba koje plivaju u stupcu vode [9]. Potrebna dubina vode za kretanje ovisi o vrsti i veličini jedinki.
nagib pokosa	U svrhu osiguranja uzvodnog i nizvodnog prijelaza vodenih organizama preko pragova, pokose pragova potrebno je izvesti u blagom nagibu. Maksimalan nagib modificiranog praga s ribljom rampom iznosi otprilike između 1:15 (zona pastrve, gornji tok) i 1:50 (zona mreñe). Salmonidne vrste mogu prolaziti nagib od 6-10%, dok se kod ciprinidnih vrsta javljaju problemi pri nagibima većim od 3,5% zbog potrebne brzine toka [8].
biološki materijal	Prilikom izgradnje pragova, gdje god je to primjenjivo s obzirom na hidrauličke uvjete tečenja u vodotoku, preporuča se korištenje biološkog materijala iz nalazišta u okolici zahvata i materijala dobivenog čišćenjem lokacije, primjerice drvenih trupaca. Kod izgradnje pragova s ribljom rampom, gdje god je moguće, potrebno je koristiti grubi kameni supstrat iz pripadnog vodotoka i ugraditi ga u sloju minimalne debljine 0,2 m. Supstrat može biti nevezan ili vezan, a preporuka je korištenje nevezanog gdje je to primjenjivo, budući da bolje oponaša prirodne uvjete u vodotoku [8].

### 1.3.6 Ekološki aspekti mjere

Izgradnjom modificiranih pragova u odnosu na klasična rješenja postiže se veliki ekološki benefit u vidu omogućavanja migracija riba i rakova, što se posljedično pozitivno ogleda i na čitav riječni ekosustav. Sve predložene modifikacije također su usmjerene i na povećanje „prirodnosti“ vodotoka i riječnih staništa u odnosu na klasična rješenja. Izgradnjom lučnog, W i praga od trupaca dolazi do formiranja umirujućih bazena nizvodno koja doprinose povećanju hidromorfološke raznolikosti vodenih staništa i pozitivno utječu na prisutnu faunu. Postavljanjem kamenih samaca na ribljoj rampi formiraju se područja manjih turbulencija u zoni iza kamena koja također predstavljaju mikrostaništa za privremeni odmor tijekom prolaza vodenih organizama preko praga.

Prilikom izgradnje pragova i uklanjanja prisutne riparijske vegetacije na obalama vodotoka, posebno je važno ukloniti vegetaciju u mjeri koja ne narušava potpuni prirodni režim zasjenjivanja vodnog tijela. Preporuča se uklanjanje niskog raslinja i granja koje će se u potpunosti obnoviti kroz 1-2 godine. Uklanjanje više vegetacije poput stabala treba biti svedeno na minimum budući da korijenski sustav stabala uz obale vodotoka predstavlja stanište, mrjestilište i sklonište vodenim organizmima, a uz to, potreban je i dulji vremenski period za potpuni oporavak takve vegetacije.

Uz navedene ekološke koristi u odnosu na klasične pragove, izgradnja modificiranih pragova neizbježno uzrokuje i određene negativne utjecaje. Prag s ribljom rampom obično je velike površine te njegovom izgradnjom dolazi do određene degradacije stanišnih uvjeta u vodotoku. Sve vrste pragova uzrokuju određene promjene uzvodno, prvenstveno u vidu stvaranja uspora i promjene režima pronosa nanosa, kisika i temperature. Stoga

predložena modificirana rješenja ne treba promatrati kao poželjne zahvate, nego izgradnju pragova u vodotocima generalno treba izbjegavati, a postojeće pragove koji su izgubili funkciju ukloniti. Ukoliko navedene opcije nisu moguće, tada je potrebno planirati izgradnju modificiranog praga, koji će značajno manje negativno utjecati na vodeni ekosustav u odnosu na klasična rješenja.

### 1.3.7 Održavanje pragova

Kako bi se održala funkcionalnost pragova te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, neophodno je redovito provoditi praćenje stanja. Praćenje stanja uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i taloženje nanosa) te eventualnu identifikaciju kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji od željenih, odnosno projektiranih, kao i provjeru stabilnosti. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projekta. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva, potrebno je provoditi biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i uspješnost migracije.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja i direktno ovisi o karakteristikama projekta, izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete, što može uključivati dodatnu stabilizaciju pragova ukoliko dođe do havarije.

Od redovitih mjera održavanja, preporuča se provođenje redovitog monitoringa pronosa i taloženja sedimenta uzvodno od pragova, kako bi se na vrijeme detektiralo pretjerano taloženje sedimenta na navedenom području i manjak sedimenta u koritu nizvodno.

Unošenje ovih pratećih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.3.8 Koristi od implementacije mjera

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.



### 1.3.8.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings& key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 53) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 53. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Modificirani prag ne utječe na otjecanje sa sliva.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	
kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode	Modificirani prag ne utječe na kapacitet korita za skladištenje vode.
smanjenje brzine toka	Povećanjem hrapavosti podloge na ribljoj rampi u odnosu na pokose klasičnih pragova male hrapavosti može doći do određenog smanjenja brzine toka nizvodno, no ovaj utjecaj je lokalno ograničen.
povećanje evapotranspiracije	Modificirani prag ne utječe na navedene koristi.
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove prateće mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja

rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

### 1.3.8.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 54) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [15, 16], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 54. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Implementacija mjere pozitivno utječe na populacije organizama koji migriraju uzvodno kao što su ribe i rakovi, a time i na čitav riječni ekosustav.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Modificirani prag, kao i klasični pragovi predstavlja zahvat koji negativno utječe na hidromorfološke elemente.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> </ul>	-

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<ul style="list-style-type: none"> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [17].

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

#### 1.3.8.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 55) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [18, 19], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

Tablica 55. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrnbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj na vodeni ekosustav zbog uspostavljanja migracije vodenih organizama.
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Implementacijom mjere osigurava se održanje raznolikosti i brojnosti populacija riba, a što pozitivno utječe na kvalitetu riječnog ekosustava te pruža navedene usluge.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Održavanjem zdravog riječnog ekosustava pružaju se različite mogućnosti izravne i neizravne interakcije ljudi s rijekom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.3.9 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Vuković, Ž. (1995): *Osnove hidrotehnike*, prvi dio, druga knjiga
- [2] Kuspilić, N. (2009): *Regulacije vodotoka*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [3] Cikojević, A., Ferenčak, F., Husajina, J. (2017): *Poboljšanje karakteristika riječnog praga modifikacijom lučnog oblika*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb
- [4] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.

- [5] Gjetvaj, G., Cikojević, A., Ferenčak, F., Husajina, J. (2019): *Lučni riječni pragovi*, stručni članak, Hrvatske vode, 27(2019), 107, 29-34
- [6] *Stručne smjernice – upravljanje rijekama*, Twinning Light projekt EU HR/2011/IB/EN/02 TWL, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, 2015.
- [7] Franklin, P., Gee, E., Baker, C., Bowie, S. (2018): *New Zealand Fish Passage Guidelines For structures up to 4 meters*, National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd
- [8] Schmutz, S., Mielach, C. (2013): *Measures for ensuring fish migration at transversal structures – Technical paper*, International Commission for the protection of the Danube River
- [9] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2017): *Planiranje i projektiranje ribljih staza*, Izvještaj 1 i 2, Hrvatske vode
- [10] Elektroprojekt d.d. (2015): *Pragovi u koritu rijeke Save na dionici Ivanja Reka – Jarun*, studija utjecaja na okoliš, Hrvatske vode
- [11] Grad Zagreb (2016): *Rješenje postupka procjene utjecaja na okoliš (KLASA: UP/I-351-03/15-01/1, URBROJ: 251-19-21-16-34)*
- [12] Rosgen, L.D. (2006): *The Cross-Vane, W-Weir and J-Hook Vane Structures... Their Description, Design and Application for Stream Stabilization and River Restoration*, Wildland Hydrology, Inc., Colorado
- [13] *Keene Weir Replacement*, Ausable River Association, <https://www.ausableriver.org/blog/keene-weir-replacement> (pristupljeno 10. srpnja 2021.)
- [14] Shaffer, M.B., Gerow, T.: *High Gradient Stream Restoration – Applying restoration techniques to a steeply sloped stream*, NC State University, NC Forest Service, [https://www.ncforestservice.gov/water\\_quality/pdf/Purlear\\_Creek\\_NCSU\\_Schematics\\_and\\_Photos.pdf](https://www.ncforestservice.gov/water_quality/pdf/Purlear_Creek_NCSU_Schematics_and_Photos.pdf) (pristupljeno 18. srpnja 2021.)
- [15] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [16] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [17] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [18] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [19] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>



## 1.4 Paralelna (uzdužna) građevina i traverza

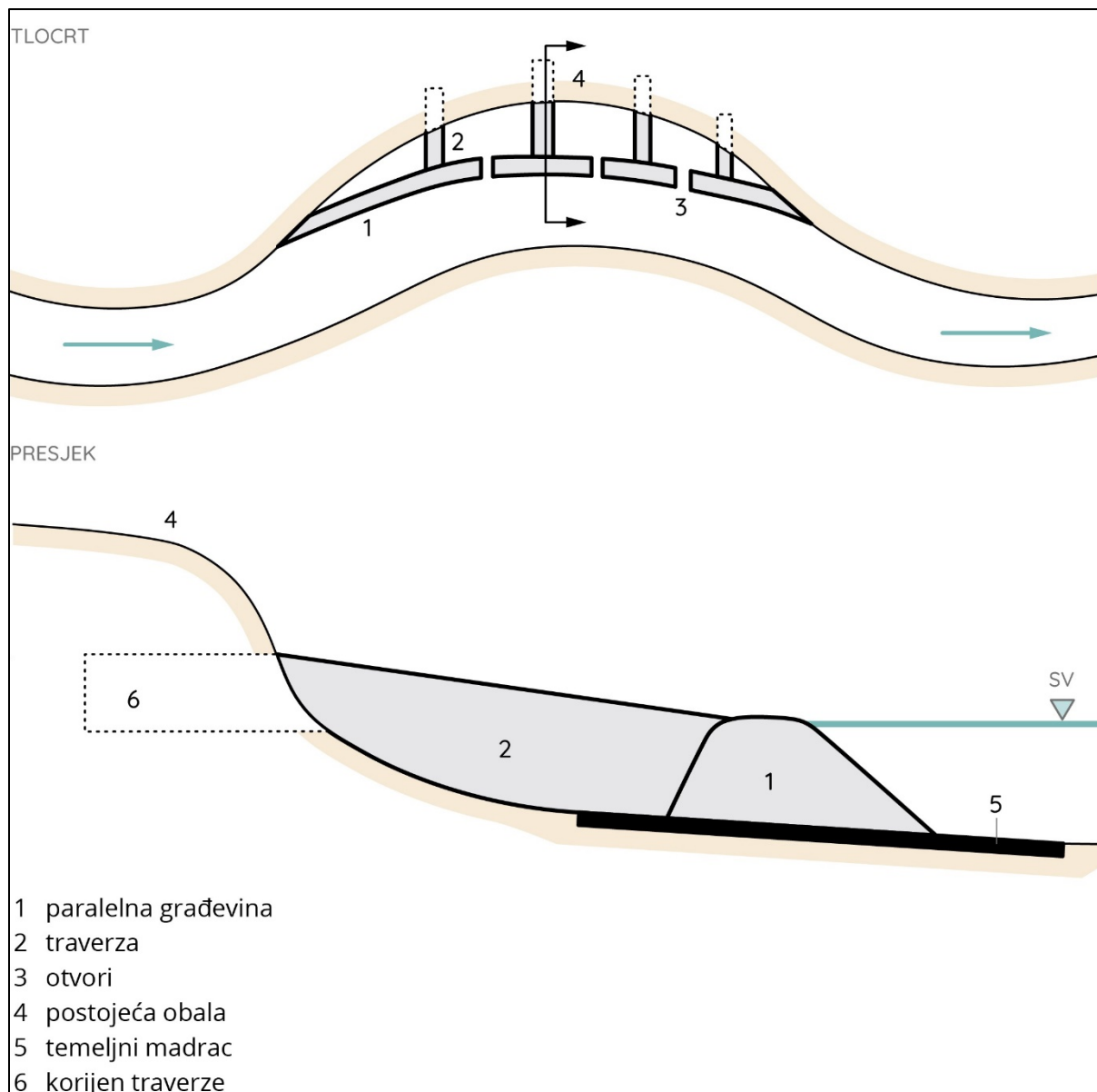
**Paralelna ili uzdužna građevina** je građevina koja se izvodi u koritu vodotoka paralelno s obalom, a služi za zaštitu od fluvijalne erozije, pomicanje obalne linije u korito i suženje korita te poboljšanje uvjeta plovidbe. Zbog kontinuirano definirane linije nove obale, ujednačeno je tečenje i nema stvaranja lokalnih erozija. Djeluje na način da se prostor između paralelne građevine i postojeće obale vremenom ispunjava nanosom i zatrpara, a na strani toka suzi protočni profil i koncentrira tok vode u središte korita. Proces zatrparavanja ubrzava izgradnja **traverzi** – poprečnih građevina kojima se povezuje postojeća obala s paralelnim građevinama, te otvora na paralelnim građevinama koji omogućavaju protok vode i taloženje sedimenta i za vrijeme malih voda [1, 2, 3, 4, 5]. Traverze su manjih dimenzija od paralelnih građevina, povećavaju stabilnost paralelne građevine i sprječavaju pojavljivanje sekundarnog toka između paralelne građevine i postojeće obale [1]. Paralelne građevine i traverze su opisane u *Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu* [3] gdje pripadaju tzv. „sivoj“ infrastrukturi.

U današnje vrijeme primjena paralelnih građevina i traverzi je sve rjeđa te se zamjenjuju najčešće regulacijskim perima, hidrotehničkim građevinama kojima se postiže isti učinak no s jednostavnijom izvedbom građevine. Opis hidrotehničkih pera dan je u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.2).

Na slici u nastavku dana je fotografija paralelne građevine na Uni u Hrvatskoj Dubici (Slika 48), izgrađene 2008. godine. Prema dostupnim podacima navedena paralelna građevina predviđena je za uklanjanje [6]. Na sljedećoj slici (Slika 49) dan je shematski tlocrtni prikaz i poprečni presjek paralelne građevine i traverze.



Slika 48. Paralelna građevina na Uni u Hrvatskoj Dubici, 1:3.000 (DOF)



Slika 49. Shematski prikaz paralelne građevine i traverze

### 1.4.1 Negativni utjecaji klasičnih paralelnih građevina i traverzi i moguća ublažavanja

Izgradnjom paralelnih građevina dolazi do negativnog utjecaja na hidromorfološke procese vodotoka uslijed suženja korita, utvrđivanja nove obale koja nije podložna fluvijalnim procesima, prvenstveno eroziji, i posljedično produbljenja korita. Navedeni utjecaji negativno se odražavaju na ocjenu stanja vodnog tijela, ali i na bioraznolikost vodotoka zbog promjena i ujednačavanja stanišnih uvjeta što negativno utječe na sve vodene organizme. Slijedom navedenog, negativni utjecaji na bioraznolikost i stanje vodnog tijela do kojih može doći izgradnjom paralelne građevine i traverzi, a koji su povezani s uslugama ekosustava su sljedeći:

- degradacija ili potpuni gubitak staništa za biljne i životinjske vrste zbog uklanjanja riparijske vegetacije i zauzeća korita vodotoka postavljanjem konstrukcije;
- omogućavanje širenja invazivnih vrsta (biljaka i životinja), kojima pogoduju antropogeno utjecana (degradirana) staništa i materijal korišten za izgradnju navedenih građevina;
- hidrološke i hidromorfološke promjene vodotoka (suženje protočnog profila korita vodotoka, povećanje brzine vode i pojačano taloženje nanosa u prostoru između paralelne građevine i postojeće obale).

Hoće li do navedenih utjecaja doći te koja će biti njihova značajnost ovisi o:

- bioraznolikosti vodotoka;
- hidrološkim i hidromorfološkim karakteristikama vodotoka;
- tehničkom rješenju paralelne građevine i traverzi.

Tehnička rješenja kojima se mogu ublažiti prethodno navedeni negativni utjecaji uključuju:

- korištenje biološkog materijala – primjena drvenog kolja, granja, trupaca, fašina i drugog sličnog materijala;
- omogućavanje razvoja i održavanja autohtone riparijske vegetacije na novo formiranoj obali.
- ostavljanje propusta u paralelnoj građevini i traverzi kojom se osigurava stalni protok vode u prostoru između stare i nove obale i sprečava zatrpavanje prostora.

Zamjenom klasičnih građevinskih materijala kao što su rip-rap, armirani beton, gabioni i metal biološkim materijalima, dobiva se ekološki prihvatljivija konstrukcija paralelne građevine s jednakom osnovnom funkcijom građevine. Ovdje je bitno naglasiti kako bez obzira na korištenje materijala utjecaj ove građevine na hidromorfologiju vodotoka je isti, što znači i da su negativni utjecaji na stanje vodnog tijela i bioraznolikosti vodenog okoliša neizbježni. Stoga je u kontekstu smanjenja negativnog utjecaja na vodna tijela, bioraznolikost i usluge ekosustava prvo svakako potrebno razmotriti mogućnosti kojima bi se izbjegla izgradnja paralelne građevine i traverzi. Slijedom navedenog, izgradnja modificiranih paralelnih građevina i traverzi nikako ne predstavlja okolišno pozitivna i poželjna rješenja, nego se radi o okolišno prihvatljivijim rješenjima u odnosu na klasična.

#### 1.4.2 Tehnički opis modificiranih paralelnih građevina i traverzi

Paralelne građevine trasiraju se po dužini linija projektiranih obala s kotom krune na razini srednje vode. Najčešće se izvode na konkavnim obalama ili s obje strane kod pravocrtnih vodotoka. Otvori koji se ostavljaju na tijelu paralelnih građevina za cirkulaciju vode i taloženje nanosa izvode se na razini male vode, a duljine su 2-10 m [1, 4].

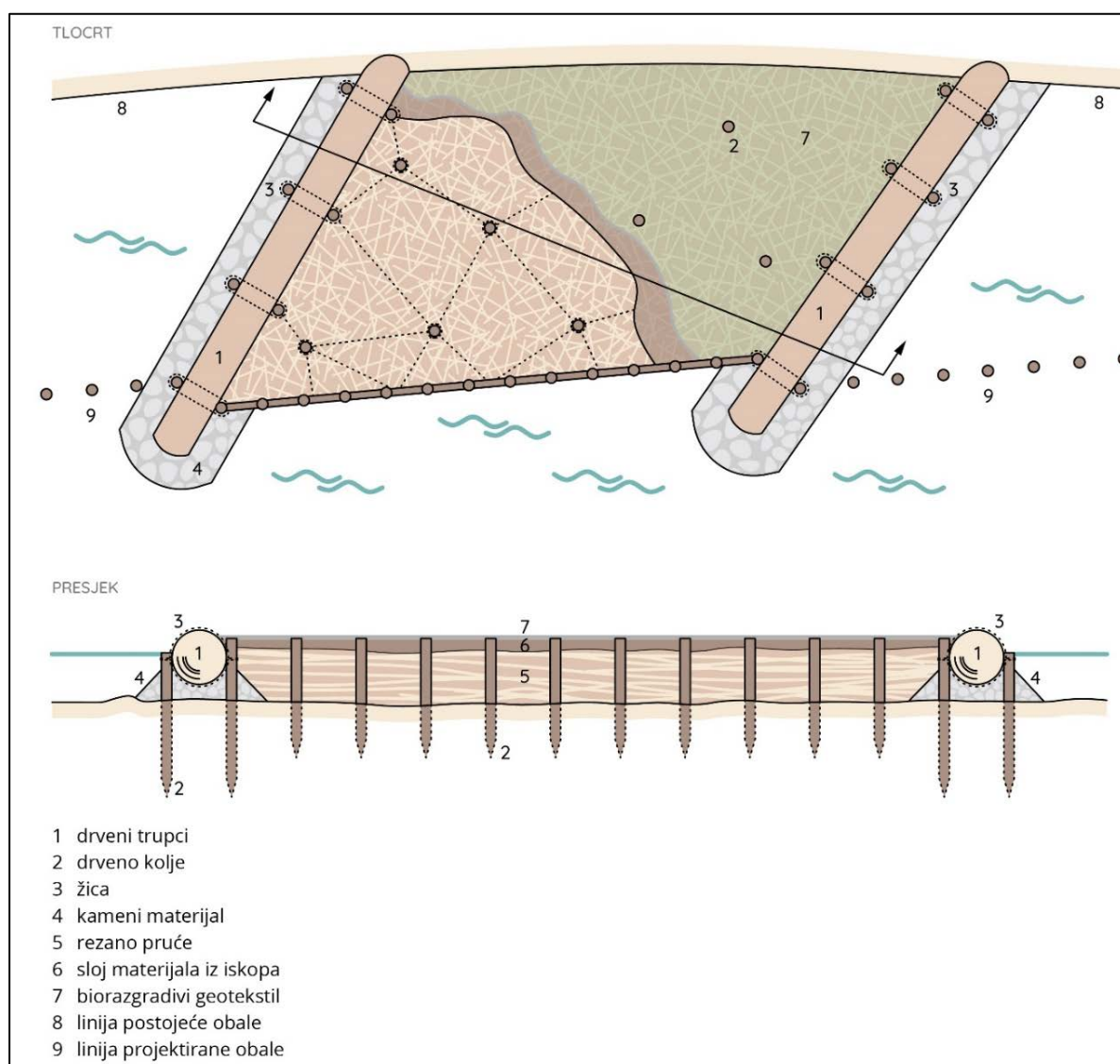
U prošlosti su najveću primjenu u praksi imale nasipne građevine od lomljenog kamena različite granulacije [2]. Modificirana rješenja paralelnih građevina i traverzi uključuju primjenu kombinacije prirodnih materijala poput kamena, fašina, pruća, kolja ili trupaca, uz stvaranje uvjeta za brži razvoj riparijske vegetacije, čime se povećava „prirodnost“ vodotoka i oponašaju prirodni stanišni uvjeti. Modifikacije uključuju i smanjenje intenziteta

sedimentacije između obale i paralelne građevine, odnosno održavanje protočnosti, što se postiže drugačijim pozicioniranjem traverzi i otvora.

### 1.4.2.1 Tehnički opis modificiranih paralelnih građevina i traverzi od biološkog materijala

Modificirani primjer paralelne građevine s traverzama objašnjen u nastavku, izrađen je od kombinacije bioloških materijala, uz sloj kamenog materijala kao temeljne konstrukcije paralelne građevine te žice za povezivanje i stabilizaciju konstrukcijskih elemenata građevine. Za izgradnju paralelne građevine korišteno je drveno kolje, rezano pruće i žica, a za izgradnju traverzi korišteni su drveni trupci, drveno kolje i žica za njihovu stabilizaciju.

Na slici u nastavku (Slika 50) shematski je prikazan primjer modificirane paralelne građevine i traverzi.



**Slika 50. Shematski prikaz modificirane paralelne građevine i traverzi**



Radove je potrebno započeti iskopom rovova za izgradnju traverzi, odnosno rovova u koje će se postaviti drveni trupci. Iskopava se 1-2 m dugi rov u koritu vodotoka, pod kutom od 45° od obale u uzvodnom smjeru, u koji se nasipava kameni materijal srednje veličine zrna 20-50 mm i zatim polaže drveni trupac. Trupce je potrebno stabilizirati koljem te sve povezati žicom. Idući korak je zabijanje drvenog kolja u korito paralelno s obalom na projektiranoj liniji nove obale, koje se izvodi odgovarajućom mehanizacijom s obale. Dužina kolja i dubina njegovog zabijanja u korito vodotoka ovisi o materijalu od kojeg je ono izgrađeno. S unutarnje strane kolja, također uz primjenu žice, učvršćuje se rezano pruće kako bi se jasnije definirala linija projektirane obale. Time su dobivena polja u kojima je predviđeno taloženje sedimenta i klasična forma paralelne građevine koja je traverzama stabilizirana u obalu vodotoka.

Budući da se za izgradnju paralelne građevine i traverza koristi biološki materijal s ograničenim vijekom trajanja, poželjno je ubrzati proces taloženja sedimenta i premještanja obale na novo projektiranu liniju. Stoga se preporuča postavljanje rezanog pruća i u poljima između paralelne građevine i traverza. Nadalje, na sloj pruća nasipava se sloj materijala dobivenog iskopom rovova i na kraju sve prekriva biorazgradivim geotekstilom od kokosovih vlakana koji je po potrebi moguće prethodno zasaditi autohtonim biljnim vrstama te stabilizirati nasumično zabijenim drvenim kolcima.

Navedena modificirana konstrukcija zahtijeva redoviti monitoring i održavanje budući da može doći do bržeg odnošenja ugrađenog materijala nego taloženja sedimenta, što može uzrokovati neželjeno otkrivanje žice. Iz tog razloga, za stabilizaciju kompletne konstrukcije preporuča se uporaba drvenih kolaca u što većoj mjeri, jer ako dođe do otkrivanja kolaca, oni se na relativno jednostavan način mogu naknadno zabiti dublje u korito.

#### 1.4.2.1.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremljene troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 56) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 56) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).



Tablica 56. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja kamenog materijala srednjeg promjera zrna 20-50 mm	m <sup>3</sup>
2.3	Nabava i ugradnja drvenog kolja	kom
2.4	Nabava i ugradnja drvenih trupaca	m
2.5	Nabava i polaganje rezanog pruća	m <sup>2</sup>
2.6	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>

#### 1.4.2.1.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 57) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 57) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 57. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje vegetacije	m <sup>2</sup>
1.3	Obnova oštećenih i odnesenih kolaca	kom
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.4.2.1.3 Primjer mjere [7]

Mjera je implementirana na rijeci Avon u Engleskoj. Rijeka Avon regulirana je i revitalizirana u sklopu projekta STREAM (eng. *Demonstrating Strategic Restoration And Management*) koji je osim opsežne revitalizacije rijeke uključivao i integrirano upravljanje rijekom i njezinim slivnim područjem uz povećanje bioraznolikosti čitavog prostora. Između ostalog su na rijeci izvedene modificirane paralelne građevine ojačane traverzama.

Slivno područje rijeke Avon u južnoj Engleskoj proglašeno je zaštićenim područjem za ptice, međutim aktivnosti u prošlosti vezane uz oborinsku odvodnju, proširile su i produbile riječno korito, degradirale staništa i smanjile bioraznolikost flore, a rijeka je odvojena od svog prirodnog poplavnog područja.

Radovi su provedeni između 2006. i 2009. godine u duljini od 7 km te podijeljeni u šest faza. Paralelna građevina s traverzama izgrađena je na lokaciji na kojoj se javila potreba za suženjem i produbljenjem korita zbog mogućnosti korištenja samog toka i intenziviranja procesa taloženja suspendiranog nanosa na rubnim dijelovima uz postojeću obalu. Odabrano je modificirano rješenje opisano u poglavlju 1.4.2 *Tehnički opis modificiranih paralelnih građevina i traverzi*, izgrađeno od bioloških materijala uzetih na lokaciji zahvata, drvenih kolaca, trupaca i rezanog pruća.

Prvi korak, prikazan na slici u nastavku (Slika 51), bio je definiranje linije projektirane obale (kolci) i ugrađivanje traverzi (trupci).



Slika 51. **Izgradnja paralelne građevine (kolaca) i traverzi (trupaca) u koritu rijeke Avon [7]**

Zatim je s unutarnje strane drvenih kolaca pričvršćeno rezano pruće žicom čime je započet proces sedimentacije, vidljiv na slici u nastavku (Slika 52).



Slika 52. Početak taloženja sedimenta između postojeće obale i paralelne građevine [7]

Kako bi se taloženje sedimenta ubrzalo, položeno je i pričvršćeno rezano pruće u prostor između paralelne građevine i traverzi, a za bržu kolonizaciju vegetacije postavljeni su kokosovi valjci s unaprijed ukorijenjenim autohtonim biljnim vrstama. Na slici u nastavku (Slika 53) vidljivi su uspješni rezultati projekta – linija obale premještena je u korito rijeke čime je ona sužena.



Slika 53. Prikaz korita prije i poslije izmicanja obalne crte [7]

### 1.4.2.2 Tehnički opis modificiranih paralelnih građevina i traverzi od kamenog materijala

Modificirani primjer paralelne građevine i traverzi opisan u nastavku izrađen je od lomljenog kamenog materijala i koba (snop pruća promjera 10-20 cm). Za razliku od klasičnih rješenja kod kojih se paralelna građevina stabilizira nizom traverzi i nastoji u što kraćem vremenu prostor između paralelne građevine i traverzi ispuniti istaloženim sedimentom, ovo modificirano rješenje sastoji se od paralelne građevine i samo jedne traverze kako bi se dobio prostor omeđen s tri strane, time omogućilo tečenje vode te izbjeglo zatrpavanje i prijelaz u kopneno stanište. Pritom modificirano rješenje ima jednaku funkciju kao i klasično, štiti obalu od erozijskog djelovanja vode, smanjuje širinu korita i poboljšava uvjete za plovidbu vodotokom. Na tijelu paralelne građevine i traverze ostavljaju se otvori koji također smanjuju sedimentaciju unutar prostora građevine.

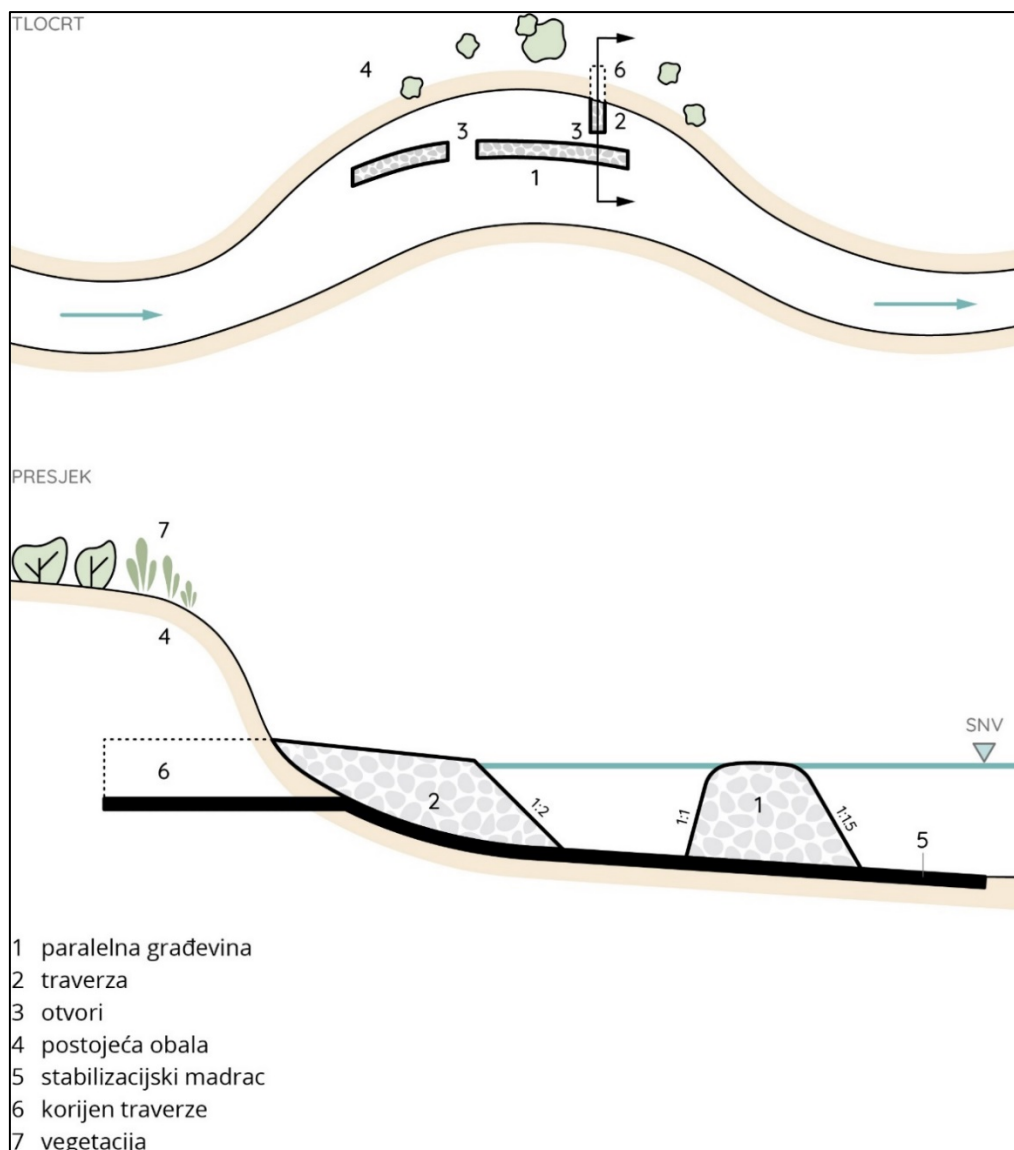
Kota krune paralelne građevine postavlja se na razini srednjeg nižeg vodostaja (SNV). Poprečni profil tijela paralelne građevine izrađen je od lomljenog kamena srednjeg promjera zrna 20-40 cm, s krunom širine 2 m, nagibom pokosa prema obali 1:1 te prema vodi 1:1,5. Ispod tijela paralelne građevine postavlja se stabilizacijskih madrac u većoj širini od tijela građevina. Na strani prema vodi izvodi se u širini minimalno 2h (h = dubina vode ispod krune paralelne građevine) od ureza kosine paralelne građevine u dno, dok se na strani prema obali izvodi u širini minimalno h od ureza kosine u dno. Stabilizacijski madrac izvodi se od biorazgradivog geotekstila kazetiranog kobama promjera 20 cm na rasteru 2,5 x 2,5 m, koji će potom biti potopljen lomljenim kamenom srednjeg promjera zrna 15-30 cm u debljini sloja od 30 cm. Geotekstil se izvodi s preklapom od 100 cm.

Kota krune traverze također se postavlja na razini srednjeg nižeg vodostaja (SNV). Poprečni profil tijela traverze gradi se kao i kod paralelne građevine, osim što nagib pokosa prema vodi iznosi 1:2. Ispod tijela traverze postavlja se stabilizacijskih madrac jednakih karakteristika i dimenzija kao kod paralelne građevine.

Na obje građevine izvode se otvori kojima se ostvaruje tečenje vode i prolazak vodenih organizama u omeđeni prostor pri vodostajima koji su ispod kote krune građevina. Otvori su izvedeni u obliku stabilizacijskog madraca na koji se izostavlja polaganje lomljenog kamenog materijala. Dimenzije otvora određuju se projektom nakon provedbe potrebnih proračuna.

Budući da je za potrebe izgradnje korijena traverze u postojećoj obali potrebno pripremiti lokaciju izgradnje pri čemu se uklanjanja vegetacija, preporučeno je nakon izgradnje građevine zasaditi obalu autohtonom vegetacijom. Ispod korijena traverze također se postavlja stabilizacijski madrac. Na slici u nastavku (Slika 54) dan je shematski prikaz modificirane paralelne građevine i traverze od kamenog materijala.





Slika 54. Shematski prikaz modificirane paralelne građevine i traverze od kamenog materijala

Radove na izgradnji građevina potrebno je provoditi izvan sezone mriješta autohtonih ribljih vrsta za vrijeme niskih vodostaja. Prvo se izvodi korijen traverze djelomično sa suhom kopnenom mehanizacijom, a djelomično u koritu plovnom mehanizacijom. Nakon toga se postavljaju stabilizacijski madraci i gradi se tijelo paralelne građevine od uzvodne prema nizvodnoj strani plovnom mehanizacijom. Na kraju se gradi tijelo traverze. Izgradnjom tijela paralelne građevine postići će se povoljniji uvjeti za izgradnju traverze prema obali jer će se na taj način osigurati smanjenje brzine tečenja na profilu traverze.

#### 1.4.2.2.1 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).



Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 58) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 58) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 58. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja kamenog materijala srednjeg promjera zrna 15-40 mm	m <sup>3</sup>
2.3	Nabava i ugradnja biorazgradivog geotekstila	m <sup>2</sup>
2.4	Nabava i ugradnja koba	kom

#### 1.4.2.2 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 59) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 59) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

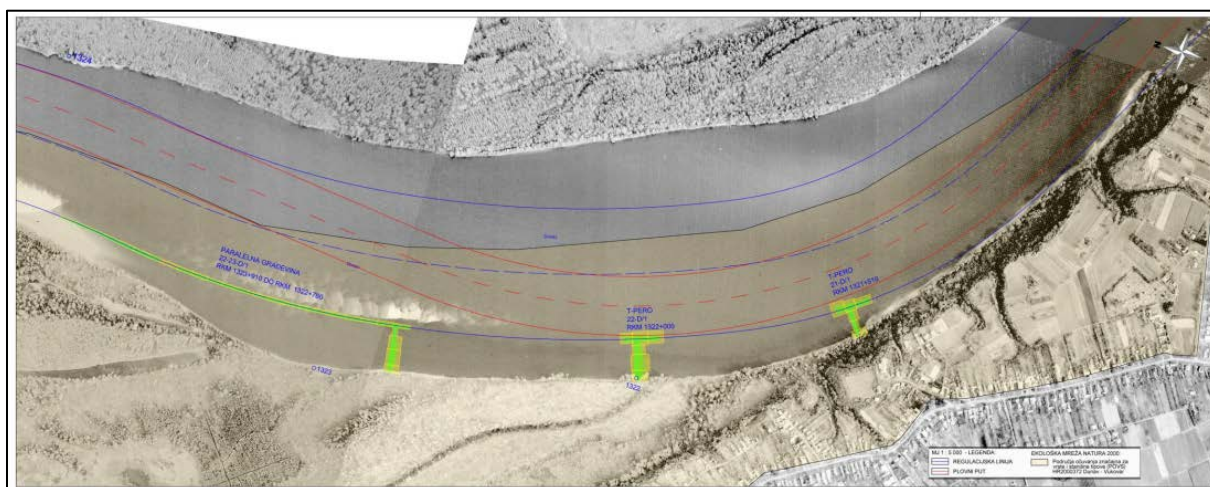
Tablica 59. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Nabava i ugradnja lomljenog kamenog materijala srednjeg promjera zrna 15-40 mm (po potrebi)	m <sup>3</sup>
1.2	Nabava i ugradnja koba (po potrebi)	kom
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

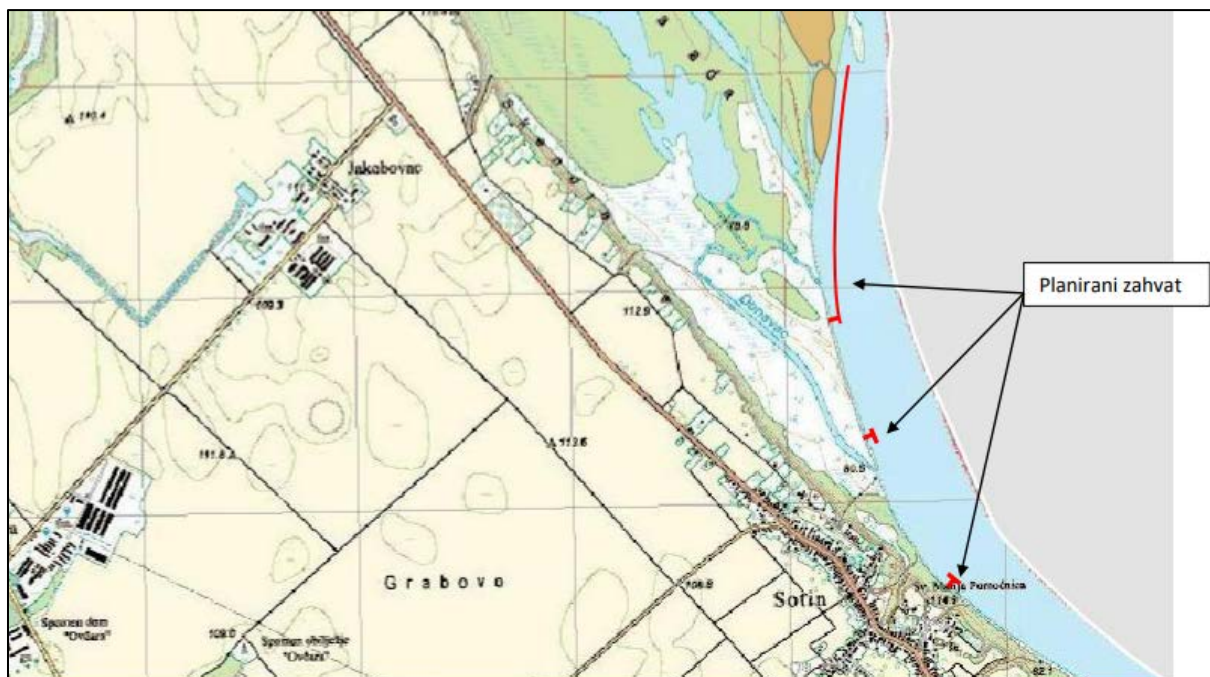
### 1.4.2.2.3 Primjer mjere [8, 9]

Navedeni modificirani primjer paralelne građevine i traverze od kamenog materijala još nije izveden, međutim planiran je na rijeci Dunavu kod Sotina za potrebe uređenja plovnog puta od rkm 1321 do rkm 1325 na području Vukovarsko-srijemske županije. Za predmetni zahvat provedeni su odgovarajući postupci procjena utjecaja na okoliš i ekološku mrežu i ishoda pozitivna Rješenja, a 2021. godine prijavljen je početak građenja. Osim paralelne građevine i traverze, zahvatom je planirana izgradnja i dva „T” pera nizvodno. Paralelna građevina sastojat će se od tijela koje će biti uzdužno postavljeno na regulacijsku liniju duljine 1.107 m s otvorom duljine 62,5 m te traverze koja će vezati tijelo paralelne građevine za obalu, duljine 137 m s otvorom duljine 20 m.

Na slikama u nastavku (Slika 55, Slika 56) dan je situacijski prikaz planiranog zahvata.



Slika 55. Situacijski prikaz planiranog zahvata paralelne građevine, traverze i dva „T” pera na rijeci Dunavu kod Sotina [8]



Slika 56. Prikaz planiranog zahvata na topografskoj karti [8]

### 1.4.3 Projektiranje mjere

Kako bi se izgradnjom paralelnih građevina i traverzi postigla željena funkcionalnost u najranijoj fazi potrebno je dobro razmotriti i analizirati uvjete u koritu. Prilikom planiranja i projektiranja, potrebno je voditi računa o održivosti tehničkog rješenja, njegovom utjecaju na morfološke promjene korita i mogućnosti nesmetanog kretanja vodenih organizama. Za analizu uvjeta na lokaciji zahvata te u užoj i široj okolici, u nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za projektiranje paralelnih građevina i traverzi.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 60) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja modificiranih paralelnih građevina i traverzi. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

Tablica 60. Podloge za preliminarne analize

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> </ul>

podloge za preliminarne analize
<ul style="list-style-type: none"> <li>digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>hidrogeološke karte</li> </ul>
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
karte plovnih putova
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi vodotoka na kojoj je planirana izgradnja paralelne građevine i traverzi: u koritu i na obalama;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 61).

**Tablica 61. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području planiranog zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Obuhvat istraživanja kao i skupine flore i faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama šireg područja. Istraživanja će u većini slučajeva biti potrebno provesti za skupine indikatora vodenih organizama poput riba, školjkaša i rakova, kojima lokacija izgradnje može predstavljati bitna staništa. Prisutna flora i fauna direktno uvjetuje tehničke karakteristike mjere i njezinu prihvatljivost za bioraznolikost.

### Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta paralelnih građevina i traverzi potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 62) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

Tablica 62. Podloge potrebne za proračune

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se grade predmetne građevine)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 63) i analizirati utjecaj svake varijante na vodni režim i režim pronosa nanosa. Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 63. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja paralelne građevine i traverzi.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja projektiranih građevina na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa, globalne i lokalne stabilnosti korita;</li> </ul>



**proračuni**

- proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti građevina.

**proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti**

Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:

- stabilnost paralelne građevine i traverzi – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti navedenih građevina.

U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti građevina (paralelne građevine i traverzi) provode se (ne isključivo) proračuni:

- određivanja filtarskih slojeva;
- nosivost temeljnog tla – slijeganje tla može uzrokovati slijeganje cijele konstrukcije što može uzrokovati rušenje;
- analize stabilnosti pokosa obala uslijed sidrenja paralelne traverzi u obalu;
- analiza procjeđivanja;
- proračun konsolidacije;
- stabilnost građevina uslijed hidrodinamičkog djelovanja toka;
- proračun za seizmičko djelovanje;
- dimenzioniranje konstrukcija.

Rješenje paralelne građevine i traverzi odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u postojećem i projektnom stanju u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidroloških postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka.

Prilikom planiranja građevina, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

#### 1.4.4 Primjenjivost mjere i ograničenja

Predmetne građevine su najdjelotvornije na vodotocima koji pronose veliku količinu suspendiranog nanosa te na širokim i plitkim vodotocima, pa se na njima najčešće i planira izgradnja. Odabir optimalnog rješenja ovisi o hidrološkim, hidrauličkim i morfološkim karakteristikama vodotoka, kao i o ograničenjima u izvođenju i troškovima radova. O tim uvjetima uvelike ovisi i vrsta materijalu za izgradnju.

Zbog otežanog izvođenja radova, osobito temeljenja u dubokoj vodi, usporenog nasipavanja dijela korita između paralelne građevine i postojeće obale, potrebe za jakim osiguravanjem nožice te teškog i skupog ispravljanja grešaka koje se javljaju tijekom izvođenja [2], često se nakon ekonomske analize zaključuje da je odabir paralelne građevine i traverzi za regulaciju korita neisplativ te se javlja potreba za odabirom drugih hidrotehničkih građevina s istom funkcijom, primjerice perima. Primjena pera poput „T“ i

„L“ gotovo je u potpunosti zamijenila primjenu paralelnih građevina i traverzi. Pera kao prateće mjere zelene infrastrukture obrađena su u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.2).

Provedba izgradnje modificiranih paralelnih građevina i traverzi kao mogućih pratećih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.4.5 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 64 do Tablica 66) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja paralelnih građevina i traverzi.

**Tablica 64. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Informacije o količini, vrsti i pronosu nanosa predstavljaju važan projektni parametar budući da se primjena paralelnih građevina i traverzi preporuča na vodotocima koji pronose veliku količinu suspendiranog nanosa. Na takvim vodotocima je najdjelotvornija izgradnja navedenih građevina jer brže dolazi do zasipavanja napuštenog dijela korita i formiranja nove obale.
led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj. Kod ledostaja se javlja statičko opterećenje na konstrukciju, a kod ledohoda dolazi do dinamičkih udara ledenih santi koje može oštetiti građevinu ili uzrokovati abraziju. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi tehničko rješenje paralelne građevine i traverzi bilo u skladu s prirodnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata i kako ne bi uzrokovalo neželjene posljedice poput poplava, već koncentriralo tok vode u središte korita i zaštitilo obalu od erozijskog djelovanja vode. Kod projektiranja paralelnih građevina potrebno je definirati razinu male vode ukoliko se izvode otvori na tijelu građevine te srednje vode zbog kote krune paralelne građevine.

**Tablica 65. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
brzina tečenja vode	O brzini vode ovisi erozijska snaga vodnog toka i hidrodinamičko opterećenje vode koje može uzrokovati gubitak stabilnosti paralelne građevine i traverzi. Izgradnjom navedenih građevina dolazi do suženja protočnog profila vodotoka, a time i do povećanja brzine vode pa je analiza uvjeta tečenja u vodotoku u prvim fazama planiranja navedenih građevina ključna kako odabrano rješenje ne bi uzrokovalo neželjene posljedice nizvodno poput poplava.

hidraulički projektni parametar	opis
	Zbog kontinuirano definirane linije nove obale, ujednačeno je tečenje uz paralelnu građevinu i u većini slučajeva nema generiranja lokalnih erozija [2].

Tablica 66. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
kota krune paralelne građevine	Kota krune paralelne građevine postavlja se na razini srednje vode budući da do taloženja nanosa između paralelne građevine i postojeće obale, između ostalog, dolazi prelijevanjem preko krune paralelne građevine za vrijeme velikih voda.
nožica paralelne građevine	Zbog teškog izvođenja radova u dubokoj vodi unutar korita te usporenog taloženja sedimenta između prave paralelne građevine i postojeće obale, potrebno je dodatno zaštititi nožicu paralelne građevine i osigurati potrebnu stabilnost građevine.
materijal za izgradnju	Prilikom izgradnje paralelnih građevina i traverzi preporuča se korištenje biološkog materijala dostupnog u blizini lokacije zahvata, primjerice kolja, trupaca u obliku fašina od granja prikupljenog u okolici zahvata.

### 1.4.6 Ekološki aspekti mjere

Izgradnjom paralelne građevine i traverzi dolazi do suženja korita te smanjenja brzine tečenja i kontinuiranog taloženja sedimenta u prostoru između paralelne građevine i postojeće obale. Nadalje, suženjem korita dolazi i do povećanja brzine tečenja u matici koje rezultira povećanjem erozije na dnu korita vodotoka i njegovim produbljivanjem. Navedene posljedice predstavljaju negativan antropogeni utjecaj na stanje vodnog tijela i njegovu bioraznolikost. Budući da predložena modificirana rješenja zadržavaju funkciju klasičnih paralelnih građevina i traverzi, posljedice implementacije mjere su vrlo slične. Korist od modificiranog rješenja proizlazi iz smanjenja intenziteta sedimentacije u prostoru između paralelne građevine i obale ostavljanjem otvora na građevini, čime se održavaju lotički stanišni uvjeti. Iako negativni utjecaji na glavni tok ostaju i dalje prisutni, u dijelu toka između paralelne građevine i obale tečenje je smanjenog intenziteta čime dolazi do stvaranja vodenog staništa nešto drugačijih stanišnih uvjeta, a što može pozitivno utjecati na lokalnu ihtiofaunu i općenito vodeni ekosustav. Taloženje sedimenta, a time i hranjivih tvari na ovom će dijelu toka biti veće od taloženja u glavnom toku, što stvara povoljne uvjete za bujniji razvoj vegetacije, čime ovo područje može postati bitno hranilište, rastilište i mrijestilište vodenih organizama. Primjenom bioloških materijala kojima se oponašaju postojeći uvjeti u vodotoku, a kojima su autohtone životinjske vrste prilagođenije, ublažuju se negativni utjecaji korištenja klasičnog građevinskog materijala. Omogućavanje razvoja autohtone vegetacije na obali i prostoru između paralelne građevine i traverzi također predstavlja mjeru ublažavanja negativnih utjecaja izgradnje i povećanje prirodosti vodotoka.

Slijedom navedenog, primjena modificiranih rješenja, kao i kod klasičnih, zbog zadržavanja glavne funkcije i posljedica izgradnje može uzrokovati negativne utjecaje na bioraznolikost, a što može posebno predstavljati problem unutar područja ekološke mreže.

## 1.4.7 Održavanje paralelne građevine i traverza

Kako bi se održala funkcionalnost navedenih građevina te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, neophodno je redovito provoditi praćenje stanja. Praćenje stanja uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i taloženje nanosa) te eventualnu identifikaciju kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji od željenih, odnosno projektiranih, kao i provjeru stabilnosti. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projekta. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva, potrebno je provoditi i biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i razvoja staništa.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja i direktno ovisi o karakteristikama projekta, a izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete, što može uključivati dodatnu stabilizaciju kompletne konstrukcije ukoliko nakon prolaska velikog vodnog vala dođe do pomaka ili odnašanja materijala od kojeg je građevina izgrađena.

Od redovitih mjera održavanja, preporuča se provođenje redovitog monitoringa pronosa i taloženja nanosa na prostoru između paralelne građevine i traverzi, kako bi se na vrijeme detektiralo brže odnošenje ugrađenog materijala nego taloženja novog nanosa, što može predstavljati problem s obzirom na kraći vijek trajanja građevine zbog korištenja biološkog materijala.

Unošenje ovih pratećih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

## 1.4.8 Koristi od implementacije mjera

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.4.8.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 67) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 67. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje erozije	Izgradnjom modificiranih paralelnih građevina zaustavlja se bočna erozija. Navedena korist jednaka je kao i u slučaju izgradnje klasičnih paralelnih građevina. Dodatna korist do koje može dovesti izgradnja modificirane paralelne građevine, ukoliko je projektirana na način da se omogući plavljenje novoformirane obale pri višim vodostajima, smanjenje je brzine i snage vode zbog hrapavosti novoformirane obale i razvoja riparijske vegetacije, čime može doći do smanjenja erozije nizvodno i pratećih problema.

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove prateće mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.4.8.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 68) dan pregled koristi od implementacije



ove mjere zelene infrastrukture [10, 11], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 68. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj u odnosu na klasična rješenja zbog zadržavanja lotičkih stanišnih uvjeta između paralelne građevine i obale, primjene biološkog materijala i omogućavanja rasta riparijske vegetacije čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođena.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	U odnosu na hidromorfološke elemente razlike između klasičnih i modificiranih rješenja su male. Određena korist proizlazi iz zadržavanja protočnosti prostora između paralelne građevine i obale čime se osigurava raznolikost staništa i morfoloških uvjeta u koritu.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	U odnosu na osnovno fizikalno-kemijske i kemijske elemente nema razlike između klasičnih i modificiranih rješenja.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene

ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [12].

Budući da se implementacijom modificiranog rješenja ne očekuju značajniji utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, ne očekuje se niti značajno smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.4.8.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 69) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [13, 14], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

Tablica 69. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.1. kultivirane kopnene biljke za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere zaustavlja se erozija obale koja može ugrožavati kopnena područja koja se koriste za uzgoj biljaka ili životinja.
1.1.3. kultivirane kopnene životinje za prehranu, materijale ili energiju	
1.1.5. divlje biljke (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj u odnosu na klasična rješenja zbog zadržavanja lotičkih stanišnih uvjeta između paralelne građevine i obale, primjene biološkog materijala i omogućavanja rasta riparijske vegetacije čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođena.
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	
1.2.1. genetski materijal biljaka, algi ili gljiva	
1.2.2. genetski materijal životinja	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Zamjenom klasičnih građevinskih materijala kao što su armirani beton i kameni nabačaj vegetacijom, povećava se sposobnost tla i pokrova za apsorpcijom, filtriranjem, pročišćavanjem i transformiranjem onečišćenja i onečišćujućih tvari.
2.2.1. regulacija osnovnih tokova materije i ekstremnih uvjeta	Mjerom se zaustavlja bočna erozija na lokaciji zahvata.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj u odnosu na klasična rješenja zbog zadržavanja lotičkih stanišnih uvjeta između paralelne građevine i obale, primjene biološkog materijala i omogućavanja rasta riparijske vegetacije čime se oponašaju postojeći prirodni uvjeti u vodotoku kojima je autohtona fauna prilagođenija.

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

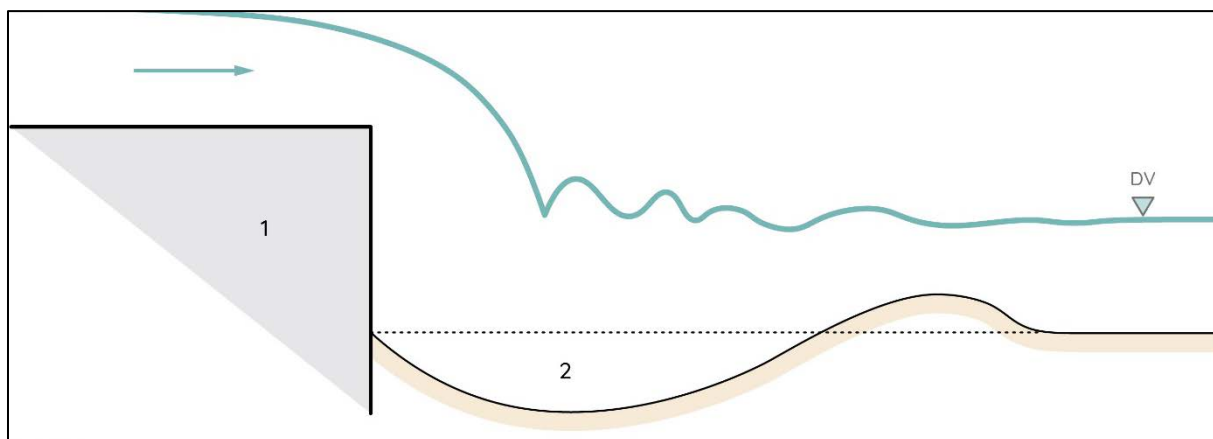
#### **1.4.9 Literatura i poveznice na druge dokumente**

- [1] Vuković, Ž. (1995): *Osnove hidrotehnike*, prvi dio, druga knjiga
- [2] Kuspilić, N. (2009): *Regulacije vodotoka*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [3] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [4] Babić Mladenović, M. (2018): *Uređenje vodotoka*, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd
- [5] Martin, J. L. (2014): *Hydro-Environmental Analysis, Freshwater Environments*
- [6] Promo eko d.o.o. (2019): *Elaborat zaštite okoliša: Sanacija lijeve obale rijeke Une u Hrvatskoj Dubici, na k.č.br. 5799/1, 764, 763 i 706, k.o. Dubica, Sisačko-moslavačka županija*
- [7] *River restoration advice note*, STREAM project, Natural England, 2010.
- [8] EcoMission d.o.o. (2018): *Studija o ocjeni prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu uređenja vodnog puta rijeke Dunav kod Sotina od 1.321 do 1.325 rkm*

- [9] Ministarstvo zaštite okoliša i energetike (2018): *Rješenje postupka procjene utjecaja na okoliš (KLASA: UP/1 612-07/18-60/17, URBROJ: 517-05-2-2-18-17)*
- [10] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [11] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [12] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [13] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [14] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

## 1.5 Hidrotehnička stepenica

Hidrotehnička stepenica je građevina koja se gradi poprečno u korito vodotoka, a služi za zaštitu korita vodotoka od pojačanog erozijskog djelovanja vode. Naime, u koritu vodotoka u kojem zbog velikih brzina toka vode dolazi do gubitka stabilnosti, potrebno je smanjiti njegov uzdužni pad kako bi došlo do smanjenja brzine vode. Ukoliko je pad nivelete vodotoka manji od pada okolnog terena, smanjenje uzdužnog pada provodi se izvedbom hidrotehničke stepenice za denivelaciju korita kako ne bi došlo do probijanja nivelete vodotoka na površinu terena [1]. Dakle, stepenice služe za kontroliranu disipaciju energije toka i zaštitu korita od erozijskog djelovanja vode [2, 3]. Hidrotehničke stepenice se najčešće primjenjuju na manjim, izrazito strmim vodotocima s velikom erozijskom snagom vode koja utječe na stabilnosti korita za vrijeme velikih oborinskih događaja, no primjenjuju se i na vodotocima s relativno malim uzdužnim padovima i mirnim režimom toka. Na slici u nastavku (Slika 57) prikazana je shema uzdužnog presjeka hidrotehničke stepenice. Hidrotehničke stepenice opisane su u *Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu* [5] gdje pripadaju tzv. „sivoj“ infrastrukturi.



Slika 57. Shema uzdužnog presjeka hidrotehničke stepenice

### 1.5.1 Negativni utjecaji hidrotehničkih stepenica i moguća ublažavanja

Ukoliko su u vodotoku prisutne ribe i rakovi, hidrotehničke stepenice predstavljaju prepreku njihovim uzvodnim migracijama i uzrokuju prekid longitudinalne povezanosti vodotoka. Hidrotehničke stepenice kao i sve ostale poprečne građevine u vodotoku degradiraju hidromorfološke karakteristike vodotoka i time negativno utječu na ocjenu stanja vodnog tijela. Slijedom navedenog, negativni utjecaji na bioraznolikost i stanje vodnog tijela do kojih može doći izgradnjom stepenica, a koji su povezani s uslugama ekosustava su sljedeći:

- prekid longitudinalne povezanosti vodotoka, onemogućavanje uzvodne migracije i fragmentacija staništa vodenih životinjskih organizama;
- hidrološke i hidromorfološke promjene u vodotoku neposredno nizvodno od stepenice gdje se javlja ubrzano tečenje i vodni skok.



Hoće li do navedenih utjecaja doći te koja će biti njihova značajnost ovisi o:

- bioraznolikosti vodotoka;
- hidrološkim i hidromorfološkim karakteristikama vodotoka;
- dimenzijama (visini) stepenice;
- tehničkom rješenju stepenice.

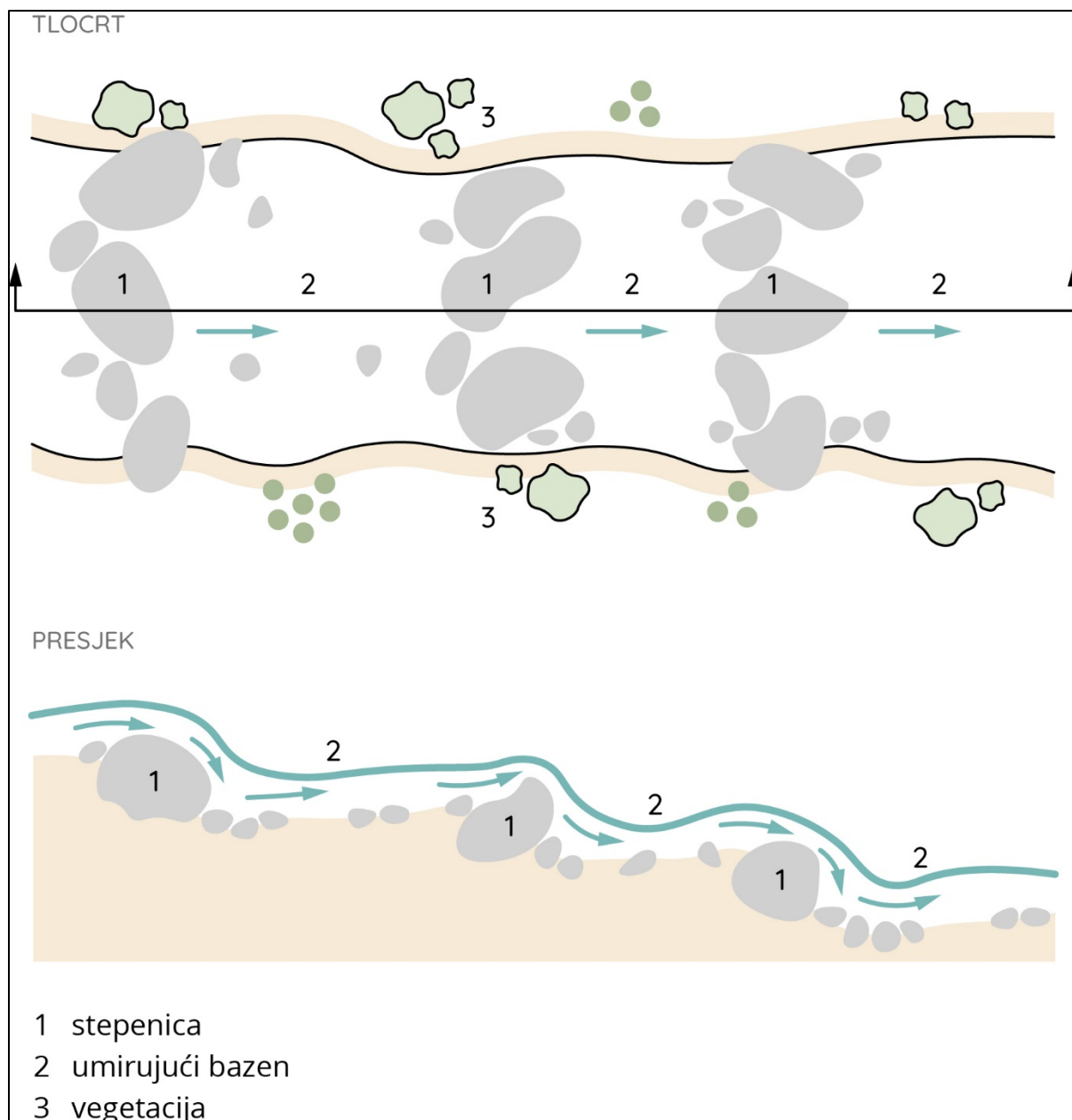
Tehnička rješenja kojima se mogu ublažiti prethodno navedeni negativni utjecaji uključuju:

- prilagodba visine, oblika i broja stepenica čime se omogućava uzvodna migracija vodenih organizama;
- izgradnja stepenica korištenjem prirodnih materijala poput kamena i drva.

### 1.5.2 Tehnički opis modificirane hidrotehničke stepenice

Potreba za modificiranim stepenicama u prvom redu se odnosi na vodotoke u kojima su prisutni migratorni vodeni organizmi poput riba i rakova. Preduvjet za planiranje izgradnje stepenice je poznavanje migracijskih koridora i specifičnih ekoloških potreba vrsta koje u vodotoku obitavaju, npr. brzina toka i turbulencija. Tehničkim rješenjem stepenice mora biti omogućena uzvodna i nizvodna migracija vodenih organizama bez opasnosti od ozljeda i/ili uginuća organizama te održan postojeći režim pronosa nanosa čime se održavaju stanišni uvjeti prisutni u vodotoku prije izgradnje stepenice [4].

Modifikacija tehničkog rješenja hidrotehničke stepenice prvenstveno se odnosi na prilagodbu visine, oblika i broja stepenica radi omogućavanja uzvodne migracije vodenih organizama. Ukoliko bi se snižavanjem visine stepenice utjecalo na njezinu željenu funkcionalnost, preporuča se izgradnja više stepenica u nizu s manjom visinom pojedine stepenice. Navedeno rješenje vrlo je slično ribljoj rampi, vrsti riblje staze koja je opisana u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.7), gdje se nizom manjih pregrada s blagim nizvodnim pokosom, prohodnim za faunu, postižu isti učinci i smanjuje fluvijalna erozija na lokaciji gradnje. Drugi element modificirane stepenice odnosi se na povećanje „prirodnosti“ vodotoka korištenjem prirodnog materijala, odnosno zamjenom najčešće korištenog klasičnog građevinskog materijala poput armiranog betona, gabiona ili kamena u betonu [5]. Za izgradnju modificiranih stepenica koristi se krupni kameni materijal, odnosno veliki kameni blokovi bez umjetnog vezivnog sredstva (eng. *boulder step-pools*) ili drveni trupci. Na slici u nastavku (Slika 58) dan je shematski prikaz niza modificiranih hidrotehničkih stepenica od krupnog kamenog materijala, dok je na sljedećoj slici (Slika 59) dan primjer hidrotehničkih stepenica od krupnog kamenog materijala izgrađenih na planinskim bujičnim vodotocima u Škotskoj.



Slika 58. Shematski prikaz modificiranih hidrotehničkih stepenica



Slika 59. Hidrotehničke stepenice na planinskim bujičnim vodotocima u Škotskoj [6]

Glavni kriterij koji stepenice moraju zadovoljiti odnosi se na biološke zahtjeve i ponašanje migratornih vodnih organizama. U nastavku su opisani glavni projektni parametri bitni za projektiranje stepenice. Budući da modifikacija rješenja direktno ovisi o prisutnim vrstama i njihovim ekološkim zahtjevima, u fazu planiranja potrebno je uz stručnjake iz područja hidrologije i hidrotehnike uključiti i stručnjake iz biologije/ekologije.

### Funkcionalnost (prolaznost) stepenice

Stepenica treba biti prolazna za vodene organizme kroz cijelu godinu. Međutim, nije u svim slučajevima moguće konstruirati hidrotehničku građevinu koja osigurava pogodne uvjete za prolazak riba 365 dana u godini, što nije niti nužno s obzirom na njihovu ekologiju. Omogućen prolazak riba kroz 300 dana godišnje pokazao se kao dovoljan period [7]. Ovdje svakako treba imati na umu da je prolaznost stepenice nužna u periodima odvijanja reproduksijskih migracija, najosjetljivijim i najbitnijim periodima za održavanje populacije, a koji su specifični za svaku vrstu.

### Brzina toka

Stepenice ne bi smjele biti projektirane tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine, već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe stepenicu. Pri tome treba napomenuti da bi za projektiranje stepenica trebalo koristiti kratkotrajnu kritičnu brzinu „najlošijeg“ plivača među ribljim vrstama promatranog područja, a to su obično mlade jedinke pojedinih vrsta ili veličinom najmanje vrste [8]. Kratkotrajne kritične brzine kreću se otprilike u rasponu od 1 do 2 m/s ovisno o literaturnom izvoru [7]. Stoga maksimalna vrijednost brzine toka na stepenici ne bi trebala prelaziti 2 m/s [8]. Laboratorijska ispitivanja pokazala su da su najveće kratkotrajne brzine koje mogu savladati male i mlade ribe približno 0,35-0,6 m/s.

U tablici u nastavu (Tablica 70) dane su granične kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno svladati modificiranom stepenicom – zbog sličnosti s tehničkim rješenjem riblje rampe preuzeti su podaci za riblju rampu (FAO, 2002) [8].

Tablica 70. Maksimalne kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno savladati ribljom rampom (prema FAO, 2002)

ukupna visinska razlika [m]	zona pastrve, gornji tok	zona pastrve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
<b>prirodne riblje staze – riblja rampa</b>					
< 5	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
5 – 10	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5
> 10	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

### Dubina vode na stepenici

Dubina vode na stepenici ne smije biti manja od 0,2 m. Poželjno je da dubina bude što veća jer se s dubinom povećava i prolaznost kako riba koje plivaju pridno tako i riba koje plivaju u stupcu vode [8]. Potrebna dubina vode za kretanje ovisi o vrsti i veličini jedinki.

### Protok

Stepenice treba dimenzionirati prema srednjem dnevnom niskom protoku, kako bi bile prohodne i u uvjetima niskog protoka. S druge strane, pri visokim protocima, stepenice moraju biti dovoljne stabilnosti da podnesu svo opterećenje [7].

### Turbulencija

Pojavu turbulencije i vrtložnosti teško je izbjeći a njihov utjecaj na plivanje riba nije sasvim razjašnjen. Zbog mogućnosti da manje ribe budu zahvaćene i zbunjene vrtlozima i turbulencijom, u redu je pretpostavka da je utjecaj negativan. Neka istraživanja sugeriraju da ribe znaju koristiti turbulenciju uz fizičke strukture, propulziju uzrokovanu plivanjem drugih riba i vrtloge za uspješnije plivanje. Sumnja se da veličina vrtloga najviše utječe na ponašanje riba pri plivanju (Liao 2007). S obzirom na ostale akvatične organizme sa slabijim plivačkim sposobnostima turbulencija bi trebala biti što manja. Navedeno se može postići povećanjem duljine nizvodnog pokosa i ublažavanjem nagiba te povećanjem hrapavosti pokosa postavljanjem kamenog materijala, koje ujedno osigurava mjesta za odmor organizmima.

Generalni pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) je maksimalna volumetrijska disipirana snaga PV [W/m<sup>3</sup>]. Za pojedine riblje vrste postoje maksimalno preporučene vrijednosti disipirane snage (Callaud, Pineau et al. 2014). Generalna preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m<sup>3</sup> ovisno o vrsti riba. Detaljnija preporuka prema zonaciji rijeka dana je u tablici u nastavku (Tablica 71) (prema BMLFUW, 2012) dok su granične vrijednosti (maksimalne dopuštene) dane u sljedećoj tablici (Tablica 72) (prema EA, 2010) [8].

Tablica 71. **Preporučene vrijednosti volumetrijske disipirane snage prema zonaciji rijeke (prema BMLFUW, 2012)**

	zona pastreve, gornji tok	zona pastreve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
volumetrijska disipirana snaga, $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]	160	130-140	120	100	80

Tablica 72. **Granične vrijednosti volumetrijske disipirane snage (W/m<sup>3</sup>) prema zonaciji rijeke (prema EA, 2010)**

vrsta staze	zona pastreve, gornji tok	zona pastreve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
riblje rampe	300	275	250	100	175

### Odmorišta

Modificirane stepenice u obliku ribljih rampi trebaju imati mjesta za odmor. Odmorišta su područja predviđena za oporavak riba od napora uslijed svladavanja uspona i većih brzina. Zone odmorišta moraju biti prilagođene dimenzijama stepenica a predstavljaju ih zone ili bazeni s volumetrijskom disipiranom snagom manjom od 50 W/m<sup>3</sup> [8].

### Materijal za izgradnju

Stepenice konstruirane od krupnog kamenog materijala, najčešće velikih kamenih blokova bez uporabe vezivnog sredstva posebno su korisne za izgradnju na vodotocima s pretežno niskim vodostajem i strmim pokosima obala te zahtijevaju manje redovnog održavanja zbog manjeg nakupljanja sedimenta.

Veličina krupnog kamenog materijala za formiranje tijela hidrotehničke stepenice određuje se projektom, a ključni kriteriji kod dimenzioniranja odnose se na stabilnost korita za vrijeme velikih voda i mogućnost nesmetanog kretanja vodenih organizama za vrijeme malih voda [9].

Modificirane stepenice mogu biti izgrađene od sloja grubog supstrata minimalne debljine 0,2 m po cijeloj svojoj duljini. Supstrat bi trebao biti nevezan, tipičan za rijeku, a materijal supstrata bi trebao biti što prirodniji i postavljen tako da na dnu tvori raznoliku mrežu otvora i pukotina raznih veličina i oblika. Također, s hidrauličkog gledišta, sloj od grubog supstrata služi i kao zaštita dna od erozije. Hrapavo dno trebalo bi biti neprekidno po čitavoj duljini stepenice [8]. Ovdje treba imati na umu da podloga s prevelikom hrapavošću može uzrokovati preveliku turbulenciju i nemogućnost prolaska stepenice. Tipsko rješenje uključuje kamene samce (35-45 cm promjera i 4-5 kamena/m<sup>2</sup>), između kojih se nalazi mješavina kamenja (5-15 cm) i šljunka (8-32 mm). Kameni samci trebaju biti više od sloja sitnijeg materijala za najmanje 0,1 m [7]. Svrha samaca je dodatno olakšati prelazak preko stepenica stvaranjem mikrostaništa za odmor u zoni manje turbulencije te omogućiti obavljanje prolaza preko stepenica u nekoliko faza. Tečenje vode preko takvih stepenica obogaćuje je kisikom iz zraka, odnosno pozitivno utječe na aeraciju vode, što će najviše doći do izražaja kod malih voda [1].



Nizvodno od stepenice nalazi se slapište, odnosno bazen za umirenje vode i disipaciju energije vode nakon vodnog skoka. Minimalna dubina umirujućeg bazena trebala bi iznositi oko 30 cm, širina odgovara širini stepenice, a duljina ovisi o uzdužnom padu vodotoka [10]. Razmak između stepenica obično iznosi 1-4 širine vodotoka, dok prosječan uzdužni pad vodotoka s izgrađenim kamenim stepenicama iznosi 3-10°.

### Orijentacija riba

Sve vrste riba mogu osjetiti brzinu toka i koristiti je za orijentaciju i kretanje u uzvodnom smjeru. Ukoliko brzina toka padne ispod određene granične vrijednosti specifične za pojedinu vrstu, riba gubi mogućnost orijentacije. Granične vrijednosti brzine toka kreću se od 0,15 m/s (npr. peš, *Cottus gobio*) do >0,30 m/s (npr. mladica, *Hucho hucho*) [7].

### 1.5.2.1 Projektiranje mjere

Kako bi se izgradnjom stepenica postigla željena funkcionalnost u najranijoj fazi potrebno je dobro razmotriti i analizirati uvjete u koritu. Prilikom planiranja i projektiranja stepenica, potrebno je voditi računa o održivosti tehničkog rješenja, njegovom utjecaju na morfološke promjene korita i mogućnosti nesmetanog kretanja vodenih organizama. Za analizu uvjeta na lokaciji zahvata te u užoj i široj okolici, u nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za projektiranje hidrotehničkih stepenica.

### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 73) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja hidrotehničkih stepenica. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 73. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>

**podloge za preliminarne analize**

stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)

podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

**Terenski istražni radovi**

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi vodotoka na kojoj je planirana izgradnja hidrotehničkih stepenica: u koritu i na obalama;
- na lokacijama nalazišta moguće potrebnih materijala.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 74).

**Tablica 74. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području planiranog zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Obuhvat istraživanja kao i skupine faune koje je potrebno istražiti direktno ovise o karakteristikama šireg područja. Istraživanjima je potrebno utvrditi prisutnost riba, školjkaša i rakova. Prisutna fauna direktno uvjetuje odabir tehničkog rješenja.

**Podloge za potrebe proračuna**

Za izradu projekta hidrotehničkih stepenica potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 75) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 75. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehaničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata

podloga	opis
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se implementira mjera)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja stepenica različitog tipa i geometrije te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 76) i analizirati utjecaj svake varijante na kontinuitet vodotoka. Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 76. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja stepenica.</li> </ul> <p>Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja projektiranih stepenica na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa, globalne i lokalne stabilnosti korita;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti stepenica.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>
<p>Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>stabilnost stepenica – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti stepenica te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine.</li> </ul> <p>U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti građevine (stepenica) provode se (ne isključivo) proračuni:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>određivanja filtarskih slojeva;</li> <li>nosivost temeljnog tla – slijeganje tla može uzrokovati slijeganje cijele konstrukcije što može uzrokovati rušenje stepenica;</li> <li>analize stabilnosti pokosa obala uslijed sidrenja stepenica u obale;</li> </ul>

#### proračuni

- analiza procjeđivanja;
- proračun konsolidacije;
- stabilnost stepenice na podlokavanje uslijed hidrodinamičkog djelovanja toka;
- proračun za seizmičko djelovanje;
- dimenzioniranje konstrukcije.

Rješenje hidrotehničkih stepenica odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u postojećem i projektnom stanju u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidroloških postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka.

Prilikom planiranja stepenica, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

### 1.5.2.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Odabir prihvatljivog rješenja hidrotehničkih stepenica ovisi o uvjetima tečenja u vodotoku i o prisutnim vodenim organizmima. Ukoliko je izgradnja stepenice planirana na vodotoku bez vodenih organizama koji migriraju uzvodno, utjecaj na bioraznolikost nije ograničavajući faktor. Ukoliko zbog hidroloških karakteristika vodotoka i hidrauličkih uvjeta tečenja na lokaciji zahvata nikakvim tehničkim modifikacijama stepenice nije moguće ostvariti željeni učinak, nužna je izgradnja riblje staze koja će omogućiti migracije vodenim organizmima. Uz uvjet omogućavanja uzvodnih migracija, nisu prepoznata određena ograničenja u mogućnosti primjene ove mjere.

Provedba izgradnje modificiranih hidrotehničkih stepenica kao mogućih pratećih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.5.2.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 77 do Tablica 79) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja hidrotehničkih stepenica.

Tablica 77. Hidrološki projektni parametri

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Kako ne bi došlo do neželjenih posljedica taloženja nanosa, informacije o količini, vrsti i pronosu nanosa predstavljaju važan projektni parametar jer zajedno s vodom predstavlja dodatno opterećenje na konstrukciju stepenice.
led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj. Kod ledostaja se javlja statičko opterećenje na konstrukciju stepenica, a kod ledohoda dolazi do dinamičkih udara ledenih santi na konstrukciju stepenica i područje neposredno nizvodno koje može oštetiti građevinu ili uzrokovati abraziju. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi tehničko rješenje stepenica bilo u skladu s prirodnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata i kako ne bi uzrokovalo neželjene posljedice, već stabiliziralo uzdužni pad vodotoka, smanjilo brzinu tečenja i zaštitilo od erozijskog djelovanja vode.  S obzirom na vodene organizme u vodotoku, stepenice treba dimenzionirati prema srednjem dnevnom niskom protoku, kako bi bile prohodne i u uvjetima niskog protoka. S druge strane, pri visokim protocima, stepenice moraju biti dovoljne stabilnosti da podnesu svo opterećenje [7].

Tablica 78. Hidraulički projektni parametri

hidraulički projektni parametar	opis
brzina tečenja vode	Kod projektiranja stepenica važan projektni parametar je brzina toka. Kriterij granične brzine definiran je uvjetom da brzina toka ne smije doseći vrijednost granične brzine kod koje dolazi do pokretanja čestica materijala od kojeg je izvedena stepenica [3]. O brzini vode ovisi erozijska snaga vodnog toka i hidrodinamičko opterećenje vode koje može uzrokovati podlokavanje neposredno nizvodno od stepenice i gubitak njezine stabilnosti.  S obzirom na biološke zahtjeve koji moraju biti zadovoljeni izgradnjom stepenice, maksimalna brzina toka na stepenici ne bi trebala prelaziti 2 m/s [8]. Također, stepenice ne bi smjele biti projektirane tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine, već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe stepenicu. Kratkotrajne kritične brzine kreću se otprilike u rasponu od 1 do 2 m/s ovisno o literaturnom izvoru [7].
volumetrijska disipirana snaga, $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]	Generalni pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) je maksimalna volumetrijska disipirana snaga $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]. Budući da pojava turbulencije i vrtložnosti na utjecaj plivanja riba nije sasvim razjašnjena, za pojedine riblje vrste postoje maksimalne preporučene vrijednosti navedenog parametra. Generalna preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m <sup>3</sup> ovisno o vrsti riba [8]. Stepenice u obliku ribljih rampi trebaju imati mjesta za odmor u kojima je dopuštena veličina volumetrijske disipirane snage manja od 50 [W/m <sup>3</sup> ] [4].

Tablica 79. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
slapište	Tečenjem vode preko hidrotehničke stepenice dolazi do pojave vodnog skoka pa je prilikom projektiranja posebnu pažnju potrebno posvetiti zaštiti slapišta kako



oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
	<p>ne bi došlo do kontinuiranog produbljivanja korita i procesa podlokavanja nizvodno od hidrotehničke stepenice.</p> <p>Uzimajući u obzir biološke zahtjeve koji trebaju biti ispunjeni prilikom izgradnje stepenice, minimalna dubina umirujućeg bazena trebala bi iznositi oko 30 cm, širina odgovara širini stepenice, a duljina ovisi o uzdužnom padu vodotoka [10].</p>
visina stepenice	Važan oblikovni parametar predstavlja visina stepenica, koju je potrebno prilagoditi migratornim životinjskim vrstama koje obitavaju u pripadnom vodotoku.
dubina vode na stepenici	Dubina vode na stepenici ne smije biti manja od 0,2 m. Poželjno je da dubina bude što veća jer se s dubinom povećava i prolaznost kako riba koje plivaju pridno tako i riba koje plivaju u stupcu vode [8]. Potrebna dubina vode za kretanje ovisi o vrsti i veličini jedinki.
materijal	<p>Prilikom izgradnje stepenica, gdje god je to primjenjivo s obzirom na hidrauličke uvjete tečenja u vodotoku, preporuča se korištenje ekološki prihvatljivog materijala, primjerice kamenih blokova bez umjetnog vezivnog sredstva ili drvenih trupaca.</p> <p>Veličina krupnog kamenog materijala za formiranje tijela hidrotehničke stepenice određuje se projektom, a ključni kriteriji kod dimenzioniranja odnose se na stabilnost korita za vrijeme velikih voda i mogućnost nesmetanog kretanja vodenih organizama za vrijeme malih voda [9].</p> <p>Modificirane stepenice mogu biti izgrađene od sloja grubog supstrata minimalne debljine 0,2 m po cijeloj svojoj duljini. Supstrat bi trebao biti nevezan, tipičan za rijeku, a materijal supstrata bi trebao biti što prirodniji i postavljen tako da na dnu tvori raznoliku mrežu otvora i pukotina raznih veličina i oblika [8].</p>

### 1.5.3 Ekološki aspekti mjere

Izgradnjom modificiranih stepenica u odnosu na klasična rješenja postiže se veliki ekološki benefit u vidu omogućavanja migracija riba i rakova, što se posljedično pozitivno odražava i na čitav ekosustav vodotoka.

Uz navedene ekološke koristi u odnosu na klasične pragove, izgradnja modificiranih stepenica neizbježno uzrokuje i određene negativne utjecaje. Oni se očituju u degradaciji prirodnih stanišnih uvjeta u vodotoku, no budući da se modificiranim stepenicama u najvećoj mogućoj mjeri oponašaju prirodni uvjeti, ovaj utjecaj u pravilu nije značajan. Tu ipak treba biti oprezan i računati na kumulativan utjecaj, ukoliko je na istom vodotoku planirana izgradnja većeg broja stepenica. Generalno, izgradnju stepenica i ostalih poprečnih građevina u vodotocima treba izbjegavati, a postojeće stepenice koje su izgubile funkciju ukloniti. Ukoliko navedene opcije nisu moguće, tada je potrebno planirati izgradnju modificirane stepenice, koji će značajno manje negativno utjecati na vodeni ekosustav u odnosu na klasična rješenja.

Prilikom izgradnje stepenica i uklanjanja prisutne riparijske vegetacije na obalama vodotoka, posebno je važno ukloniti vegetaciju u mjeri koja ne narušava potpuni prirodni režim zasjenjivanja vodnog tijela. Preporuča se uklanjanje niskog raslinja i granja koje će se u potpunosti obnoviti kroz 1-2 godine. Uklanjanje više vegetacije poput stabala treba biti svedeno na minimum budući da korijenski sustav stabala uz obale vodotoka predstavlja stanište, mrjestilište i sklonište vodenim organizmima, a uz to, potreban je i dulji vremenski period za potpuni oporavak takve vegetacije.

## 1.5.4 Održavanje hidrotehničkih stepenica

Kako bi se održala funkcionalnost stepenica te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, neophodno je redovito provoditi praćenje stanja. Praćenje stanja uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i taloženje nanosa) te eventualnu identifikaciju kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji od željenih, odnosno projektiranih, kao i provjeru stabilnosti. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projekta. Kako bi se utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva, potrebno je provoditi biološko praćenje prisutnosti pojedinih vrsta i uspješnost migracije.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja i direktno ovisi o karakteristikama projekta, izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete, što može uključivati dodatnu stabilizaciju stepenica ukoliko dođe do havarije.

Od redovitih mjera održavanja, preporuča se provođenje redovitog monitoringa slapišta nizvodno od stepenica, kako bi se na vrijeme detektirala pretjerana erozija korita koja može uzrokovati gubitak stabilnosti hidrotehničke stepenice.

Unošenje ovih pratećih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

## 1.5.5 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 80) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 80) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 80. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>

### 1.5.6 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 81) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 81) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 81. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala (po potrebi)	m <sup>3</sup>
1.2	Praćenje stanja zahvata	kom
1.3	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Radovi održavanja najčešće se provode na hidrotehničkim stepenicama kod kojih je došlo do odnašanja kamenog materijala nakon prolaska velikog vodnog vala. Potrebno je dodatno ugraditi kameni materijal kako ne bi došlo do gubitka funkcije ili rušenja čitave konstrukcije. Navedeno se postiže ugradnjom materijala od kojeg je konstrukcija izgrađena.

## 1.5.7 Koristi od implementacije mjera

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.5.7.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute štete na materijalnim dobrima i od izbjegnute štete zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute štete u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 82) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 82. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
<p> smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva</p> <p> usporavanje površinskog otjecanja sa sliva</p>	Modificirana stepenica ne utječe na otjecanje sa sliva.
kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode	Modificirana stepenica ne utječe na kapacitet korita za skladištenje vode.
smanjenje brzine toka	Povećanjem hrapavosti podloge može doći do određenog smanjenja brzine toka nizvodno, no ovaj utjecaj je lokalno ograničen.
povećanje evapotranspiracije	Modificirana stepenica ne utječe na navedene koristi.

korist	pojašnjenje
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove prateće mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### 1.5.7.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 83) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [11, 12], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 83. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Implementacija mjere pozitivno utječe na populacije organizama koji migriraju uzvodno (ribe, rakovi), a time i na čitav riječni ekosustav.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> </ul>	Modificirana stepenica, kao i klasične stepenice predstavlja zahvat koji negativno utječe na hidromorfološke elemente.



element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<ul style="list-style-type: none"> <li>• veza s podzemnim vodama</li> </ul>	
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>• varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>• struktura i sediment dna rijeke</li> <li>• struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• temperatura</li> <li>• režim kisika</li> <li>• sadržaj iona</li> <li>• pH, m-alkalitet</li> <li>• hranjive tvari</li> </ul>	
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>• nesintetske</li> <li>• sintetske</li> <li>• ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [13].

Budući da se implementacijom modificiranog rješenja ne očekuju utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, ne očekuje se niti smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj

u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.5.7.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 84) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [14, 15], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 84. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj na vodeni ekosustav zbog uspostavljanja migracije vodenih organizama.
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Implementacijom mjere osigurava se održanje raznolikosti i brojnosti populacija riba, a što pozitivno utječe na kvalitetu riječnog ekosustava te pruža navedene usluge.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Održavanjem zdravog riječnog ekosustava pružaju se različite mogućnosti izravne i neizravne interakcije ljudi s rijekom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek

koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.5.8 Primjer mjere [16]

Potok Inchewan Burn duljine oko 2.270 m teče središnjom Škotskom prije nego se ulije u rijeku Tay kod sela Birnama sjeverno od Edinburga. U izvorišnom dijelu teče pošumljenim, reljefno raščlanjenim područjem uslijed čega ima bujični karakter. Kad je 1970-ih pored sela građena magistralna cesta A9 Edinburg–Inverness, dionica potoka duga 100 m je pomaknuta i kanalizirana kako bi se osigurala stabilnost mosne strukture. Kanal je stabiliziran betonom te gabionskim madracima i košarama. Pucanje žica na gabionskim madracima i košarama nakon određenog vremena dovelo je do rasipanja kamenog materijala po koritu i stvaranja barijera za ulazak atlantskog lososa iz rijeke Tay u potok kojeg je ta vrsta koristila za mrijest (Slika 60). Ekološki učinak se s vremenom kontinuirano pogoršavao dovodeći do toga da je za vrijeme niskog vodostaja voda tekla kroz rasuto kamenje [16].

Sanacija donjeg toka potoka na dionici duljine 100 m provedena je između rujna i studenog 2007. godine, tijekom sušnog razdoblja. Cilj sanacije bila je revitalizacija korita, koja je na obalama bila ograničena time što su postojeće obalne strukture morale pružati temelje za most. Najprije su uklonjene žice dezintegriranih gabiona, a tok je privremeno preusmjeren kroz cijevi. Korito je revitalizirano na način da su formirane kaskadne stepenice od prirodnog kamena s bazenom podno svake stepenice. Kaskade su oblikovane da oponašaju uzvodni dio korita (Slika 61). Veći kamen korišten za kaskade prikupljen je s okolnog terena, a korišten je i manji kamen iz gabiona. Najveći kameni (~500 kg) korišteni su kao temelji stepenica te duž obala kao zaštita gabiona od abrazije i radi estetske kvalitete. Manji kamen postavljen je uzvodno ispred velikog koji je omogućio njegovo zadržavanje tijekom tečenja vode. Budući da je uzdužni pad na dionici vodotoka bio značajan, stabilnost temeljnog kamena osigurana je ukapanjem armirano-betonskih struktura s čeličnim šipkama koje su osiguravale položaj kamenja tijekom bujičnih događaja [16].



Slika 60. Degradirano korito rijeke Inchewan Burn u Škotskoj, kolovoz 2006. [16]



Slika 61. Revitalizirano korito rijeke Inchewan Burn u Škotskoj primjenom hidrotehničkih stepenica od krupnog kamenog materijala [16]



Ukupni trošak projekta iznosio je 150.000 € prema tečaju iz 2007. godine. Već u prosincu 2007. godine u potoku su zabilježeni atlantski losos, morska i smeđa pastrva. Monitoring proveden 2009. godine pokazao je oporavak staništa i unaprjeđenje hidrauličkih obilježja vodotoka [16].

### 1.5.9 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Kuspilić, N., Ocvirk, E. (2016): *Hidrotehničke građevine*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [2] Kuspilić, N. (2009): *Regulacije vodotoka*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [3] Kuspilić, N. (2009): *Postupci zaštite od voda*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet
- [4] Franklin, P., Gee, E., Baker, C., Bowie, S. (2018): *New Zealand Fish Passage Guidelines For structures up to 4 meters*, National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd
- [5] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.
- [6] Davidson, S.K., McGregor, L. (2020): *Designing Steep Watercourse Cascades and Culvert Crossings in Scotland*, The River Restoration Centre, online konferencija, [https://www.therrc.co.uk/sites/default/files/files/Conference/2020/Posters/23\\_sdavidson\\_rrc2020.pdf](https://www.therrc.co.uk/sites/default/files/files/Conference/2020/Posters/23_sdavidson_rrc2020.pdf)
- [7] Schmutz, S., Mielach, C. (2013): *Measures for ensuring fish migration at transversal structures – Technical paper*, International Commission for the protection of the Danube River
- [8] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2017): *Planiranje i projektiranje ribljih staza*, Izvještaj 1 i 2, Hrvatske vode
- [9] Thomas, D.B., Abt, S.R., Mussetter, R.A., Harvey, M.D. (2000): *A Design Procedure for Sizing Step-Pool Structures*, Mussetter Engineering Inc., Hydraulic Engineering Laboratory, Colorado
- [10] *Urban Storm Drainage Criteria Manual: Volume 2, Structures, Storage and Recreation, Chapter 9: Hydraulic Structures*, Urban Drainage and Flood Control District, Denver, Colorado, 2017.
- [11] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [12] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [13] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [14] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [15] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

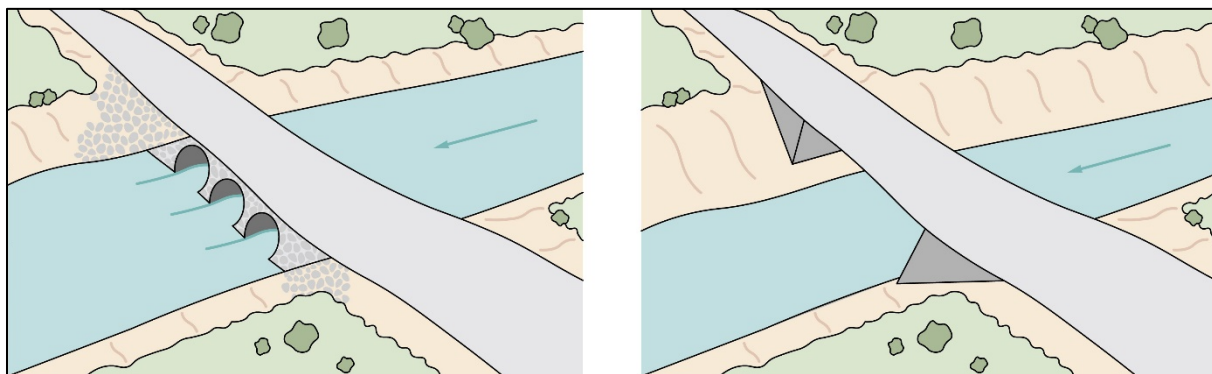


---

[16] *Manual of River Restoration Techniques*, 4th edition, The River Restoration Centre, 2021

## 1.6 Propust

Propust je građevina koja omogućuje odvijanje prometa preko vodotoka, a da pritom ne remeti protočnost i stabilnost njegova korita. Može biti cijevni (eng. *pipe culvert*) i pločasti (eng. *slab culvert*), a ukoliko je širina vodotoka veća od 10 metara, tada se radi o mostu [1]. Pravilno dimenzionirani propusti omogućuju propuštanje vode bez stvaranja uspora i povećanja opasnosti od izlivanja vode iz korita i pojave poplava. Na slici u nastavku (Slika 62) dan je shematski prikaz cijevnog (lijevo) i pločastog (desno) propusta.



Slika 62. Shematski prikaz cijevnog i pločastog propusta

Na slici u nastavku (Slika 63) dane su fotografije cijevnog i pločastog propusta. Na ovom primjeru radi se o istoj lokaciji gdje je prvotni cijevni propust zamijenjen pločastim.



Slika 63. Cijevni (lijevo) i pločasti (desno) propust [2]

### 1.6.1 Negativni utjecaji propusta i moguća ublažavanja

Ukoliko je propust izgrađen na vodotoku u kojem obitavaju vodeni organizmi koji aktivno migriraju kao što su ribe i rakovi, on može predstavljati nepremostivu prepreku njihovim uzvodnim i nizvodnim migracijama. Nedovoljne dimenzije propusta, velika duljina, neadekvatan materijal glatke površine, npr. armirani beton, velika razlika u brzinama vode neposredno uzvodno i nizvodno od propusta i visinska razlika između dna propusta i

prirodnog dna vodotoka glavni su uzročnici otežanih ili potpuno onemogućenih migracija vodenih organizama. Onemogućavanjem migracija dolazi do prekida longitudinalne povezanosti vodotoka i fragmentacije staništa te negativnog utjecaja na bioraznolikost vodotoka. Osim navedenog direktnog utjecaja, neadekvatno dimenzionirani propusti mogu utjecati na prirodnu dinamiku pronosa nanosa što se također može negativno odraziti na bioraznolikost. Propust kao točkasti zahvat negativno utječe na hidromorfološke karakteristike vodotoka, a ukoliko je poremećen i pronos nanosa negativan utjecaj je izraženiji. Slijedom navedenog, negativni utjecaji na bioraznolikost i stanje vodnog tijela do kojih može doći izgradnjom propusta, a koji su povezani s uslugama ekosustava su sljedeći:

- degradacija hidromorfoloških elemenata vodnog tijela, onemogućavanje migracije i fragmentacija staništa vodenih organizama;
- promjene brzine tečenja vode i režima pronosa nanosa.

Hoće li do navedenih utjecaja doći te koja će biti njihova značajnost ovisi o:

- bioraznolikosti vodotoka;
- hidrološkim i hidromorfološkim karakteristikama vodotoka;
- tehničkom rješenju propusta;
- održavanju propusta.

Tehnička rješenja kojima se mogu ublažiti prethodno navedeni negativni utjecaji uključuju:

- izgradnju propusta odgovarajućeg kapaciteta i dovoljnih dimenzija svijetlog otvora koji ne predstavljaju prepreku životinjskim vrstama i ne remete režim pronosa nanosa;
- dizajn propusta prilagođen vodenim organizmima kojim se oponašaju stanišni uvjeti prisutni u vodotoku;
- dimenzioniranje ili uklanjanje rešetke na ulazu u propust koja uzrokuje taloženje nanosa i začepljenje propusta te onemogućuje migracije organizama.

Budući da modifikacija rješenja ovisi o prisutnim vrstama i njihovim ekološkim zahtjevima, u fazu planiranja potrebno je uz stručnjake iz područja hidrologije i hidrotehnike uključiti i stručnjake iz biologije/ekologije.

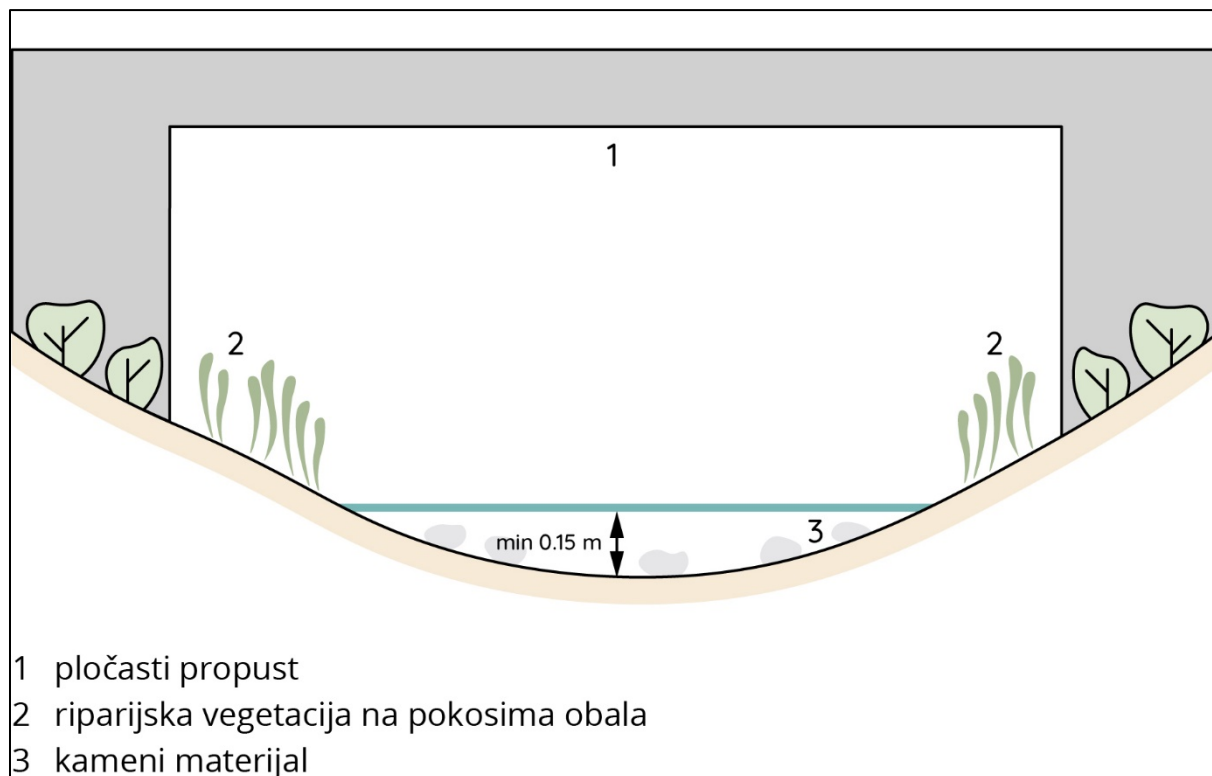
## 1.6.2 Tehnički opis modificiranog propusta

Modifikacije propusta u prvom redu se odnose na vodotoke u kojima su prisutni vodeni organizmi koji migriraju uzvodno i nizvodno, kao što su ribe i rakovi. Navedeno se najjednostavnije postiže planiranjem pločastih umjesto cijevnih propusta, budući da u pravilu imaju veću propusnu površinu. Zamjena postojećih neadekvatnih cijevnih propusta pločastim također predstavlja mjeru zelene infrastrukture. Prednosti pločastog propusta proizlaze upravo zbog njegove veće propusne površine, čime se smanjuje ili potpuno izbjegava utjecaj na lokalne uvjete tečenja poput brzine i snage toka, a ujedno smanjuje rizik od začepjenja propusta taloženjem nanosa, sprečava posljedično podizanje razine vode uzvodno od propusta i izlivanje vode iz korita.

Prilikom projektiranja pločastih propusta potrebno se pridržavati sljedećih načela [3, 4]:

- Pažljivim odabirom lokacije izgradnje propusta smanjiti mogućnost lokalne erozije korita i obala ili prekomjernog taloženja sedimenta uz propust.
- Izbjegavati remećenje prirodnog korita vodotoka, odnosno potrebno je zadržati postojeću širinu i morfologiju korita vodotoka – preporuka je da raspon propusta iznosi:
  - 1,3 x širina korita vodotoka za vodotoke sa širinom korita  $\leq 3$  m,
  - 1,2 x širina korita vodotoka + 0,6 m za vodotoke sa širinom korita  $> 3$  m [4].
- Upornjake propusta pozicionirati duboko u obalu vodotoka kako bi se zadržao kontinuitet priobalnog koridora ispod građevine koji osigurava prolaz kopnenim životinjskim vrstama, zadržava prirodno priobalno stanište i daje vodotoku određeni prostor za migraciju.
- Ukoliko tehničko rješenje propusta iziskuje zadiranje u korito, nužno je osigurati dovoljnu visinu stupca vode za vrijeme niskog vodostaja, odnosno održati postojeće uvjete u vodotoku kako bi se omogućilo kretanje riba. Potrebna visina stupca ovisi o prisutnim ribljim vrstama, a okvirno iznosi minimalno 150 mm za manje vrste i 250 mm za odrasle pastrvske.
- Korito i obale vodotoka unutar i uz pločasti propust projektirati na način da oponašaju postojeća staništa i uvjete u vodotoku – koristiti kameni materijal i omogućiti razvoj vegetacije.
- Maksimalnu brzinu tečenja vode kroz propust prilagoditi vrstama prisutnim u pripadnom vodotoku na način da im se u svim hidrološkim uvjetima osigura uzvodno i nizvodno migriranje kroz propust.
- Ukoliko rješenje propusta sadrži i stupove koji zadiru u protočni profil vodotoka, potrebno ih je pozicionirati na način da ne uzrokuju taloženje krupnog nanosa poput trupaca.

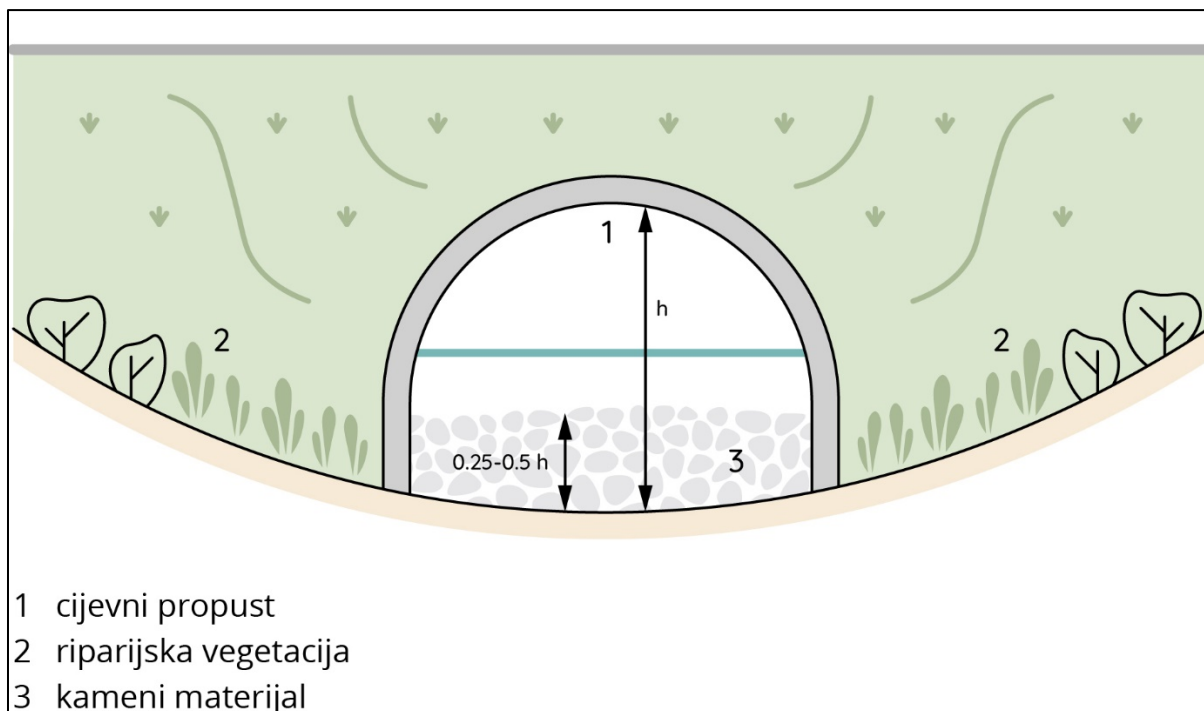
Na slici u nastavku (Slika 64) dan je poprečni presjek modificiranog pločastog propusta.



**Slika 64. Poprečni presjek modificiranog pločastog propusta**

Ukoliko izgradnja pločastog propusta nije moguća izvodi se modificirano rješenje cijevnog propusta. Cijevni propust je, kao i pločasti, potrebno izvesti uz zadržavanje postojećeg dna prirodnog vodotoka. Ako navedeno nije moguće postići već je potrebno ugraditi kompletni cijevni element, cijelom dužinom cijevi ugrađuje se materijal 25-50% visine propusta kojim se nastoji simulirati prirodno dno postojećeg vodotoka. Tako formirano dno ima veću hrapavost podloge od glatke cijevi i olakšava kretanje vodnih organizama. Najčešće se ugrađuje kameni materijal, a veličina granulata ovisi o hidrauličkim uvjetima tečenja u vodotoku i zadaje se projektom [4]. Na slici u nastavku (Slika 65) dan je poprečni presjek modificiranog cijevnog propusta.





Slika 65. Poprečni presjek modificiranog cijevnog propusta

U nastavku su opisani glavni projektni parametri bitni za projektiranje propusta, a vezani uz ekologiju migratornih vodenih organizama i glavni uvjet omogućavanja migracija.

### Funkcionalnost (prolaznost) propusta

Propust treba biti prolazan za vodene organizme kroz cijelu godinu. Međutim, nije u svim slučajevima moguće konstruirati hidrotehničku građevinu koja osigurava pogodne uvjete za prolazak riba 365 dana u godini, što nije niti nužno s obzirom na njihovu ekologiju. Omogućen prolazak riba kroz 300 dana godišnje pokazao se kao dovoljan period [5]. Ovdje svakako treba imati na umu da je prolaznost propusta nužna u periodima odvijanja reprodukcijских migracija, najosjetljivijim i najbitnijim periodima za održavanje populacije, a koji su specifični za svaku vrstu.

### Brzina toka

Propusti kao niti druge građevine u vodotoku ne bi smjeli biti projektirani tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine, već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe propust. Pri tome treba napomenuti da bi za projektiranje propusta trebalo koristiti kratkotrajnu kritičnu brzinu „najlošijeg“ plivača među ribljim vrstama promatranog područja, a to su obično mlade jedinke pojedinih vrsta ili veličinom najmanje vrste [6]. Kratkotrajne kritične brzine kreću se otprilike u rasponu od 1 do 2 m/s ovisno o literaturnom izvoru [5]. Stoga maksimalna vrijednost brzine toka u propustu ne bi trebala prelaziti 2 m/s [6]. Laboratorijska ispitivanja pokazala su da su najveće kratkotrajne brzine koje mogu savladati male i mlade ribe približno 0,35-0,6 m/s.

U tablici u nastavu (Tablica 85) dane su granične kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno svladati propustom – zbog istog principa tehničkog rješenja, u nedostatku podataka za propust, prikazani su podaci za riblju rampu (FAO, 2002) [6].

**Tablica 85. Maksimalne kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno savladati ribljom stazom i tipu riblje staze (prema FAO, 2002)**

ukupna visinska razlika [m]	zona pastrve, gornji tok	zona pastrve, donji tok	zona lipljena	zona mreke	zona deverike
<b>prirodne riblje staze – riblja rampa</b>					
< 5	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
5 – 10	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5
> 10	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

### Dubina vode u propustu

Dubina vode u propustu ne smije biti manja od 0,2 m. Poželjno je da dubina bude što veća jer se s dubinom povećava i prolaznost kako riba koje plivaju pridreno tako i riba koje plivaju u stupcu vode [6]. Potrebna dubina vode za kretanje ovisi o vrsti i veličini jedinki.

### Turbulencija

Pojavu turbulencije i vrtložnosti teško je izbjeći a njihov utjecaj na plivanje riba nije sasvim razjašnjen. Zbog mogućnosti da manje ribe budu zahvaćene i zbunjene vrtlozima i turbulencijom, u redu je pretpostavka da je utjecaj negativan. Neka istraživanja sugeriraju da ribe znaju koristiti turbulenciju uz fizičke strukture, propulziju uzrokovanu plivanjem drugih riba i vrtloge za uspješnije plivanje. Sumnja se da veličina vrtloga najviše utječe na ponašanje riba pri plivanju (Liao 2007). S obzirom na ostale akvatične organizme sa slabijim plivačkim sposobnostima, turbulencija bi trebala biti što manja. Navedeno se može postići ublažavanjem nagiba te povećanjem hrapavosti dna postavljanjem kamenog materijala, koje ujedno osigurava mjesta za odmor organizmima.

Generalni pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) je maksimalna volumetrijska disipirana snaga PV [W/m<sup>3</sup>]. Za pojedine riblje vrste postoje maksimalne preporučene vrijednosti disipirane snage (Callaud, Pineau et al. 2014). Generalna preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m<sup>3</sup> ovisno o vrsti riba. Detaljnija preporuka prema zonaciji rijeka dana je u tablici u nastavku (Tablica 86) (prema BMLFUW, 2012) dok su granične vrijednosti (maksimalne dopuštene) dane u sljedećoj tablici (Tablica 87) (prema EA, 2010) [6].

**Tablica 86. Preporučene vrijednosti volumetrijske disipirane snage prema zonaciji rijeke (prema BMLFUW, 2012)**

	zona pastirve, gornji tok	zona pastirve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
volumetrijska disipirana snaga, $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]	160	130-140	120	100	80

**Tablica 87. Granične vrijednosti volumetrijske disipirane snage (W/m<sup>3</sup>) prema zonaciji rijeke (prema EA, 2010)**

vrsta staze	zona pastirve, gornji tok	zona pastirve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
riblje rampe	300	275	250	100	175

### 1.6.2.1 Projektiranje mjere

Glavni uvjeti koje propust mora zadovoljiti je dovoljna propusna moć i omogućena migracija prisutnih vodenih organizama. Budući da konstrukcija propusta ovisi o morfološkim, hidrološkim i hidrauličkim uvjetima u vodotoku na lokaciji zahvata vrijednosti projektnih parametara mogu značajno varirati.

Za analizu uvjeta na lokaciji zahvata u užoj i široj okolici, u nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za projektiranje i dimenzioniranje propusta.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 88) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja propusta. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

**Tablica 88. Podloge za preliminarne analize**

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> </ul>

podloge za preliminarnu analizu
<ul style="list-style-type: none"> <li>rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobraza (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metoda podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi vodotoka na kojoj je planirana izgradnja propusta: uzvodno i nizvodno od propusta, u koritu i na obalama vodotoka.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 89).

**Tablica 89. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području planiranog zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Ukoliko nisu na raspolaganju podaci o prisutnosti riba i rakova na području planirane izgradnje propusta, potrebno je provesti istraživanje navedenih skupina kako bi se utvrdila potreba prilagodbe tehničkog rješenja njihovoj nesmetanoj migraciji.

### Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta propusta potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 90) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 90. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)

podloga	opis
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se gradi propust)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 91) i analizirati utjecaj svake varijante na vodni režim i vodene organizme u pripadnom vodotoku. Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

Tablica 91. Proračuni

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja propusta i odabrati protok za koji se dimenzionira korito ispod propusta;</li> <li>posebnu pažnju potrebno je posvetiti izračunu maksimalnih protoka određenih povratnih perioda i odabiru povratnog perioda za dimenzioniranje propusta kako bi se osigurao nesmetan prolaz velikog vodnog vala.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa kroz propust;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja projektiranog propusta na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>modeliranje dinamike pronosa nanosa te globalne i lokalne stabilnosti korita uz propust;</li> <li>proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti propusta.</li> </ul>
<b>proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti</b>



**proračuni**

Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:

- globalnu stabilnost propusta – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita i propusta te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti.

U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti propusta provode se (ne isključivo) proračuni:

- određivanja filtarskih slojeva;
- nosivost temeljnog tla;
- analize stabilnosti pokosa obala;
- analiza procjeđivanja;
- analiza deformacija;
- proračun konsolidacije;
- proračun za seizmičko djelovanje.

Rješenje propusta odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidroloških postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka.

Prilikom planiranja propusta, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

### 1.6.2.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Prilikom planiranja propusta i odabira lokacije, potrebno je izbjegavati izgradnju na zavojima meandrirajućih korita i na dijelu vodotoka na kojem je uočena pojačana sedimentacija ili erozija korita, kako bi se izbjegla opasnost od oštećenja i rušenja konstrukcije uslijed migriranja korita vodotoka. Pokušaj stabilizacije prirodno dinamičnog vodotoka rezultirat će dugoročnim i potencijalno značajnim problemima tijekom održavanja propusta te može uzrokovati pojačane erozijske procese uzvodno ili nizvodno. Dakle, izgradnja propusta preporuča se na relativno stabilnim i ravnim dionicama vodotoka s ujednačenim uzdužnim padom kako bi se izbjeglo naglo povećanje brzine toka neposredno uzvodno ili nizvodno od propusta [3, 7, 8]. Međutim, ukoliko je potrebno prijeći vodotok na lokaciji gdje su uočeni značajni fluvijalni procesi, preporuča se uključivanje stručnjaka iz područja geomorfologije i hidrologije da detektiraju potencijalne poteškoće i utjecaje te predlože mjere ublažavanja [3].

Preporuča se izbjegavanje izgradnje propusta na lokacijama na kojima se uzvodno stvaraju velike količine ledostaja. Tijekom otjecanja na proljeće postoji šansa da se ledostaj pretvori u ledohod i počne kretati nizvodno, zaustavlja i taloži na propustu čime smanjuje njegov protočni profil, uzrokuje poplavu te zbog velikog hidrodinamičkom opterećenja na konstrukciju propusta, uzrokuje njezino rušenje [5].

Nadalje, propust je potrebno pozicionirati okomito na pripadni vodotok jer se na taj način dobiva najkraći prijelaz preko vodotoka koji osim što smanjuje negativne utjecaje, smanjuje troškove izgradnje građevine i rizik od erozije neposredno uzvodno i nizvodno od propusta [3].

Postavljanje rešetki na ulazu u propust treba izbjegavati u vodotocima u kojima su prisutne ribe ili rakovi, no ako se proračunima dokaže njezina nužnost, razmak između šipki trebao bi biti što veći kako bi izazvao taloženje samo krupnog nanosa koji bez izgradnje rešetke može uzrokovati začepljenje propusta. Preporuka je da razmak između šipki iznosi minimalno 230 mm, budući da manji razmak može predstavljati prepreku ribama tijekom kretanja ili uzrokovati taloženje manjeg nanosa i povećati opasnost od poplava ako se ne održava redovito [3]. Rešetke propusta je potrebno redovito čistiti i održavati, pogotovo nakon poplavnih događaja.

Provedba izgradnje propusta kao mogućih pratećih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.6.2.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 92 do Tablica 94) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja propusta izabranog rješenja propusta.

**Tablica 92. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Informacije o količini, vrsti i pronosu nanosa predstavljaju važan projektni parametar kako bi se dimenzionirao propust odgovarajućeg kapaciteta i propusne moći, te izbjeglo taloženje i zatrpavanje nanosom koje može uzrokovati poplave i ugroziti stabilnost konstrukcije.
led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj u vodotoku. Nakupine leda na ulazu u propust mogu djelomično ili potpuno prepriječiti protočni profil propusta, onemogućiti migraciju vodenih organizama te uzrokovati uspor i poplavu. Kod ledohoda dolazi do dinamičkih udara ledenih santi koje mogu oštetiti dijelove konstrukcije propusta ili uzrokovati abraziju korita. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi rješenje propusta bilo funkcionalno u pogledu sigurnog prolaza velikih vodnih valova uz nesmetanu migracije vodenih organizama.

**Tablica 93. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
brzina tečenja vode	Hidraulički uvjeti u vodotoku na lokaciji zahvata uvjetuju tip konstrukcije propusta i potrebu za zaštitom korita vodotoka od erozija. Nadalje, brzina toka kroz propust treba biti prilagođena vodenim organizmima koji obitavaju u pripadnom vodotoku. Naime, propusti ne bi smjeli biti projektirani tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine, već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe propust [6]. Kratkotrajne kritične brzine kreću se otprilike u rasponu od 1 do 2 m/s ovisno o literaturnom izvoru [5]. Stoga maksimalna vrijednost brzine toka u propustu ne bi trebala prelaziti 2 m/s [6].
volumetrijska disipirana snaga, $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]	Generalni pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) je maksimalna volumetrijska disipirana snaga $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]. Budući da pojava turbulencije i vrtložnosti na utjecaj plivanja riba nije sasvim razjašnjena, za pojedine riblje vrste postoje maksimalne preporučene vrijednosti navedenog parametra. Generalna preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m <sup>3</sup> ovisno o vrsti riba [6].

Tablica 94. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
pozicija propusta na vodotoku	Prilikom planiranja propusta i odabira lokacije, potrebno je izbjegavati izgradnju na zavojima meandrirajućih korita i na dijelu vodotoka na kojem je uočena pojačana sedimentacija ili erozija korita, kako bi se izbjegla opasnost od oštećenja i rušenja konstrukcije uslijed migriranja korita vodotoka. Također, preporuča se izbjegavanje izgradnje propusta na dionicama vodotoka na kojima dolazi do pojave većih količina leda jer njegovo taloženje na propustima može uzrokovati smanjenje protočnosti, uspor i poplavu.
uzdužni nagib propusta	Izgradnja propusta preporuča se na relativno stabilnim i ravnim dionicama vodotoka s ujednačenim uzdužnim padom kako bi se izbjeglo naglo povećanje brzine toka neposredno uzvodno ili nizvodno od propusta, odnosno potrebno je zadržati postojeći uzdužni nagib dna korita vodotoka ispod propusta.
širina propusta	Širina propusta ovisi o specifičnoj lokaciji zahvata, međutim preporuča se zadržavanje prirodne morfologije korita vodotoka pa je širinu propusta potrebno prilagoditi širini prirodnog vodotoka. Ukoliko je moguće, upornjake propusta potrebno je pozicionirati duboko u obalu vodotoka kako bi se u najvećoj mogućoj mjeri zadržao kontinuitet priobalnog koridora ispod građevine za prolaz kopnenih životinjskih vrsta.
dubina vode u propustu	Potrebna visina stupca vode (dubina vode) u propustu ovisi o prisutnim ribljim vrstama, a različita literatura daje različite minimalne vrijednosti. Minimalna dubina vode u propustu iznosi od 0,15 m za manje vrste [3, 4] do 0,2 m [6] i 0,25 m [3,4] za odrasle pastrvske. Poželjno je da dubina bude što veća jer se s dubinom povećava i prolaznost riba.
materijal	Izgradnjom propusta ne smije doći do remećenja prirodnog korita vodotoka, odnosno potrebno je u što je moguće većoj mjeri zadržati ili oponašati stanišne i hidrauličke uvjete prisutne u vodotoku. Navedeno najčešće uključuje postavljanje kamenog materijala i sadnju riparijske vegetacije.

### 1.6.3 Ekološki aspekti mjere

Iako je izgradnja propusta zahvat manjeg obuhvata, loše projektirani propusti mogu uzrokovati negativne utjecaje na bioraznolikost vodotoka i stanje vodnog tijela čije posljedice mogu utjecati i na druga povezana vodna tijela [2]. Potreba za modificiranim propustima odnosi se na vodotoke u kojima su prisutni organizmi koji aktivno migriraju.

Ukoliko se radi o povremenim vodotocima bez prisutne vodene faune navedena rješenja mogu biti relevantna samo iz estetskih razloga i uklapanja propusta u okoliš.

Izgradnjom propusta potrebno je u najvećoj mogućoj mjeri održati postojeće stanje korita, a ako to nije moguće, dno propusta mora biti izgrađeno od materijala prisutnog na širem području vodotoka, kako bi se zadržao supstrat tipičan za vodotok i time održala kvaliteta staništa u vodotoku. Uz propuste se svakako preporuča sadnja drvenaste riparijske vegetacije koja osim što doprinosi stabilizaciji obale, također doprinosi povećanju „prirodnosti“ vodotoka i smanjenju značajnosti utjecaja promjena stanišnih uvjeta.

#### 1.6.4 Održavanje propusta

Kako bi se održala funkcionalnost propusta te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, potrebno je redovito provoditi praćenje stanja. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projekta. Praćenje uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i sedimentacija) koji mogu ugroziti stabilnost građevine i smanjiti kapacitet propusta te stanja populacija vodenih organizama [4]. Praćenje stanja populacija vodenih organizama dovoljno je provesti u nekoliko navrata kako bi se utvrdilo predstavlja li propust prepreku njihovim migracijama.

Održavanje građevine za vrijeme životnog vijeka građevine služi za očuvanje temeljnih zahtjeva za građevinu, a u slučaju oštećenja građevine zbog kojih postoji opasnost za život i zdravlje ljudi ili okoliša, potrebno je poduzeti hitne mjere za otklanjanje opasnosti. Redovito održavanje propusta predstavlja jednu od značajnijih stavki svakog projekta izgradnje propusta jer se u praksi pokazalo da najčešće neodržavanje uzrokuje začepljenje propusta i gubitak stabilnosti konstrukcije. Redovito održavanje odnosi se na održavanje projektirane protočnosti propusta, što uključuje uklanjanje istaloženog sedimenta, dok se izvanredno održavanje odnosi na sanaciju nepredviđenih oštećenja konstrukcije.

Unošenje ovih pratećih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

#### 1.6.5 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 95) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz

detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 95) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 95. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja krupnog lomljenog kamenog materijala	m <sup>3</sup>
2.3	Ugradnja propusta	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnja grmlja	kom

### 1.6.6 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 96) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 96) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 96. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja uz propust	m <sup>2</sup>



1.2	Orezivanje niskog raslinja i grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### 1.6.7 Koristi od implementacije mjera

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

#### 1.6.7.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava nema razlike između klasičnih i modificiranih rješenja propusta, budući da je osnovni kriterij kod oba pristupa dovoljna propusna moć propusta.

#### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove prateće mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

Uz uvjet iste funkcionalnosti u odnosu na klasična rješenja propusta, odnosno uz iste koristi od implementacije mjere, monetarna korist sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je kod modificiranog i klasičnog rješenja.

#### 1.6.7.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 97) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [2, 9, 10], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

Tablica 97. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Implementacijom mjere zadržava se postojeće stanje populacija vodenih organizama koji aktivno migriraju. Klasična rješenja mogu predstavljati nepremostivu prepreku migracijama i time značajno utjecati na biološke elemente.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Ovisno o tehničkom rješenju modificiranog propusta i karakteristikama vodotoka moguća su ublažavanja negativnih utjecaja na hidromorfološke elemente u odnosu na klasična rješenja zbog održavanja hidrološkog režima na lokaciji propusta i morfoloških uvjeta.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	U odnosu na osnovno fizikalno-kemijske i kemijske elemente nema razlike između klasičnih i modificiranih rješenja.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [11].

Budući da se implementacijom modificiranog rješenja mogu očekivati određena smanjenja negativnog utjecaja na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, može se

očekivati određeno smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.6.7.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 98) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [2, 12, 13], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 98. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj zbog omogućavanja migracija vodenih organizama te zadržavanja postojećih stanišnih uvjeta i bioraznolikosti vodotoka.
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Održavanjem postojećih stanišnih uvjeta i populacija vodenih životinjskih organizama omogućeno je pružanje ove usluge ekosustava.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj zbog omogućavanja migracija vodenih organizama i zadržavanja postojećih stanišnih uvjeta.
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Održavanjem bioraznolikosti i ekoloških vrijednosti vodotoka, održava se i vrijednost svih kulturoloških biotičkih usluga ekosustava.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.6.8 Primjer mjere [14]

Preko potoka Mill u okrugu Murray u Georgiji (SAD) prolazi prometnica koja se 2017. godine urušila uslijed korozije jednog od dva cijevna propusta. Cijevne propuste činile su dvije korugirane, metalne cijevi koje su uzrokovale sedimentaciju nanosa i predstavljale barijere u prolazi vodenih organizama. Zbog navedenih negativnih utjecaja cijevnih propusta planirana je sanacija štete i izgradnja ekološki prihvatljivije vrste propusta. 2019. godine izgrađen je pločasti propust bez formiranog dna koji omogućuje prirodno tečenje potoka Mill i pogodan je za kretanje životinjskih vrsta. Na slici u nastavku (Slika 66) dan je prikaz propusta prije (lijevo) i nakon (desno) rekonstrukcije.



Slika 66. Prije (lijevo) i poslije (desno) rekonstrukcije propusta [14]

### 1.6.9 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.

- [2] *Appropriate design of roads and stream crossings*, NWRM, Valbonne, 2014., <http://nwrn.eu/measure/appropriate-design-roads-and-stream-crossings>
- [3] *Engineering in the water environment: good practice guide – river crossings*, second edition, Scottish Environment Protection Agency, SEPA, 2010.
- [4] Franklin, P., Gee, E., Baker, C., Bowie, S. (2018): *New Zealand Fish Passage Guidelines For structures up to 4 meters*, National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd
- [5] Schmutz, S., Mielach, C. (2013): *Measures for ensuring fish migration at transversal structures – Technical paper*, International Commission for the protection of the Danube River
- [6] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2017): *Planiranje i projektiranje ribljih staza*, Izvještaj 1 i 2, Hrvatske vode
- [7] *Environmental Guidelines For Culverts*, Chapter 5, Water Resources Management Division, Water Rights, Investigations and Modelling Section, Canada, 2018.
- [8] *Guidelines for Culvert Construction to Accommodate Fish & Wildlife Movement and Passage*, Arizona Game and Fish Department, Habitat Branch, 2006.
- [9] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [10] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [11] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [12] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [13] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>
- [14] *Stream Crossings in Georgia: A Handbook for Connectivity and Resilience*, Georgia Aquatic Connectivity Team, Atlanta, GA, 2021.



## 1.7 Riblja staza

Riblja staza je konstrukcija najčešće u obliku kanala s povoljnim hidrauličkim karakteristikama za kretanje ribljih vrsta i drugih vodenih organizama, koja im pomaže u uspješnom savladavanju prepreka poput brana, pragova i drugih pregradnih hidrotehničkih građevina u koritu vodotoka. Navedene građevine onemogućavaju migraciju vodenih organizama, prekidaju riječni kontinuitet, povećavaju smrtnost riba te fragmentiraju i degradiraju staništa pojedinih vrsta [1, 2, 3]. Spomenute prepreke mogu postati prolazne za vodene organizme izgradnjom ribljih staza. Naravno, izgradnja ribljih staza ne uklanja osnovnu ekološku štetu uzrokovanu izgradnjom pregrada, kao što je gubitak riječnog staništa ili gubitak uzdužne povezanosti ali u određenoj mjeri umanjuje negativne ekološke utjecaje [2].

Riblja staza detaljno je obrađena u dokumentu *Planiranje i projektiranje ribljih staza*, kojeg je izradio Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku 2017. godine [2], stoga je u ovim Smjernicama dan pregled ključnih podataka preuzetih iz navedenog dokumenta i ostale relevantne literature (*Measures for ensuring fish migration at transversal structures – Technical paper, International Commission for the protection of the Danube River, 2013* [4]). Pri korištenju ovih Smjernica svakako predlažemo korištenje i navedenih dokumenata.

Osnovna podjela ribljih staza je na prirodne i tehničke, a odabir rješenja ovisi o specifičnim uvjetima tečenja na lokaciji izgradnje i o ribljim vrstama koje obitavaju u pripadnom vodotoku [1, 2]. Na slikama u nastavku dani su primjeri za tehničku (Slika 67) i prirodnu (Slika 68) riblju stazu na kojima je jasno vidljiva razlika između navedenih vrsta.



**Slika 67. Tehnička riblja staza uz HE Blanca u Sloveniji na rijeci Savi, autorica: E. Ocvirk [2]**



Slika 68. Prirodna riblja staza uz akumulaciju Obermaubach u Njemačkoj [2]

Kao što samo ime kaže, prirodne riblje staze nastoje se uklopiti u postojeći okoliš u obliku obilaznog kanala prirodnih karakteristika ili u obliku riblje rampe, dok tehnička rješenja predviđaju staze bazenskog tipa s različitim tipovima umjetnih pregrada. Osim uobičajenih tipova koriste se i posebne konstrukcije kao što su riblji liftovi i prevodnice [2]. S obzirom na glavne karakteristike i osnovnu podjelu ribljih staza, preporuča se izgradnja i primjena prirodnih ribljih staza zbog dodatnih ekoloških koristi gdje god je to primjenjivo.

Za razumijevanje ekoloških zahtjeva koje riblja staza mora zadovoljiti nužno je poznavati ekologiju riba, poput veze između dijela toka i vrsta riba, načina migriranja i načina kretanja. U nastavku su ukratko opisani navedeni ekološki aspekti.

### Zonacija rijeka

Tok rijeke može se podijeliti se prema vrstama riba na sljedeće zone: zona pastrve, zona lipljena, zona mreene, zona deverike, zona lista [5].

Zona pastrve čini najgornji dio brdskih potoka s kamenitim dnom i jakom strujom vode. Karakterizirana je relativno velikim nagibom dna (i do 10%) te temperaturom vode do 20°C. Osim pastrve (*Salmo trutta*) od riba tu žive još i peš (*Cottus gobio*) i pijor (*Phoxinus phoxinus*). Česte su i alge kremenjašice i mahovine.

Zona lipljena je prelazna zona prema srednjem toku (prema nekim autorima područje između potoka i rijeka). Karakteristika ove zone je šljunkovito tlo nagiba 2-7%, sporijeg toka od zone pastrve. Prosječna godišnja temperatura u ovoj zoni je nešto viša nego u zoni pastrve ali i dalje do 20°C. Uz lipljena (*Thymallus thymallus*) tu još uvijek obilno nalazimo i pastrvu, peša i pijora te ribe srednjeg toka: mreenu (*Barbus barbus*), klenu (*Squatius cephalus*), podusta (*Chondrostorna nasus*) i krkuša (*Gobio sp.*).

Zona mrene podudara se sa srednjim tokom rijeke šljunkovito-pjeskovite podloge, gdje je veće kolebanje temperature vode i ima manje otopljenog kisika. Uz mreću dolaze još i klen, podust, jez (*Leuciscus idus*), bolen (*Aspius aspius*), klenić (*Leuciscus leuciscus*) te populacije mladica (*Hucho hucho*) koje su u posljednje vrijeme zbog pregradnje korita i ograničavanja sezonskih migracija prorijeđene.

Zona deverike obuhvaća donji tok rijeke s muljevito-pjeskovitim koritom. Korito u ovoj zoni je u pravilu široko i duboko, malih nagiba do 1,5%, što za posljedicu ima sporo tečenje i relativno visoke ljetne temperature vode (i preko 25°C). Uz deveriku (Abramis brama) česte vrste ove zone su i bodorka (*Rutilus rutilus*), šaran (*Cyprinus caprio*), linjak (*Tinca tinca*), smuđ (*Sander lucioperca*), som (*Silurus glanis*) i štuka (*Esax lucius*). U ovoj zoni raste mnogo vodene vegetacije, česta je i nestašica kisika dok su kolebanja ekoloških parametara velika.

Zona lista predstavlja samo ušće rijeke u more od kojega je voda zaslanjena. Primjer ribe koju nalazimo ovdje je jegulja [2].

### Migracije riba

Sve vrste riba ciljano mijenjaju staništa i migriraju u određenim životnim fazama. Migracije riba odvijaju se sezonski, mjesečno ili na dnevnoj bazi. Reprodukcijske migracije uglavnom se događaju u uzvodnom smjeru. Svrhe nizvodnih migracija su širenje areala, prelazak prema jesenskim i zimskim staništima ili povratak u njihovo glavno stanište nakon reprodukcije. Nekim vrstama pogoduju mali, nekim veliki protoci [2, 4].

### Kretanje riba

Osnovni oblik kretanja riba i najbitniji kod projektiranja ribljih staza je plivanje (kod pojedinih pastrvskih vrsta (*Salmonidae*) uputno je uzeti u obzir činjenicu da mogu iskakati iz vode i na taj način savladavati prepreke [4]). Plivanje uključuje prijenos količine gibanja s ribe na okolnu vodu i obrnuto. Glavni mehanizam prijenosa gibanja je preko sile otpora, podizanja i inercijalne sile. Osnovne sile koje djeluju na ribe u procesu plivanja su gravitacija, uzgon i hidrodinamički uzgon (u vertikalnom smjeru) te potisak (sila koja tjera naprijed) i sile otpora (u horizontalnom smjeru) [2].

Važan čimbenik za planiranje ribljih staza je specifična sposobnost plivanja pojedinih vrsta riba. Brzina plivanja nije konstanta, već ovisi o nizu čimbenika kao što su oblik tijela, veličina, mišićni sustav, temperatura vode i brzina toka [4]. Ribe plivaju trima načelno različitim brzinama određenim na temelju vremena trajanja plivanja ribe određenom brzinom [2]. To su kratkotrajna ili eksplozivna brzina (eng. *burst speed*), produžena ili neprekidna (eng. *prolonged speed*) te trajna ili ustaljena brzina (eng. *cruising speed*) [2, 15]. Kratkotrajna ili eksplozivna brzina predstavlja maksimalnu brzinu, traje do 20 sekundi te je popraćena fazom odmora, a dijeli se na kritičnu i maksimalnu. Vrijednosti kritične kratkotrajne brzine (brzina kod koje se drift odnosno nizvodno odnošenje strujom vode javlja nakon 20 sekundi) kod jedinki porodica *Salmonidae*, *Percidae* i reda *Cypriniformes* dosežu iznos 10-12 duljina tijela/s, a za *Cyprinidae* 4-5 duljina tijela/s. Maksimalne vrijednosti kratkotrajne brzine iznose 2-3 m/s za salmonidne vrste i 0,7-1,5 m/s za ciprinidne [4]. Neprekidna brzina može se održati kraći period (20 sekundi do 200 min) i **dovodi do zamora mišića, a iznosi oko 5 duljina tijela/s.** Trajna, odnosno ustaljena brzina



koristi se za normalno kretanje i može se održati dugo vremena (> 200 min) bez zamora mišića i nju ribe najčešće koriste tijekom migriranja. Okvirna vrijednost ove brzine iznosi 2 duljine tijela/s.

Osim razlika u brzinama plivanja, riblje vrste razlikuju se i po koridoru koji koriste tijekom uzvodnih migracija te se dijele na one koje se kreću uz dno, uz obalu i u otvorenoj vodi. Primjerice peš (*Cottus gobio*) kreće se u kontaktu s podlogom i koriste kamenje kao zaklonište i odmorište. Za ovu vrstu i pregrada male visine (18-20 cm) predstavlja prepreku migracijama. Za riblje vrste iz zone lipljena i mrene nužna je dovoljna dubina vode dok pojedine pastrvske vrste (*Salmonidae*) pragove mogu prijeći skakanjem, za što im je potrebna dovoljna dubina vode neposredno nizvodno od praga [4].

Prilikom planiranja mjere važno je primijeniti načela provedbe višenamjenskih zahvata (vidjeti: Knjiga 1, poglavlje 2.3.2) te je sukladno tome važna uključenost brojnih dionika, od lokalnih, regionalnih i nacionalnih donositelja odluka, stručnjaka iz različitih područja kao što su hidrologija, geomorfologija, ekologija, biologija, sociologija i ekonomija, do lokalnog stanovništva i vlasnika zemljišta (npr. poljoprivrednici). Jedino će integracija svih dionika u najranijoj fazi planiranja osigurati pronalazak optimalnog rješenja problema.

### 1.7.1 Tehnički opis

Glavni kriterij koji riblje staze moraju zadovoljiti odnosi se na biološke zahtjeve i ponašanje migratornih vodnih organizama. Potrebno je napomenuti da se biološki mehanizmi koji potiču ili utječu na migracije vodnih organizama još uvijek izučavaju [2]. U nastavku su opisani glavni projektni parametri bitni za projektiranje riblje staze.

#### Funkcionalnost riblje staze

Riblja staza treba biti funkcionalna kroz cijelu godinu. Međutim, nije u svim slučajevima moguće konstruirati hidrotehničku građevinu koja osigurava pogodne uvjete za prolazak riba 365 dana u godini, što nije niti nužno s obzirom na njihovu ekologiju. Omogućen prolazak riba kroz 300 dana godišnje pokazao se kao dovoljan period [4]. Ovdje svakako treba imati na umu da je funkcionalnost riblje staze nužna u periodima odvijanja reproduksijskih migracija, najosjetljivijim i najbitnijim periodima za održavanje populacije, a koji su specifični za svaku vrstu.

#### Brzina toka

Riblje staze ne bi smjele biti projektirane tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine (osim eventualno na mjestima kontrakcije toka), već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe stazu. Trajna brzina nije uvjet koji je potrebno zadovoljiti. Pri tome treba napomenuti da bi u obzir svakako trebalo uzeti i kratkotrajnu kritičnu brzinu „najlošijeg“ plivača među ribljim vrstama promatranog područja, a to su obično mlade jedinke pojedinih vrsta ili veličinom najmanje vrste [2]. Kratkotrajne kritične brzine kreću se otprilike u rasponu od 1 do 2 m/s ovisno o literaturnom izvoru [4]. Stoga maksimalna vrijednost brzine toka u ribljoj stazi ne bi trebala prelaziti 2 m/s [2]. Laboratorijska

ispitivanja pokazala su da su najveće kratkotrajne brzine koje mogu savladati male i mlade ribe približno 0,35-0,6 m/s. Ovakve relativno male brzine mogu biti osigurane u neposrednoj blizini dna odgovarajućim projektnim rješenjem.

U tablici u nastavu (Tablica 99) dane su granične kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno svladati ribljom stazom i tipu riblje staze (FAO, 2002) [2].

**Tablica 99. Maksimalne kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno savladati ribljom stazom i tipu riblje staze (prema FAO, 2002)**

ukupna visinska razlika [m]	zona pastrve, gornji tok	zona pastrve, donji tok	zona lipljena	zona mreke	zona deverike
<b>tehničke riblje staze</b>					
< 3	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7
3 - 6	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6
6 - 9	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
> 9	1,9		1,8	1,5	
<b>prirodne riblje staze – obilazni kanal</b>					
< 5	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
5 – 10	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
> 10	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9
<b>prirodne riblje staze – riblja rampa</b>					
< 5	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
5 – 10	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5
> 10	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

### Dubina vode u ribljoj stazi

Dubina vode u ribljoj stazi ne smije biti manja od 0,2 m. Poželjno je da dubina bude što veća jer se s dubinom povećava i prolaznost kako riba koje plivaju pridno tako i riba koje plivaju u stupcu vode [2]. Potrebna dubina vode za kretanje ovisi o vrsti i veličini jedinki. Značajna veličina je i razlika u vodnim licima između bazena jer oko 0,2 m razlike u visini podrazumijeva brzinu tečenja oko 2 m/s u otvorima, što je spomenuto kao maksimalna dozvoljena brzina, te je tako definirana i maksimalna preporučena razlika vodnih lica [2].

### Protok

Protok potreban za osiguranje optimalnih hidrauličkih uvjeta za ribe u samoj stazi u pravilu je manji od protoka potrebnog za osiguranje privlačne struje na izlazu iz riblje staze [2].

### Turbulencija

Pojavu turbulencije i vrtložnosti teško je izbjeći a njihov utjecaj na plivanje riba nije sasvim razjašnjen. Zbog mogućnosti da manje ribe budu zahvaćene i zbunjene vrtložima i



turbulencijom, u redu je pretpostavka da je utjecaj negativan. Neka istraživanja sugeriraju da ribe znaju koristiti turbulenciju uz fizičke strukture, propulziju uzrokovanu plivanjem drugih riba i vrtloge za uspješnije plivanje. Sumnja se da veličina vrtloga najviše utječe na ponašanje riba pri plivanju (Liao 2007). S obzirom na ostale akvatične organizme sa slabijim plivačkim sposobnostima turbulencija bi trebala biti što manja. Zato je preporuka da riblje staze sadrže bazene za odmor ili da se smanji visinska razlika između pojedinačnih bazena i poveća duljina riblje staze u uzvodnom smjeru.

Generalni pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) u bazenu je maksimalna volumetrijska disipirana snaga  $P_V$  [ $W/m^3$ ], definirana u funkciji gustoće vode, ubrzanja sile teže, protoka vode, razlike razina vode ispred i iza otvora bazena, svjetle duljine i širine bazena i prosječne dubine toka mjerene u centru bazena. Za pojedine riblje vrste postoje maksimalno preporučene vrijednosti disipirane snage (Calluud, Pineau et al. 2014). Generalna preporuka je da treba iznositi oko 150-200  $W/m^3$  ovisno o vrsti riba. Detaljnija preporuka prema zonaciji rijeka dana je u tablici u nastavku (Tablica 100) (prema BMLFUW, 2012) dok su granične vrijednosti (maksimalne dopuštene) dane u sljedećoj tablici (Tablica 101) (prema EA, 2010) [2].

**Tablica 100. Preporučene vrijednosti volumetrijske disipirane snage prema zonaciji rijeke (prema BMLFUW, 2012)**

	zona pastirve, gornji tok	zona pastirve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
volumetrijska disipirana snaga, $P_V$ [ $W/m^3$ ]	160	130-140	120	100	80

**Tablica 101. Granične vrijednosti volumetrijske disipirane snage ( $W/m^3$ ) prema zonaciji rijeke (prema EA, 2010)**

vrsta staze	zona pastirve, gornji tok	zona pastirve, donji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
tehničke riblje staze (bazenski tip)	250	225	200	150	125
riblje rampe	300	275	250	100	175

Bitan lokalni pokazatelj toka je i kinetička energija turbulencije. Postoji uska veza između ovog pokazatelja i volumetrijske disipirane snage. Kod staza s bazenima nastaju recirkulacijske zone – područja omeđena vrtlozima. Zbog slabije izražene vertikalne komponente, može ih se tretirati kao dvodimenzionalne. Vrtlozi mogu zahvatiti manje ribe pa prelazak staze postaje upitan. Situacija kad je vrtlog manji od ribe nije problematična, no ako je veći, ribe se gibaju otežano i kaotično [2].

### Nagib riblje staze

Kod tehničkih ribljih staza dopušteni su veći nagibi i to u rasponu 1:5 do 1:10 ovisno o odabranom tipu riblje staze. S druge strane prirodne riblje staze ne bi smjele preći nagib od 1:15. U tablici u nastavku (Tablica 102) dane su karakteristične vrijednosti nagiba dna riblje staze u ovisnosti o zonaciji rijeke i duljini dionice [2].

**Tablica 102. Karakteristične vrijednosti nagiba dna riblje staze u ovisnosti o ribljim vrstama i duljini dionice [2]**

duljina dionice [m]	zona pastreve, gornji tok	zona pastreve, donji tok	zona lipljena	zona mrene	zona deverike
	nagib [%]				
< 1	10,00-1,65	1,65-1,25			
1 – 5	5,00-1,50	1,50-0,75	0,75-0,30	0,30-0,10	0,10-0,00
5 – 25	2,00-1,45	1,45-0,60	0,60-0,20	0,20-0,05	0,05-0,00
25 – 100		1,25-0,45	0,45-0,125	0,125-0,033	0,033-0,00
> 100			do 0,075	0,075-0,025	0,025-0,00

### Odmorišta

Poželjno je, pogotovo za dugačke staze, postojanje mjesta za odmor. Odmorišta su područja predviđena za oporavak riba od napora uslijed svladavanja uspona i većih brzina u zonama otvora. Zone odmorišta moraju biti prilagođene tipu riblje staze a predstavljaju ih zone ili bazeni s volumetrijskom disipiranom snagom manjom od  $50 \text{ W/m}^3$ . Prema dostupnoj literaturi odmorišta je potrebno osigurati na udaljenostima koje pokrivaju oko 2,0 m u padu vodnog lica između bazena, dok je npr. kod Denilovih ribljih staza preporučena duljina između odmorišta 6 do 8 m u uzdužnom smjeru [2].

### Dno riblje staze

Dno riblje staze trebalo bi se prekriti slojem grubog supstrata minimalne debljine od 0,2 m po cijeloj duljini riblje staze. Supstrat bi trebao biti tipičan za rijeku, a materijal supstrata bi trebao biti što prirodniji i postavljen tako da na dnu tvori raznoliku mrežu otvora i pukotina raznih veličina i oblika. Ovako koncipirano dno, omogućuje malim ribama i bentoskim beskralježnjacima neometano penjanje ribljom stazom. Također, s hidrauličkog gledišta, sloj od grubog supstrata služi i kao zaštita dna od erozije. Hrapavo dno trebalo bi biti neprekidno od ulaza do izlaza iz riblje staze, kroz sve otvore i proreze u ribljoj stazi. Kod nekih tehničkih ribljih staza, pogotovo Denilovih ribljih staza, to je nemoguće postići. U takvim stazama spriječen je prolazak bentoskih beskralježnjaka [2].

### Orijentacija riba

Sve vrste riba mogu osjetiti brzinu toka i koristiti je za orijentaciju i kretanje u uzvodnom smjeru. Ukoliko brzina toka padne ispod određene granične vrijednosti specifične za pojedinu vrstu, riba gubi mogućnost orijentacije. Granične vrijednosti brzine toka kreću se od 0,15 m/s (npr. peš, *Cottus gobio*) do  $>0,30 \text{ m/s}$  (npr. mladica, *Hucho hucho*) [4]. Ribama odgovara situacija kada znaju prepoznati „uzorak toka“ pa je poželjno ponavljanje uzorka geometrije, što je u pravilu prisutno kod većine ribljih staza. Unazad 15 godina sve se više energije ulaže u detaljno proučavanje strukture toka u stazama [2].

## Pozicija riblje staze

Položaj riblje staze uz prepreku izuzetno je značajan. Ribe i ostali vodeni organizmi u pravilu migriraju uzvodno uzduž glavne struje. Da bi ulaz u riblju stazu bio prepoznat od strane vodenih organizama treba ga pozicionirati na stranu pregrade na koju dolazi glavna struja. Nadalje riblja staza odnosno ulaz u riblju stazu ne bi trebao biti smještena „daleko“ u donjoj vodi u odnosu na pregradu jer to otežava ribama mogućnost pronalaska ulaza. U praksi se pokazalo da je to jedna od najčešćih projektantskih pogrešaka a najčešće je posljedica želje za postizanjem određenih hidrauličkih uvjeta u ribljoj stazi te raznih prostornih ograničenja [2].

Više o pozicioniranju riblje staze u odnosu na vodotok dostupno je u literaturi [2, 4].

## Ulaz u riblje staze

Vodeni organizmi u vodotocima se orijentiraju prema strujama. Kod uzvodne migracije odrasle ribe plivaju protiv glavne struje. One ne moraju nužno migrirati unutar maksimalnog protoka ali ovisno o plivačkim sposobnostima mogu plivati i po rubovima glavnog toka. Kada je migracija zaustavljena preprekom ribe nastoje naći put uzduž prepreke, odnosno na jednom od rubova. Na taj način one i dalje slijede glavnu struju koja u ovom slučaju dolazi iz same riblje staze te se na taj način usmjeravaju u istu.

Hidraulički uvjeti nizvodno od brane (brzina tečenja i stupanj turbulencije) utječu na privlačne struje koje se formiraju na ulazu u riblju stazu. Također na nju utječu i kut izlaznog toka i omjer protoka glavnog vodotoka i riblje staze. Privlačna struja mora biti vidljiva vodenim organizmima, a brzine potrebne za njeno formiranje dane u postojećoj literaturi moraju biti u rasponu 0,8-2,0 m/s.

Ulaz u riblju stazu treba pozicionirati na mjestu gdje dolazi do najvećeg sakupljanja riba. Najčešće je to ispod same brane ili na izlazu iz turbine. Ako je moguće, ulaz se postavlja na obali paralelno s glavnom strujom toka. Ako se ulaz postavi previše nizvodno od brane, ribama će biti otežano naći ulaz. Sukladno tome, što je ulaz nizvodnije to su potrebne veće privlačne struje, koje se postižu povećanjem brzine vode na ulazu ili dodavanjem većeg protoka u samu riblju stazu ili bypass-om. Istraživanja su pokazala da je najefikasnija privlačna struja ona koja izlazi pod maksimalnim kutom od 45°.

Jedan od glavnih problema projektiranja ulaza u riblje staze je osiguranje funkcioniranja riblje staze i kod malih protoka. U cilju olakšanja migracije pridnenih riba i bentoskih vrsta (organizama koji žive na dnu vodotoka), dno riblje staze se spaja s dnom riječnog korita. Obično se u tu svrhu rade rampe s maksimalnim nagibima do 1:2.

Posebna vrsta ulaza u riblju stazu koja se postavlja iznad izlaza iz turbina po cijeloj širini pregrade je tzv. sabirni kanal. Sabirni kanal sadrži različite izlaze kroz koje se propušta privlačna struja. Ribe vođene privlačnim strujama ulaze u sabirni kanal, gdje ih se dalje usmjerava prema ribljoj stazi. Rade se kao nenatkrivene zbog potrebe za svjetlom (diurnalne ribe). Nisu pogodne za pridnene riblje vrste [2].

Više o pozicioniranju ulaza riblje staze dostupno je u literaturi [2, 4].

## Izlaz iz riblje staze

Izlaz riba u gornju vodu, odnosno ulaz vode u riblju stazu kod hidroelektrana mora biti smješten dovoljno daleko od preljeva odnosno ulaza u turbine kako ribe na izlazu ne bi bile strujom povučene ili nazad preko preljeva ili u turbinski trakt. U raznoj literaturi preporučena minimalna udaljenost od izlaza do ulaza u turbinski trakt je 5 m. Također u slučaju brzine tečenja gornje vode veće od 0,5 m/s preporuča se izlazno područje iz riblje staze odvojiti pregradnim zidom.

Općenito, kada je visina gornje vode konstantna projektiranje ulaza vode u riblju stazu ne predstavlja značajniji problem. Međutim u slučaju kada postoje oscilacije gornje vode potrebno je posvetiti posebnu pažnju projektiranju ovog elementa riblje staze. U pravilu kod oscilacija većih od 1 m preporuča se izvedba većeg broja izlaza kako bi riblja staza ostala funkcionalna u svim uvjetima. Isto tako kod određenih tipova ribljih staza može se javiti potreba za mehaničkom regulacijom protoka na mjestu izlaza iz riblje staze.

S hidrauličke strane, na području izlaza mora se izbjeći snažne turbulencije i brzine tečenja preko 2 m/s kako bi ribe mogle napuštati riblju stazu. Također i na ovom mjestu povezivanje izlaza riblje staze s prirodnim dnom vodotoka pomoću rampi može olakšati kretanje migrantskih bentonskih organizama. Isto tako važno je ulaz vode u riblju stazu zaštititi od potencijalnog zatrpavanja nanosom.

Na izlazu iz riblje staze preporuča se omogućiti postavljanje kontrolnih uređaja za redovni monitoring migracija te mogućnost zatvaranja dotoka vode u riblju stazu za potrebe održavanja [2].

Kod izlaza iz riblje staze dodatna zaštita od stradavanja riba odnosi se na postavljanje zaštitnih mreža na ulazima u usise crpki ili turbina ili na ulazima na preljerna polja evakuacijskih objekata na pregradama.

Više o pozicioniranju izlaza riblje staze dostupno je u literaturi [2, 4].

### **1.7.1.1 Vrste ribljih staza**

Osnovna podjela ribljih staza je na prirodne i tehničke. Prirodne riblje staze oponašaju prirodne vodotoke strmijeg nagiba dna, a u pravilu se grade od materijala dostupnog iz samog vodotoka. Jasno je da biološke zahtjeve ovaj tip staza zadovoljava znatno bolje od tehničkih ribljih staza no upitna je tehnička izvedivost na pojedinim lokacijama najčešće vezana uz raspoloživ prostor. Najčešće korišteni materijali za izgradnju su kameni materijal iz pripadnog vodotoka i sadnice autohtonih biljnih vrsta. Ukoliko se koriste drveni materijali, potrebno je odabrati one koji nisu kemijski tretirani.

Prednost prirodnih ribljih staza je što oponašaju prirodni tok rijeke pa se estetski najbolje uklapaju u okruženje [2, 6, 7]. Najčešće su trapeznog oblika, s uzdužnim nagibom između 0,03 i 0,1. Supstrat na dnu ove staze, osim što oponaša prirodno korito rijeke, služi i dobivanju što veće hrapavosti. Prigušenju toka i postizanju traženih brzina uvelike doprinosi postavljanje kamenih blokova. Oni ujedno stvaraju mjesta za odmor te na pojedinim mjestima i turbulenciju kojom se povećava količina kisika u vodi. Jednostavnim hidrauličkim proračunom [24] na temelju zadanog protoka i pada, dobije se potreban raspored i broj blokova. Blokovi su najčešće širine  $d = 0,6-1,0$  m u smjeru toka, na razmaku  $(1,5-3,0)d$  u smjeru toka. Nedostatak je što zahtijeva velike duljine, a što

implicira i potrebu za velikim brojem blokova. Postavljanje blokova je najčešće nepravilno, tj. bez logički jasnog uzorka u geometriji.

Prirodne riblje staze dijele se na dva tipa:

- rampe / riblje rampe,
- obilazni kanali.

Tehničke riblje staze uključuju čitav niz tipova, poput staza s bazenima, staza s pregradama, staza s preljevima, Denilove staze i drugih staza dobivenih modifikacijom i kombinacijom prethodno navedenih [2, 6, 7].

### 1.7.1.1.1 Riblja rampa

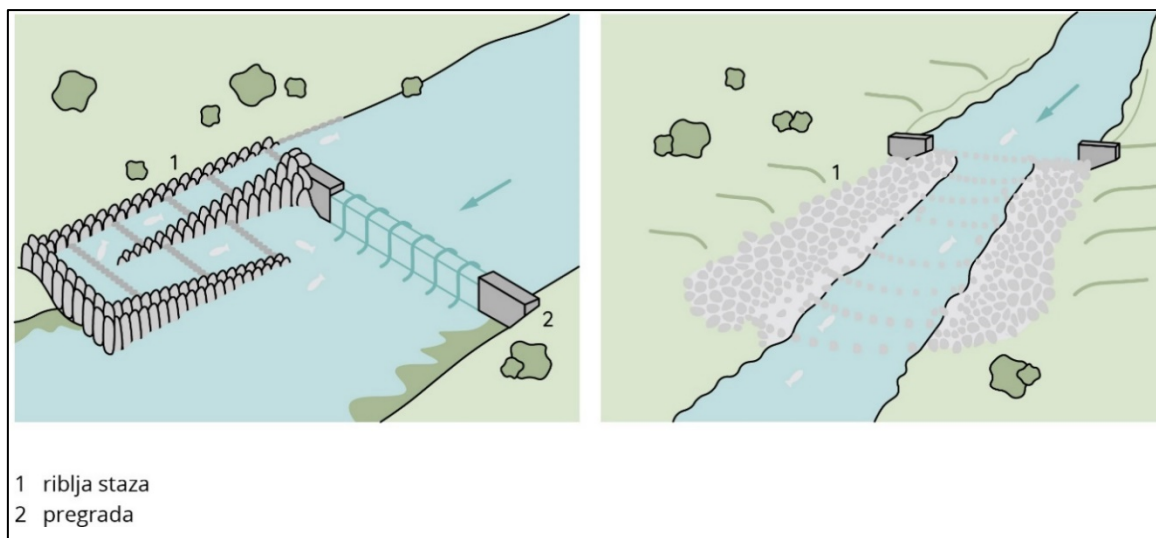
#### Tehnički opis

Riblje rampe su prirodne riblje staze koje nastoje oponašati prirodne tokove, izgrađene najčešće korištenjem kamenog materijala. Mogu se graditi kao dio pregrade uz obalu ili po cijeloj širini pregrade [2]. Riblje rampe se razlikuju prema tipu konstrukcije:

- d) Konstrukcija od ugrađenih kamenih blokova je jednoslojna konstrukcija otporna na velike protoke, u kojoj su kameni blokovi stisnuti i ravnomjerno poslagani na temeljnom sloju. Zbog svoje homogenosti i smanjenje hrapavosti nisu najbolje dostupno rješenje. Primjenjivi su do nagiba 1:10 (10%), a duljina ne bi trebala prelaziti 10 m.
- e) Konstrukcija od kamenog nabačaja je rastresita, ali elastična konstrukcija sastavljena od više slojeva kamenog nabačaja. U odnosu na prethodni tip veće je hrapavosti i posljedično dubine vode. Ako je prirodni supstrat dna pijesak, potreban je i temeljni sloj. Primjenjivi su do nagiba 1:15 (6,5%), na kraćim dionicama i u kombinacijama s drugim tipovima.
- f) Kaskadna konstrukcija je konstrukcija koju čini niz pragova od velikih kamenih blokova koji formiraju bazene pogodne za odmor riba. Promjeri kamenih blokova su 0,6 – 1,2 m. Konstrukcija je velike hrapavosti, primjenjiva na nagibima do 1:30 (3,5%) i na velikim duljinama [2, 4].

Na slici u nastavku (Slika 69) dan je shematski prikaz ribljih rampi.





**Slika 69. Shematski prikaz: lijevo - kaskadna riblja rampa, desno – riblja rampa od kamenog nabačaja**

Osnovne smjernice kod projektiranja ribljih rampi prema dostupnoj literaturi dane su u nastavku [2]:

- Širina rampe ovisi o veličini protoka, ali u praksi iznosi minimalno 2 m. Dubina vode kod srednjeg protoka trebala bi iznositi 0,3-0,4 m, međutim to su samo okvirne vrijednosti koje prvenstveno ovise o ribljim vrstama za koje se staza projektira.
- Riblje rampe se izvode pod nagibima manjim od 1:20, a često ni takvi nagibi nisu dovoljni da brzine toka ne prekorače dopuštene vrijednosti od 1,6 - 2,0 m/s. U tim slučajevima se koriste veliki kameni blokovi kojima se nastoji povećati hrapavost, a time smanjit brzine i povećat dubine. Kameni blokovi se mogu postavljat nasumice u nepravilnom rasporedu ili na način da preko cijele širine rampe tvore poprečne pragove. Kod nepravilnog rasporeda, svrha kamenih blokova je da povećaju hrapavost rampe i pruže skloništa ili odmorišta za ribe. Postavljanjem kamenih blokova da tvore pragove, postiže se stvaranje bazena, koji opet služe kao odmorište za ribe a prilikom malih protoka osigurava potrebne razine vode.
- Velike brzine uzrokuju eroziju dna i obala. Obale se u tu svrhu stabiliziraju kamenim blokovima ili riprapom, čak i preko razine srednje vode. Gornji dijelovi obale se osiguravaju sadnjom vegetacije. Nizvodni dio riblje rampe, tj. ulaz u riblju rampu, zaštićuje se sa više slojeva kamenja. Kod korita otpornih na eroziju, minimalna duljina osiguranog dna iznosi od 3 - 5 m. Za pješčana dna, potrebno je osigurati dno u duljini 7-10 visina rampe.
- Veći protoci, karakteristični za riblje rampe, imaju i svoje prednosti u vidu privlačnih struja, što ribama olakšava nalaženje ulaza u riblju stazu. Također, zbog povoljnih struja moguće je postaviti ulaz u riblju rampu nizvodnije nego što je to uobičajeno za ostale tipove ribljih staza. Time se dobivaju dulje staze blažeg nagiba s dubljim bazenima za odmor riba.

- Na izlazu riblje staze često je potrebno napraviti konstrukciju s kontrolnim uređajem radi reguliranja protoka, posebno kad postoji vjerojatnost velikih fluktuacija u razini vode ili poplavnih voda.

U tablici u nastavku (Tablica 103) dane su preporučene vrijednosti uzdužnih nagiba ribljih rampi s obzirom na riblje vrste.

**Tablica 103. Preporučene vrijednosti uzdužnih nagiba ribljih rampi s obzirom na zonaciju rijeka [2]**

	zona pastrve, gornji tok	zona pastrve, donji tok	zona lipljena	zona mreke	zona deverike
nagib	1:15	1:20	1:20-1:30	1:30-1:50	-

Detaljniji opis riblje rampe građene po cijeloj širini vodotoka kao sastavni dio praga dan je u zasebnom poglavlju ovih Smjernica.

### Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 104) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 104) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 104. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja krupnog kamenog materijala	m <sup>3</sup>

<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnja grmlja	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

### Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera”). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 105) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 105) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

**Tablica 105. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja**

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje niskog raslinja i grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
1.4	Praćenje stanja zahvata	kom
1.5	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### Primjer mjere [9, 10]

Schlatbach je desni pritok rijeke Stepenitz koji teče pokrajinom Prignitz u sjeverozapadnom dijelu Brandenburga u Njemačkoj, a dugačak je oko 20 km. Tok Schlatbacha je gotovo u potpunosti prirodan te je kao takav bio od iznimne važnosti u projektu Elblachs 2000 čiji je cilj bila revitalizacija područja Brandenburga. Glavni cilj je vraćanje ribljih vrsta lososa i morske pastrve u rijeku Elbu i njezine pritoke.

Jedna od mjera za postizanje cilja je rušenje brane na Schlatbachu i izgradnja riblje staze. Brana se nalazila u blizini mosta Gramzower Mühle u gradu Perlebergu, a njena visinska razlika između gornje i donje vode iznosila je oko 2 m. Brana je 2001. godine zamijenjena kaskadnom ribljom rampom od kamenih pragova. Riblja rampa je formirana s bazenima za odmaranje koji su ribama omogućili migriranje i ljeti kad je razina vode niska. Na slici u nastavku (Slika 70) prikazane su dvije lokacije spomenute riblje rampe.



Slika 70. Kaskadna riblja rampa na vodotoku Schlatbach u Njemačkoj [9]

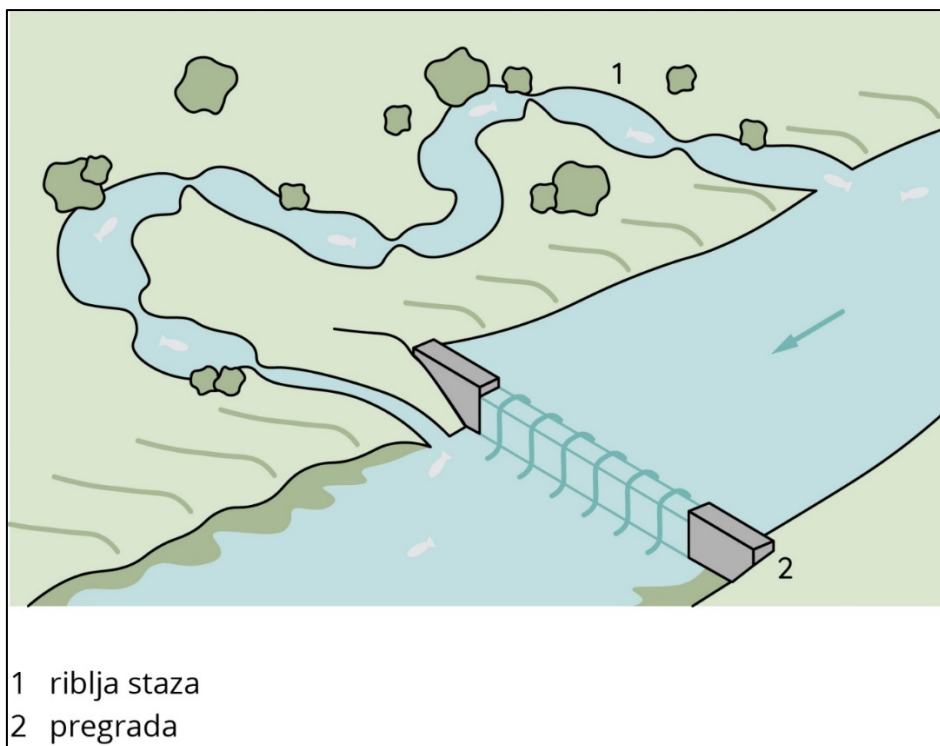
Do 2005. godine u vodotok Schlatbach je pušteno oko 105.000 mladih morskih pastrva. Rezultati praćenja iz 2008. godine pokazuju da se od 2002. godine u rijeku Stepenitz preko riblje staze na vodotoku Schlatbach vratilo na mriještenje 130 lososa i 173 morskih pastrva. Takvi rezultati ukazuju na uspješno funkcioniranje izgrađene kamene riblje rampe.

### 1.7.1.1.2 Obilazni kanal

#### Tehnički opis

Riblje staze koje imaju formu obilaznog kanala (eng. *bypass fish passage*), obično su primjer prirodnih ribljih staza jer zaobilaze određenu prepreku, pritom izgledajući i poprimajući karakteristike prirodnih tokova. Uz glavnu funkciju migracije riba, služe i za stvaranje ribljih staništa [2]. Na slici u nastavku (Slika 71) dan je shematski prikaz obilaznih ribljih staza.





Slika 71. Shematski prikaz obilazne riblje staze

Prirodni izgled obilaznog kanala postiže se formiranjem meandrirajuće forme riblje staze, sadnjom riparijske vegetacije, varijacijom u veličini i obliku poprečnih presjeka te formiranjem umirujućih bazena za odmor i brzaca uz pomoć velikih kamenih blokova. Ovisno o specifičnim uvjetima na lokaciji zahvata, nagib takvih ribljih staza kreće se od 1:100 do 1:20 [2]. U tablici u nastavku (Tablica 106) preporučene su vrijednosti uzdužnog nagiba dna i minimalnog protoka u obilaznoj ribljoj stazi s obzirom na veličinu protoka u vodotoku i ribljoj vrsti koja u njemu obitava.

Tablica 106. Preporučene vrijednosti uzdužnih nagiba obilaznih ribljih staza i minimalnih protoka koje je potrebno osigurati s obzirom na zonaciju rijeke i veličinu protoka u vodotoku (prema BMLFUW, 2012) [2]

protok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]		zona pastrve, gornji tok	zona pastrve, donji tok	zona lipljena	zona mreke
u vodotoku	u obilaznoj ribljoj stazi	nagib [%]			
5	0,25	2,0-3,0	1,2-2,0	1,0-1,5	0,7-1,0
10	0,5	1,5-2,5	1,0-1,5	0,8-1,0	0,6-0,8
20	0,8	1,2-2,0	0,9-1,2	0,7-0,9	0,5-0,8
50	1,0	1,0-1,5	0,8-1,0	0,6-0,8	0,5-0,7
100	1,5	0,9-1,4	0,7-0,9	0,5-0,7	0,4-0,7
200	2	-	-	0,4-0,6	0,3-0,6
>200	>2	-	-	-	0,3-0,4



Iako je obilazna riblja staza primjer staze s blažim nagibom, neizbježna je izgradnja i strmijih dionica koje je potrebno dodatno stabilizirati te uvesti mjere u cilju smanjenja brzina. Najčešća metoda je postavljanje velikih kamenih blokova u korito riblje staze, u nepravilnom rasporedu, ali ujednačeno po čitavoj dionici ili u pravilnom rasporedu da tvore pragove i umirujuće bazene [2].

Postavljanjem velikih kamenih blokova u nepravilnom rasporedu, postiže se veća hrapavost korita, veće dubine i manje brzine toka te skloništa za ribe. Najmanja udaljenost između kamenih blokova ne smije biti manja od 0,3-0,4 m, a ugrađuju se u dno do 1/3 ili 1/2 njihove visine. Ukoliko se postavljaju u pravilnom rasporedu, postavljaju se na način da tvore potopljene pragove. Razmak između pragova ne smije niti manji od 1,5 m, a visinski pad ne smije biti veći od 0,2 m. Pragovi usporavaju vodu te formiraju nizvodne umirujuće bazene s dubinom 0,3-0,6 m [2].

Dopuštene brzine toka u ribljaj stazi za srednji protok iznose 0,4-0,6 m/s, a maksimalne dopuštene za najveći protok ne smiju prelaziti 1,6-2,0 m/s. Minimalna dubina vode ne smije biti manja od 0,2 m [2].

Preporuča se izgradnja ulaza s većim nagibom zbog stvaranja većih brzina toka koje privlače ribe u riblju stazu. Uslijed formiranja strmijih dijelova riblje staze, dolazi do potrebe za zaštitom korita od štetnog erozijskog djelovanja vode koje može uzrokovati gubitak stabilnosti korita riblje staze. Ekološki prihvatljiv način zaštite korita podrazumijeva upotrebu sadnica biljaka, kamenja, fašina ili drugih prirodnih i bioloških materijala [2].

Glavni nedostaci obilaznih ribljaj staza su velike površine potrebne za njihovu izgradnju te velike duljine samih staza koje iziskuju velike i skupe iskope.

### Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 107) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 107) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 107. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop sedimenta	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja krupnog kamenog materijala	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>RADOVI S BILJNIM MATERIJALOM</b>	
3.1	Nabava i sadnja niskog raslinja	m <sup>2</sup>
3.2	Nabava i sadnja grmlja	kom
3.3	Nabava i sadnja drveća	kom
3.4	Nabava i sijanje trave	m <sup>2</sup>

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

### Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 108) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 108) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 108. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje terena i košnja	m <sup>2</sup>
1.2	Orezivanje niskog raslinja i grmlja	m <sup>2</sup>
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

### Primjer mjere [11, 12]

Primjer prirodne riblje staze tipa obilaznog prirodnog vodotoka je 230 m duga riblja staza koja obilazi branu na akumulaciji Obermaubach na rijeci Ruhr, na rubnom dijelu nacionalnog parka Eifela u Njemačkoj. Riblja staza je u prosincu 2007. godine puštena u pogon, a projekt vrijedan gotovo 1,8 milijuna € bio je dobro prihvaćen kako od vlasti, tako i od lokalnog stanovništva. Ulaz u riblju stazu izveden je odmah do izljeva iz turbine, a dominantan materijal za izgradnju staze bio je krupni kameni materijal i blokovi, što je prikazano na slici u nastavku (Slika 72).



Slika 72. Riblja staza na akumulaciji Obermaubach za vrijeme izgradnje [11]

Za vrijeme izgradnje zasađene su i autohtone biljne vrste na obalama staze za dodatnu stabilizaciju te je zatravnjen okolni teren. Na slici u nastavku (Slika 73) prikazano je trenutno stanje riblje staze na kojoj je vidljiv njezin prirodni izgled.



Slika 73. Prikaz trenutnog stanja riblje staze na akumulaciji Obermaubach [12]

### 1.7.1.1.3 Bazenski tip s otvorima i/ili preljevima na pregradama

#### Tehnički opis

Riblja staza bazenskog tipa izrađuje se podjelom kanala na bazene gradnjom vertikalnih pregrada koje osiguravaju stepenasti pad vodnog lica od gornje do donje vode. Tečenje vode i migriranje riba kroz takav tip riblje staze omogućeno je kroz otvore u pregradnim zidovima ili preko preljeva, a potencijalna energija disipira se postepeno bazen po bazen. Preduvjet za prolaz svih migratornih vrsta je uređenje dna prirodnim agregatom kao u koritu. U pravilu su linijskog tipa, ali s obzirom na raspoloživi prostor i visinu koju moraju svladati postoje situacije u kojima imaju i nekoliko lomova od 180°. Prihvatljiva razlika razine vode između bazena iznosi 0,15 m, a maksimalna ne bi smjela biti veća od 0,2 m. Nagib se dobiva kao omjer između razlike u razini voda i duljine bazena, a za preporučene duljine bazena od 1 – 2,25 m iznose 1:7 – 1:15. Ukupni broj potrebnih bazena dobiva se iz omjera ukupne visine i dozvoljene razlike u razini voda između dva bazena.

Za funkcioniranje riblje staze bazenskog tipa najvažniji parametri su:

- brzina tečenja u prolazima  $\leq 2$  m/s;
- osiguranje minimalnog protoka;
- volumetrijska disipirana snaga  $\leq 150$  W/m<sup>3</sup> ( $\leq 200$  W/m<sup>3</sup> kod salmonidnih vrsta).

U tablici u nastavku (Tablica 109) dane su preporučene dimenzije pojedinih elemenata konstrukcije ribljih staza bazenskog tipa s otvorima na pregradama ili s preljevima i pripadni hidraulički uvjeti.

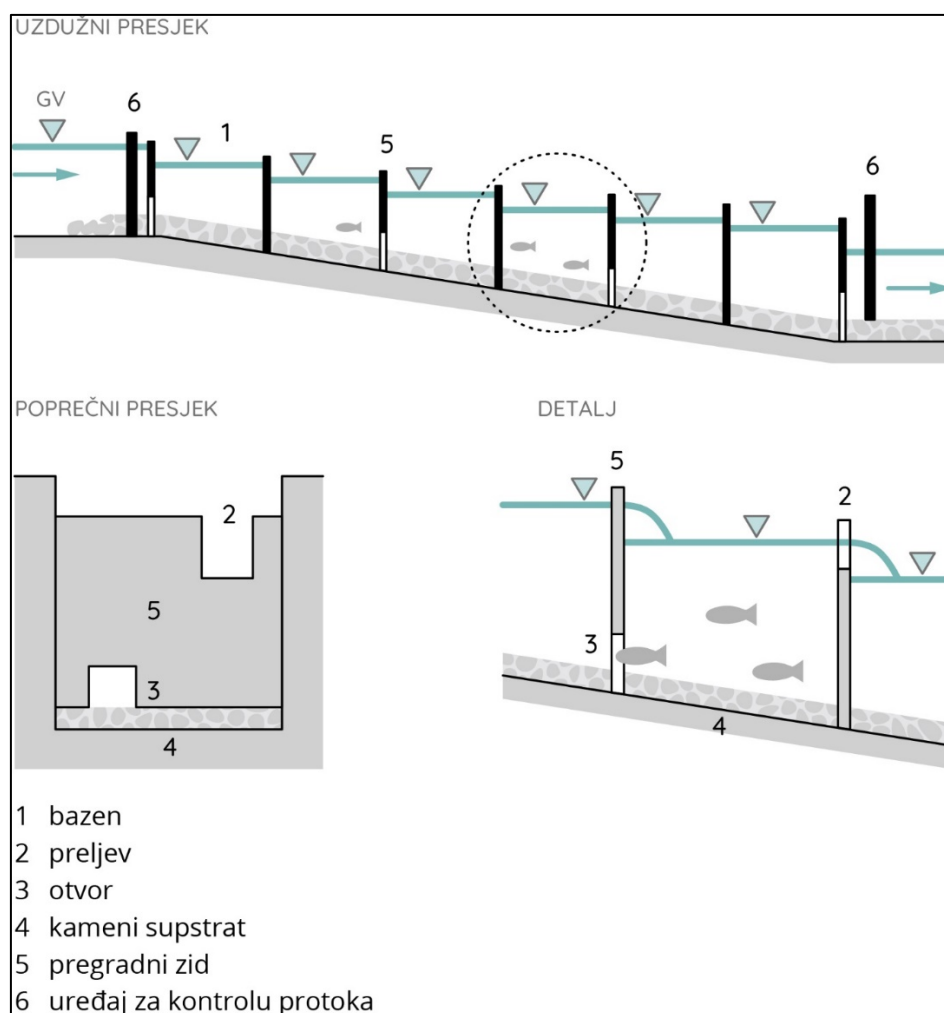
Tablica 109. Preporučene dimenzije pojedinih elemenata konstrukcije ribljih staza bazenskog tipa s otvorima i preljevima na pregradama te pripadni hidraulički uvjeti [2]

elementi konstrukcije	zona pastreve, gornji tok	zona lipljena	zona mreine	zona deverike
duljina	> 1,0		1,4 – 2,0	



elementi konstrukcije		zona pastve, gornji tok	zona lipljena	zona mrene	zona deverike
dimenzije bazena [m]	širina	> 0,8		1,0 - 1,5	
	dubina vode	> 0,6		0,6 - 0,8	
otvori [m]		0,2 x 0,2	(0,25 - 0,35) x (0,25 - 0,35)		
protok [m <sup>3</sup> /s]		0,05 - 0,1	0,08 - 0,2		
maksimalna razlika vodnih lica između bazena [m]		0,20			

Na slici u nastavku (Slika 74) dani su uzdužni i poprečni presjek kroz riblju stazu bazenskog tipa s otvorima i preljevima na pregradama.



Slika 74. Uzdužni i poprečni presjek kroz riblju stazu bazenskog tipa s otvorima na pregradama



Prednosti ovog tipa ribljih staza su pogodnost za migraciju svih ribljih vrsta, mala potreba za vodom zbog malih protoka i normalne razlike u razinama voda. S druge strane, potrebna su česta održavanja zbog potencijalnog zatrpavanja pridnenih otvora nanosom.

### Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 110) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 110) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

**Tablica 110. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova**

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ARMIRANO-BETONSKI RADOVI</b>	
2.1	Izgradnja riblje staze	m <sup>3</sup>
<b>3</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
3.1	Iskop i ugradnja kamenog supstrata iz pripadnog vodotoka	m <sup>3</sup>
<b>4</b>	<b>RADOVI NA OPREMANJU RIBLJE STAZE</b>	
4.1	Postavljanje opreme	kom

Osim glavnih vrsta radova na izgradnji značajan udio u ukupnim troškovima implementacije mjere čine troškovi zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“), u okviru kojih se javljaju i troškovi naknada korisnicima zemljišta na području zahvata, odnosno tzv. kompenzacijski troškovi.

## Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 111) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 111) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 111. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Uklanjanje istaloženog sedimenta	m <sup>3</sup>
1.2	Održavanje upravljačke opreme	kom
1.3	Praćenje stanja zahvata	kom
1.4	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom

Održavanje tehničkih ribljih staza ponajviše se odnosi na održavanje upravljačke opreme, uklanjanje istaloženog sedimenta i kontinuirani monitoring funkcionalnosti riblje staze biološkim praćenjem broja i vrsta migratornih organizama.

## Primjer mjere [8]

Riblja staza bazenskog tipa s otvorima i preljevima izgrađena je na rijeci Lippe u blizini Dortmundu u Njemačkoj. Brana visine 2,6 m zamijenjena je rampom od kamenih blokova s bermama na uzvodnom i nizvodnom kraju, a riblja staza integrirana je u rampu 1985. godine uz lijevu obalu rijeke. Riblja staza je izgrađena kao armirano-betonski pravokutni kanala u koji su umetnute poprečne pregrade s otvorima i preljevima veličine 25 x 25 cm. Širina staze iznosi 1 m, ukupne je duljine 46 m, a uzdužni pad bazena iznosi od 1:11 do 1:24. Biološko praćenje staze zabilježilo je uspješno kretanje većih ribljih jedinki kroz stazu, međutim zbog glatkog armirano-betonskog dna i nedostatka kamenog supstrata, onemogućeno je kretanje bentoskim beskralježnjacima. Na slici u nastavku (Slika 75) prikazana je navedena riblja staza odmah nakon izgradnje (lijevo) i tijekom korištenja (desno).



Slika 75. Riblja staza bazenskog tipa s otvorima i preljevima na rijeci Lippe u Njemačkoj [8]

#### 1.7.1.1.4 Bazenski tip s vertikalnim prorezima

##### Tehnički opis

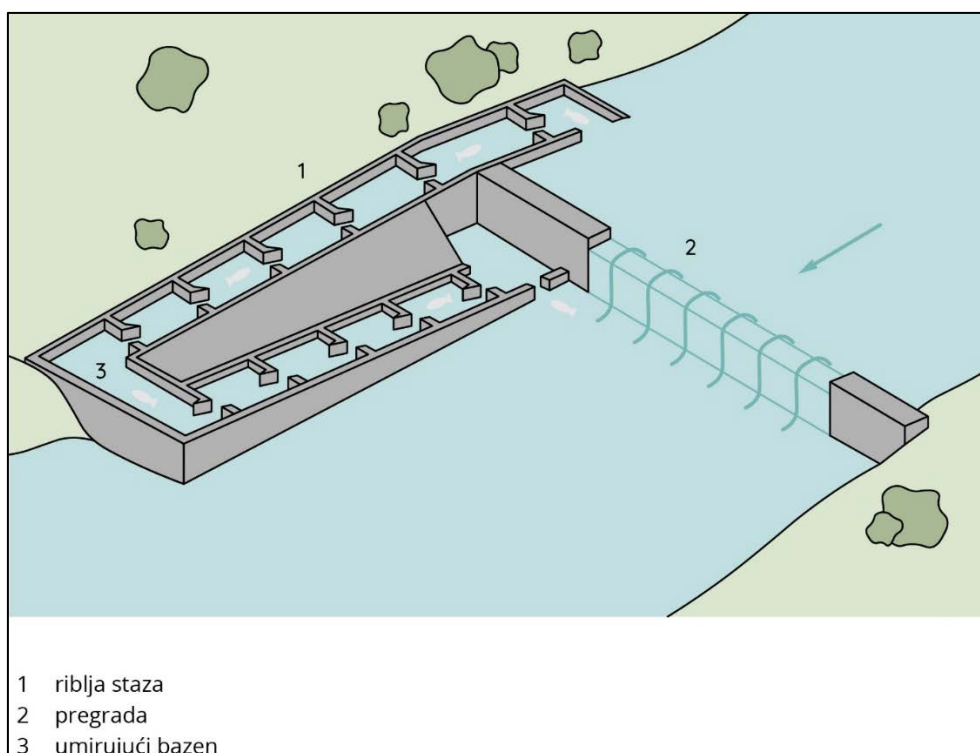
Navedeni tip tehničkih ribljih staza nastaje pregrađivanjem kanala vertikalnim pregradama čime se stvaraju bazeni, no za razliku od klasičnog bazenskog tipa koji ima djelomične otvore u pregradama, ovaj tip karakteriziraju vertikalni prorezi po cijeloj visini pregrade. U slučaju kanala većih širina je jednoj pregradi se rade dva proreza. Takav tip riblje staze jedan je od najčešće korištenih tipova tehničkih ribljih staza, a čini ga pravokutni kanal koji je vertikalnim pregradama podijeljen na niz bazena. Pregrade se mogu izvoditi od različitih materijala kao što su drvo, armirani beton i čelik te moraju biti dovoljno visoke da nikada ne dolazi do prelijevanja preko samih pregrada. Voda teče nizvodno prolazeći nizom vertikalnih proreza na kojima se formira mlaz, a energija tog mlaza se disipira miješanjem u bazenu. Prema dostupnoj literaturi, minimalna širina vertikalnih proreza iznosi 0,15-0,17 m, udaljenost između pregrada 1,9 m, a širina riblje staze minimalno 1,2 m. Oblik poprečnih pregrada mora biti takav da osigura povoljno strujanje za potrebe migracije pa se u tu svrhu izvode tzv. skretni blokovi na određenoj udaljenosti od samog otvora.

U tablici u nastavku (Tablica 112) dane su preporučene dimenzije pojedinih elemenata konstrukcije ribljih staza bazenskog tipa s vertikalnim prorezima i pripadni hidraulički uvjeti.

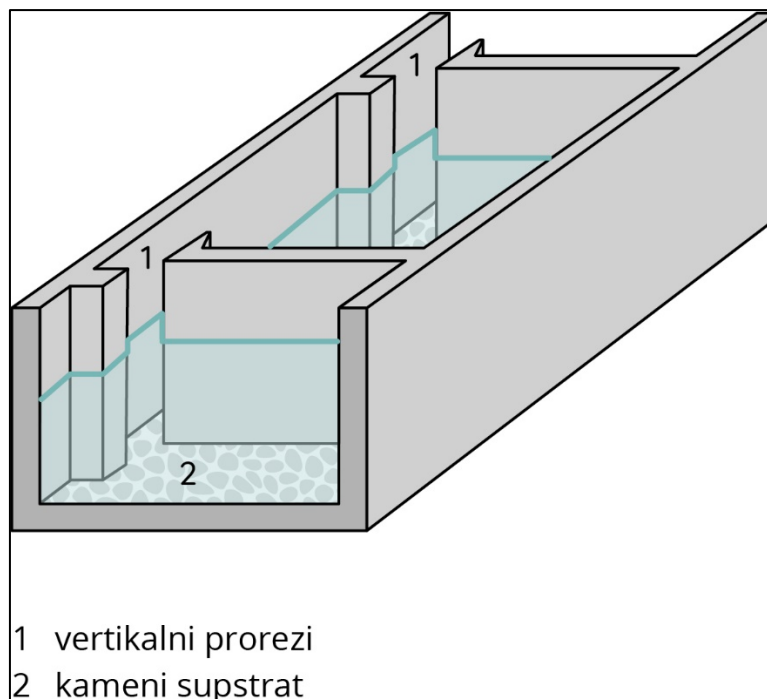
Tablica 112. **Preporučene dimenzije pojedinih elemenata konstrukcije ribljih staza bazenskog tipa s vertikalnim prorezima i pripadni hidraulički uvjeti [2]**

elementi konstrukcije	zona lipljena, mrene, deverike
širina otvora [m]	0,15 - 0,30
širina bazena [m]	1,20 - 1,80
duljina bazena [m]	1,90 - 3,00
duljina usmjerivača [m]	0,16 - 0,18
razmak usmjerivača i skretnog bloka [m]	0,06 - 0,14
širina skretnog bloka [m]	0,16 - 0,40
minimalna dubina vode [m]	0,50 – 0,75
protok [m <sup>3</sup> /s]	0,15 – 0,40

Na slikama u nastavku dani su shematski prikaz riblje staze bazenskog tipa s vertikalnim prorezima (Slika 76) i detalj na kojem su jasno vidljivi vertikalni prorezi (Slika 77).



Slika 76. **Shematski prikaz riblje staze bazenskog tipa s vertikalnim prorezima**



Slika 77. Detalj s prikazom vertikalnih proreza

Prednosti ovog tipa ribljih staza su relativno mala osjetljivost na oscilacije donje vode te mogućnost prilagodbe konstrukcije na oscilacije gornje vode, brzina tečenja pri dnu prolaza je manja pa omogućava nesmetanu migraciju slabijim vrstama (malim jedinkama i lošijim plivačima), ugradnjom pridnenog kamenog supstrata osigurana je migracija i biotskim organizmima te ih je moguće izvesti i u područjima malih i velikih protoka (od 100 l/s do nekoliko m<sup>3</sup>/s). Sve navedene karakteristike daju im određene prednosti kod odabira u odnosu na ostale tehničke riblje staze.

### Primjer mjere [13]

Primjer riblje rampe bazenskog tipa s vertikalnim prorezima implementiran je uz hidroelektranu Annabrücke na rijeci Dravi u Austriji. Puštena je u pogon u rujnu 2020. godine, najviša je riblja staza u Europi, a cijena izgradnje iznosila je oko 3,5 milijuna eura. Riblja staza se sastoji od 172 bazena, dužine je oko 750 m, a visinska razlika koju ribe savladavaju kretanjem po ribljoj stazi iznosi 26 m. Kontinuiranim monitoringom zabilježeno je preko 140.000 migracija riba iz 26 različitih vrsta, od vrlo malih riba sa slabijim plivačkim sposobnostima do soma duljine tijela 1,36 m. Na slici u nastavku (Slika 78) prikazana je navedena riblja staza.





Slika 78. Riblja staza bazenskog tipa s vertikalnim prorezima na hidroelektrani Annabrücke na rijeci Dravi u Austriji [13]

### 1.7.1.1.5 Denilova riblja staza

#### Tehnički opis

Denilove riblje staze sastoje se od pravocrtnog pravokutnog kanala u koji su postavljene pregrade u pravilnim i kratkim razmacima, nagnute suprotno od smjera tečenja vode. Najveću primjenu danas imaju staze „U” oblika koje su se pokazale kao najfunkcionalnije. Karakteristično za ovu vrstu staza je velika disipacija energije i nastajanje uspora u području između pregrada, što uzrokuje manje brzine toka pri dnu. Navedeno pogoduje ribama u njihovom prelasku staze te omogućuje projektiranje ribljih staza većih nagiba i manjih duljina. U slučaju većih dionica potrebno je napraviti odmorišta za ribe.

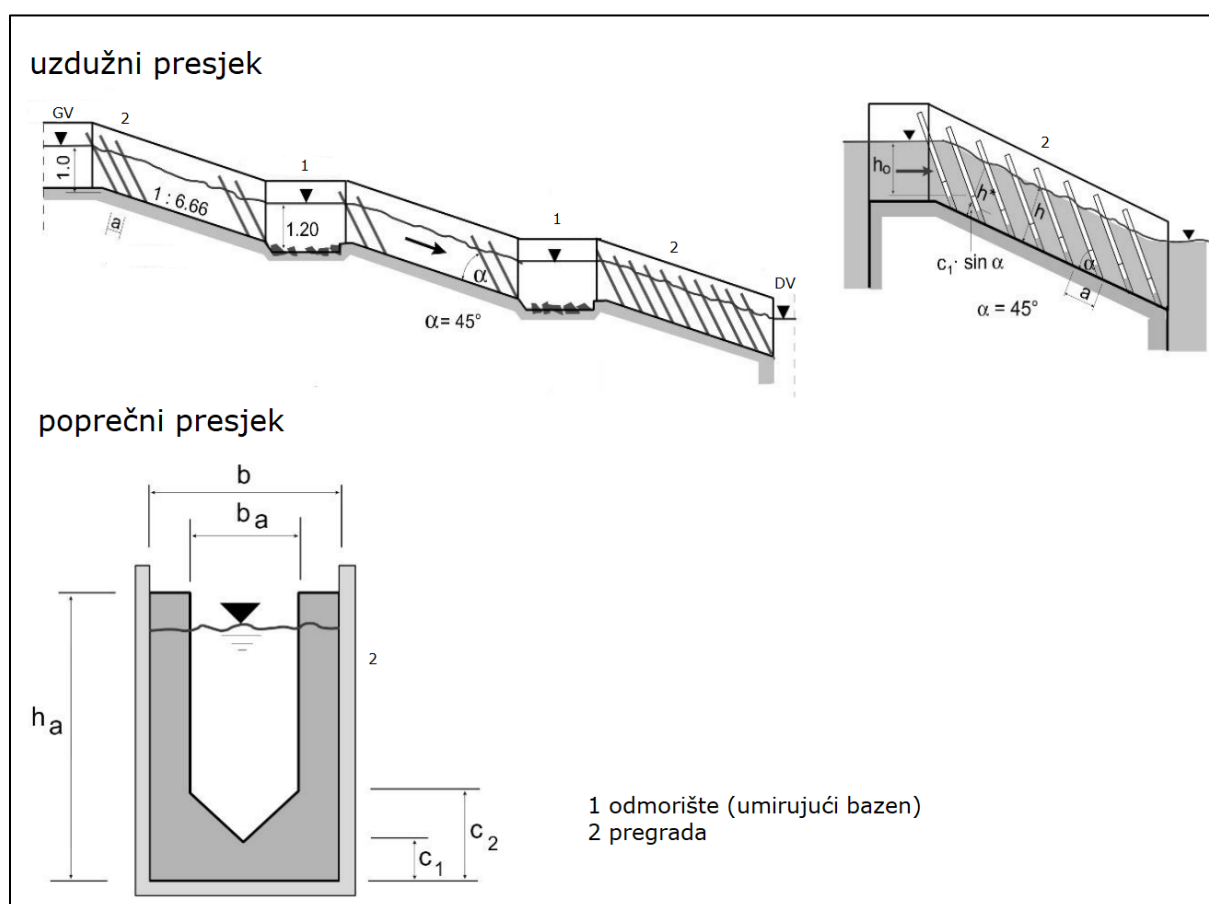
Tlocrtno gledano Denilove riblje staze uvijek su pravocrtne, a neophodne promjene smjerova rješavaju se bazenima koji ujedno mogu služiti i kao riblja odmorišta, s obzirom na to da se ribe ne mogu odmarati između samih pregrada. Ovisno o vrsti riba, odmorišta se izvode svakih 6-8 ili 10-12 m. Dimenzije odmorišta biraju se tako da umire energiju i omoguće formiranje odmorišnih zona. Uobičajeni nagibi kreću se u rasponu 10-20% (1:10 do 1:5). Kod izvedbe samih pregrada preporuča se korištenje drva s uredno obrađenim rubovima kako ne bi došlo do ozljeđivanja riba. Pregrade se postavljaju pod kutom od 45° u odnosu na dno kanala i imaju „U” presjek s trokutom na dnu. S obzirom da oblik pregradne ima značajan utjecaj na uvjete tečenja, ne preporuča se veće odstupanje od dimenzijskih veličina koje su navedene u tablici u nastavku (Tablica 113) [2].

Tablica 113. Preporučene dimenzijske veličine i omjeri za projektiranje Denilovih ribljih staza za sve riblje vrste na području Republike Hrvatske [2]

elementi konstrukcije	zona lipljena, mreže, deverike
širina kanala [m]	0,6 – 0,9
nagib kanala [% / 1:n]	13,5 – 20 /

elementi konstrukcije	zona lipljena, mrežna, deverike
	1:7,4 – 1:5
protok [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]	0,25 – 0,60
širina pregrade [ $b_a/b$ ]	0,5 – 0,6
razmak pregrade [ $a/b$ ]	0,5 – 0,9
udaljenost najniže točke otvora i dna [ $c_1/b$ ]	0,23 – 0,32
dubina trokutnog presjeka [ $c_2/c_1$ ]	2

Na slici u nastavku (Slika 79) dani su uzdužni i poprečni presjek kroz Denilovu riblju stazu.



Slika 79. Uzdužni i poprečni presjek kroz Denilovu riblju stazu [2]

Prednosti Denilovih ribljih staza su veliki protoci koji privlače ribe i olakšavaju usmjeravanje riba u riblju stazu, pregrade je moguće ugrađivati kao predgotovljene elemente što olakšava i ubrzava gradnju te s obzirom na to da podnose najstrijmije nagibe (i do 20%), često se odabiru kao pogodne riblje staze na postojećim branama. S druge strane, u takvim je stazama spriječen prolaz bentoskih beskralježnjaka budući da se na dno riblje staze ne postavlja sloj grubog supstrata koji u drugim vrstama ribljih staza omogućuje kretanje i neometano penjanje malim ribama i bentoskim beskralježnjacima.

### Primjer mjere [14, 15, 16]

Primjer Denilove riblje staze implementiran je 2013. godine uz 1,5 m visoku branu na rijeci Mattabesset, pritoku rijeke Connecticut u SAD-u. Brana je izgrađena početkom 20. stoljeća za potrebe kemijske industrije uz samu lokaciju zahvata, a za navedenu svrhu se koristi i danas. Budući da je brana prekinula uzdužni kontinuitet rijeke i negativno utjecala na vodena staništa fragmentirajući ih, izgradnjom staze omogućena je migracija autohtonih ribljih vrsta i ponovno povezivanje s 25 km dugim staništem u rijeci Mattabesset. Staza je izvedena kao pravokutni armirano-betonski kanal s drvenim pregradama.



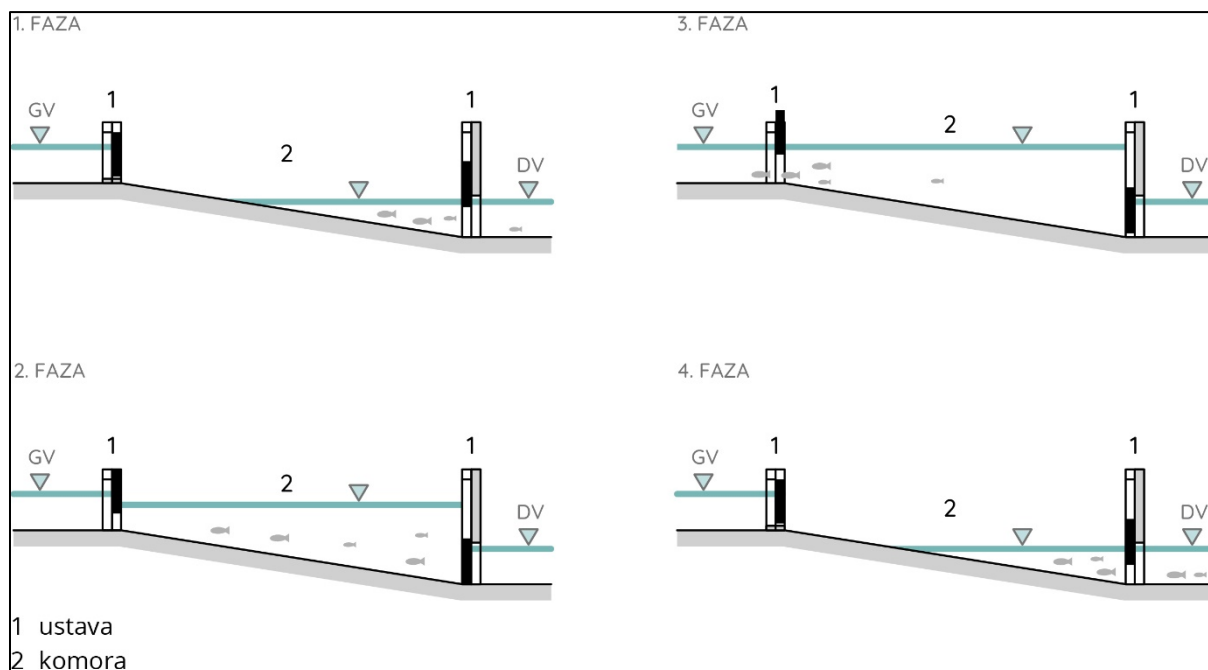
Slika 80. Denilova riblja staza [15]

#### 1.7.1.1.6 Riblja prevodnica

##### Tehnički opis

Konstrukcija ribljih prevodnica jednaka je brodskim prevodnicama, a u pravilu se sastoji od komore te ulazne i izlazne građevine s vratima, odnosno ustavama kojima se kontrolirano upušta ili ispušta voda. Važan element kod projektiranja je osiguranje strujanja koje će privući ribe u prevodnicu, a da pritom ne dolazi do turbulencija koje one ne mogu savladati. Da bi se navedeno postiglo, poprečni presjek prevodnice treba biti oblikovan na način da brzine strujanja budu u rasponu 0,9 – 2 m/s te da se punjenje odnosno pražnjenje ne obavlja brzinom većom od 2,5 m u visinu po minuti. Rad je obično automatiziran na interval od pola sata ili sat vremena [2].

Na slici u nastavku (Slika 81) dana je shema funkcioniranja riblje prevodnice u 4 faze. 1. faza predstavlja inicijalni položaj prevodnice u kojem je otvorena donja, a zatvorena gornja ustava te je ribama omogućen ulaz u komoru. Nakon ulaska riba u komoru slijedi 2. faza u kojoj se zatvara donja ustava, otvara gornja te dolazi do punjenja komore vodom. Zatim slijedi 3. faza u kojoj je i dalje otvorena gornja, zatvorena donja ustava, a ribe migriraju uzvodnom. Nakon što dođu u vodotok uzvodno od prepreke (prevodnice), slijedi 4. faza u kojoj se zatvara gornja, otvara donja ustava i nastupa pražnjenje komore.



Slika 81. Shema funkcioniranja riblje prevodnice u 4 faze

Prednosti ribljih prevodnica u odnosu na klasične riblje staze su manje potrebnog prostora za izgradnju, mogućnost savladavanja vrlo velikih visinskih razlika te su pogodne za riblje vrste koje su slabiji plivači. S druge strane, riblje prevodnice zahtijevaju znatno više održavanja od klasičnih ribljih staza, što predstavlja njihov glavni nedostatak.

### Primjer mjere [8]

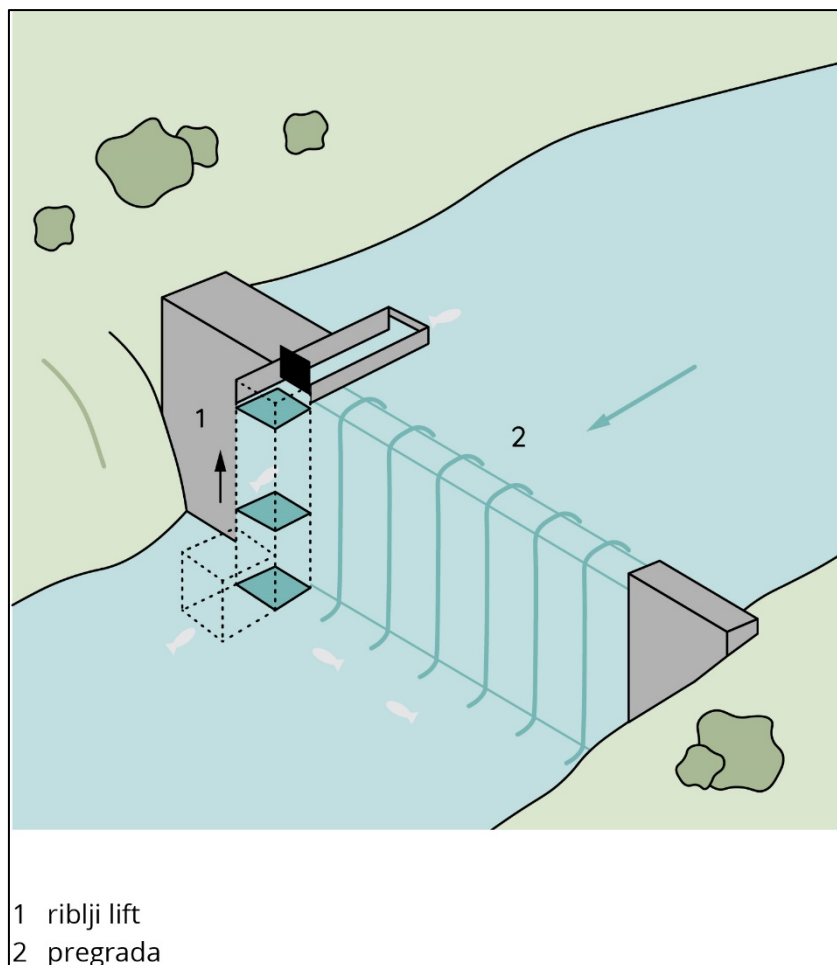
Riblja prevodnica izgrađena je 1981. godine na brani Schoden na rijeci Saar u Njemačkoj, u periodu razvitka rijeke Saar kao plovnog puta. Pozicionirana je uz pregradni zid između strojarnice i ustave. Ulaz u prevodnicu je potopljen, dimenzija 0,65 x 0,8 m te se nalazi u blizini ispusta turbine kako bi pojačano strujanje vode privuklo rube u prevodnicu. Duljine je 34 m, širina komore 1 m, a visinska razlika koju ribe prevladavaju prevodnicom iznosi 5,7 m.

## 1.7.1.1.7 Riblji liftovi

### Tehnički opis

Riblji lift je tip riblje staze koji se primjenjuje u slučajevima u kojima je potrebno savladati visinsku razliku između gornje i donje vode preko 6 m ili ako je na raspolaganju manja količina vode te nije moguće izvesti klasičnu riblju stazu [2]. Na slici u nastavku (Slika 82) dan je shematski presjek kroz riblji lift.





Slika 82. Presjek kroz riblji lift [2]

Prednosti ovog tipa riblje staze su mogućnost svladavanja najvećih visinskih razlika i potreba, manje potrebnog prostora za izgradnju te su pogodne za riblje vrste sa slabijim plivačkim sposobnostima. Nedostaci su zahtjevno i skupo održavanje te nisu pogodne kod većih oscilacija gornje vode.

### Primjer mjere [17, 18]

Riblja staza tipa riblji lift izgrađena je 2009. godine na Tallowa brani na rijeci Shoalhaven u Australiji kako bi omogućila uzvodnu migraciju riba u jezero Yarrunga. Naime, biološka istraživanja su pokazala da se broj ribljih vrsta uzvodno i nizvodno od brane značajno razlikuje, odnosno dolazi do grupiranja velikog broja riba neposredno nizvodno od brane i izumiranje migratornih vrsta u uzvodnom dijelu rijeke. Kako bi se vratila prirodna povezanost koja je prekinula izgradnjom prepreke u obliku brane, na nizvodnom zidu brane izrađen je riblji lift koji na samom ulazu ima pojačani protok vode za privlačenje riba. Kada ribe uđu, poklopac se zatvara i lift transportira ribe uzvodno od prepreke.

Na slici u nastavku (Slika 83) prikazana je navedena riblja staza.





Slika 83. Riblji lift na Tallowa brani u Australiji [17]

### 1.7.2 Projektiranje mjere

Prilikom planiranja i projektiranja ribljih staza potrebno ih je maksimalno prilagoditi i integrirati u okoliš uz osiguravanje prihvatljivih hidrauličkih karakteristika i funkcionalnosti. Konstrukcija i tip ribljih staza uvelike ovise o uvjetima i raspoloživom prostoru na lokaciji zahvata pa vrijednosti projektnih parametara mogu dosta varirati. Potrebna je multidisciplinarna suradnja biologa (ihtologa) i građevinskih inženjera kod projektiranja takvih građevina te kontinuirano praćenje i održavanje riblje staze nakon izgradnje.

Za analizu uvjeta na lokaciji zahvata u užoj i široj okolici, u nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za projektiranje ribljih staza.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 114) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje rješenja ribljih staza. Popis je moguće dopuniti/korigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

Tablica 114. Podloge za preliminarne analize

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> <li>• hidrogeološke karte</li> </ul>
način korištenja zemljišta (CORINE land cover), prosječne vrijednosti nekretnina i prosječni prihodi korisnika zemljišta
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>• zaštićena područja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>• područja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>• rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>• prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
tipologija krajobrazna (Strategija prostornog razvoja Republike Hrvatske; Sadržajna i metodska podloga Krajobrazne osnove Hrvatske)
karte plovnih putova
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi vodotoka na kojoj je planirana izgradnja riblje staze: uzvodno i nizvodno od pregrade, u koritu i na obalama vodotoka.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 115).

Tablica 115. Vrste potrebnih istražnih radova

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provode se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području planiranog zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Potrebno je utvrditi koje vrste riba obitavaju u danom vodotoku, što je preduvjet za kvalitetno projektiranje riblje staze. Istraživanjem je potrebno obuhvatiti i vodene beskraljčnjake poput školjkaša i rakova.

## Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta ribljih staza potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 116) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 116. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se gradi riblja staza)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 117) i analizirati utjecaj svake varijante na vodni režim i vodene organizme pripadnom vodotoku. Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 117. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. za dionicu vodotoka na kojoj je predviđena izgradnja prirodne riblje staze.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>

**proračuni**

- izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka i riblje staze kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa kroz riblju stazu;
- dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja projektirane riblje staze na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja);
- modeliranje dinamike pronosa nanosa te globalne i lokalne stabilnosti korita riblje staze;
- proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti predviđenih građevine.

**proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti**

Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:

- globalnu stabilnost korita riblje staze – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti korita te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti.

U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti riblje staze provode se (ne isključivo) proračuni:

- određivanja filtarskih slojeva;
- nosivost temeljnog tla;
- analize stabilnosti pokosa obala riblje staze;
- analiza procjeđivanja;
- analiza deformacija;
- proračun konsolidacije;
- proračun za seizmičko djelovanje.

Rješenje riblje staze odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa. Hidrauličko modeliranje tečenja potrebno je provesti za nekoliko karakterističnih hidrološko-hidrauličkih situacija, odnosno provjeriti protočnost u uvjetima malih, srednjih i velikih voda. Karakteristične vrijednosti za malu, srednju i veliku vodu definiraju se prema raspoloživoj krivulji trajanja s mjerodavnih hidroloških postaja (mala voda - 95% trajanja, srednja voda - 50% trajanja, velika voda - ovisi o stupnju zaštite područja koje se brani od poplava). Za analizu hidroloških uvjeta na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka.

Prilikom planiranja riblje staze, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

### 1.7.3 Primjenjivost mjere i ograničenja

Riblje staze se grade uz postojeće poprečne pregrade u koritu vodotoka koje predstavljaju barijeru migracijama riba, međutim, prije samog planiranja riblje staze, potrebno je provjeriti svrhu i funkcionalnost postojeće pregrade, u ovom slučaju prepreke, te ukoliko građevina više ne služi primarnoj svrsi, njezino uklanjanje treba biti prioritet u odnosu na izgradnju riblje staze [2].

S obzirom na veliki broj rješenja ribljih staza, mjera je primjenjiva na svim tipovima vodotoka gdje se nalaze i/ili gdje se planiraju poprečne pregrade koje predstavljaju barijeru migracijama riba. Ograničenja primjenjivosti pojedinog rješenja riblje staze proizlaze iz načina korištenja okolnog područja, budući da npr. riblja rampa u obliku zaobilaznog kanala

zahtijeva veliku površinu uz vodotok, te okolišnih faktora poput morfologije terena, hidroloških i hidrauličkih parametara vodotoka, ihtiofaune vodotoka i drugih.

Izgradnja ribljih staza kao mogućih pratećih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.7.4 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 118 do Tablica 120) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja riblje staze.

**Tablica 118. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Informacije o količini, vrsti i pronosu nanosa predstavljaju važan projektni parametar kako bi se izbjeglo taloženje nanosa u ribljoj stazi koje može utjecati na smanjenje njezine funkcionalnosti. Iz tog razloga, potrebno je ulaz u riblju stazu zaštititi od potencijalnog zatrpavanja nanosom [2].
led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj i u ribljoj stazi. Ledostaj može djelomično ili potpuno preprečiti protočni profil riblje staze i time onemogućiti migraciju vodenih organizama te uzrokovati uspor i poplavu. Kod ledohoda dolazi do dinamičkih udara ledenih santi koje mogu oštetiti pojedine dijelove riblje staze ili uzrokovati abraziju korita. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi rješenje riblje staze bilo funkcionalno u pogledu migracije vodenih organizama i u skladu s prirodnim uvjetima tečenja na lokaciji zahvata te kako ne bi uzrokovalo neželjene posljedice poput poplava. Kod projektiranja ribljih staza posebnu je pažnju potrebno posvetiti uzvodnom i nizvodnom ulazu u riblju stazu kako bi se osiguralo potrebno uočljivo i privlačno strujanje vodenim organizmima, ali da se pritom ne uzrokuju snažne turbulencije koje onemogućuju kretanje organizmima sa slabijim plivačkim sposobnostima. Protok potreban za osiguranje optimalnih hidrauličkih uvjeta za ribe u samoj stazi u pravilu je manji od protoka potrebnog za osiguranje privlačne struje na izlazu/ulazu iz riblje staze.

**Tablica 119. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
brzina tečenja vode	Za uspostavu povoljnih hidrauličkih uvjeta na nizvodnom i uzvodnom ulazu u riblju stazu potrebno je stazu pozicionirati i projektirati tako da strujanje vode na ulazu/izlazu bude privlačno i uočljivo vodenim organizmima. Prema dostupnoj literaturi, za formiranje takvog strujanja brzina tečenja vode treba biti u rasponu 0,8-2 m/s te se moraju izbjeći veće brzine od 2 m/s koje uzrokuju snažnije



hidraulički projektni parametar	opis
	turbulencije, kako bi ribe mogle neometano napustiti riblju stazu. Nadalje, riblje staze ne bi smjele biti projektirane tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine, već neprekinute brzine koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe stazu [2]. Kratkotrajne kritične brzine kreću se otprilike u rasponu od 1 do 2 m/s ovisno o literaturnom izvoru [4].
volumetrijska disipirana snaga, $P_v$ [ $W/m^3$ ]	<p>Kod ribljih staza s bazenima za odmor, maksimalna volumetrijska disipirana snaga generalni je pokazatelj razine agitacije, tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije. Granične vrijednosti volumetrijske disipirane snage, ovisno o vrsti riba, na primjeru prirodne riblje staze – riblje rampe iznose od <math>175 W/m^3</math> u zoni deverike do <math>300 W/m^3</math> u gornjim tokovima u zoni pastreve, dok na primjeru tehničke riblje staze bazenskog tipa iznose od <math>125 W/m^3</math> u zoni deverike do <math>250 W/m^3</math> u gornjim tokovima u zoni pastreve. Preporučene vrijednosti, neovisno o tipu riblje staze, iznose od <math>80 W/m^3</math> u zoni deverike do <math>160 W/m^3</math> u gornjim tokovima u zoni pastreve [2].</p> <p>Pojavu turbulencije i vrtložnosti teško je izbjeći, a njihov utjecaj na plivanje riba nije sasvim razjašnjen. Međutim uzevši u obzir akvatične organizme sa slabijim plivačkim sposobnostima, turbulencija bi trebala biti što manja. Iz tog razloga postoji preporuka da riblje staze sadrže bazene za odmor ili da se smanji visinska razlika između pojedinačnih bazena i poveća duljina riblje staze u uzvodnom smjeru.</p>

Tablica 120. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
pozicija riblje staze u odnosu na prepreku	<p>Ribe i ostali vodeni organizmi u pravilu migriraju uzvodno uzduž glavne struje. Da bi ulaz u riblju stazu bio prepoznat od strane vodenih organizama, treba ga pozicionirati na stranu pregrade na koju dolazi glavna struja. Također, nizvodni ulaz u riblju stazu ne bi trebao biti smješten daleko od pregrade jer otežava ribama njegov pronalazak. Kod pribranskih hidroelektrana najbolja pozicija obično je na strani vodotoka na kojoj se nalazi strojarnica, što bliže izlazu iz turbinskog trakta. Kod derivacijskih hidroelektrana postoje dvije moguće pozicije: prvo uz samu hidroelektranu kako bi se osigurala povezanost donje i gornje vode u kanalu, a druga uz ustavu/prag na ulazu u prirodno korito kako bi se osigurala povezanost gornje i donje vode prirodnog vodotoka. Iako se u praksi uobičajeno gradi samo jedna staza i to najčešće uz hidroelektranu u umjetnom kanalu, preporuča se izgradnja dvije riblje staze jer kod pojave protoka većih od instaliranog protoka hidroelektrane, može doći do znatnog povećanja protoka u prirodnom koritu [2].</p> <p>Ulaz u riblju stazu nizvodno od prepreke treba pozicionirati na mjestu gdje dolazi do najvećeg skupljanja riba. Ako je moguće, ulaz se postavlja na obali paralelno s glavnom strujom toka. Istraživanja su pokazala da je najefikasnija privlačna struja ona koja izlazi pod maksimalnim kutom od <math>45^\circ</math> u rasponu brzina toka od 0,8-2,0 m/s. Nadalje, kako bi se osiguralo funkcioniranje staze i za vrijeme malih protoka, dno ribe se obično spaja s dnom riječnog korita, a navedeno se postiže izgradnjom rampe u maksimalni nagibom od 1:2 [2].</p> <p>Izlaz riblje staze uzvodno od prepreke mora biti smješten dovoljno daleko od preljeva odnosno ulaza u turbinu, kako ribe na izlazu ne bi bile strujom povučene ili nazad preko preljeva ili u turbinski trakt. U raznoj literaturi preporučena minimalna udaljenost od izlaza do ulaza u turbinski trakt je 5 m. S hidrauličke strane, na području izlaza moraju se izbjeći snažne turbulencije i brzine tečenja preko 2 m/s kako bi ribe mogle napuštati riblju stazu, a već kod brzina tečenja gornje vode od 0,5 m/s preporuča se izlazno područje iz riblje staze odvojiti pregradnim zidom [2].</p>
dubina vode na ribljjoj stazi	Poželjno je da dubina vode na stazi bude što veća kako bi je mogle koristiti ribe koje plivaju i pridneno i površinski. Općenita preporuka je da dubina vode ne

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
	bude manja od 0,2 m, no ova vrijednost može značajno varirati ovisno o ribljoj vrsti i treba je prilagoditi ihtiofauni prisutnoj u vodotoku [2].
odmorišta na ribljoj stazi	Odmorišta su područja unutar riblje staze predviđena za oporavak riba od napora uslijed savladavanja uspona i kretanja pri turbulentnom tečenju i velikim brzinama vode. Zone odmorišta moraju biti prilagođene tipu riblje staze, a predstavljaju zone ili bazene s volumetrijskom disipiranom snagom do 50 W/m <sup>3</sup> . Prema dostupnoj literaturi odmorišta je potrebno osigurati na udaljenostima koje pokrivaju oko 2,0 m u padu vodnog lica između bazena, dok je npr. kod Denilovih ribljih staza preporučena duljina između odmorišta 6 do 8 m u uzdužnom smjeru [2].
uzdužni nagib dna riblje staze	Kod prirodnih ribljih staza uzdužni nagib dna riblje staze ne bi trebao biti veći od 1:15, dok su kod tehničkih ribljih staza dopušteni i veći nagibi u rasponu od 1:5 do 1:10. Općenito vrijednost nagiba ovisi o zonaciji rijeke i duljini dionice [2].
dno riblje staze	Dno riblje staze trebalo bi se prekriti slojem grubog supstrata minimalne debljine od 0,2 m po cijeloj duljini riblje staze. Supstrat bi trebao biti tipičan za rijeku, a materijal supstrata bi trebao biti što prirodniji i postavljen tako da na dnu tvori raznoliku mrežu otvora i pukotina raznih veličina i oblika. Ovako koncipirano dno, omogućuje malim ribama i bentoskim beskralježnjacima neometano penjanje ribljom stazom. S hidrauličkog gledišta, sloj od grubog supstrata služi i kao zaštita dna od erozije. Budući da je kod nekih ribljih staza poput Denilove riblje staze nemoguće postići takvo dno, u takvim stazama je spriječen prolazak bentoskih beskralježnjaka [2].
materijal	Prilikom izgradnje ribljih staza, gdje god je primjenjivo, preporuča se korištenje prirodnog materijala dostupnog iz pripadnog vodotoka i izgradnja prirodne riblje staze. Najčešće korišteni materijali za izgradnju prirodnih ribljih staza su kameni materijal iz pripadnog vodotoka i sadnice autohtonih biljnih vrsta. Ukoliko se koriste drveni materijali, potrebno je odabrati one koji nisu kemijski tretirani.
dotatna oprema riblje staze	Uzvodno od prepreke na izlazu iz riblje staze preporuča se omogućiti postavljanje kontrolnih uređaja za redovni monitoring migracija te mogućnost zatvaranja dotoka vode u riblju stazu za potrebe održavanja [2].

### 1.7.5 Ekološki aspekti mjere

Riblje staze predstavljaju rješenje za uspostavu riječnog kontinuiteta koji prekidaju poprečne pregrade u koritu vodotoka poput brana, pragova i drugih sličnih hidrotehničkih građevina. Njima je omogućena migracija vodenih organizama zadržavajući kontinuitet toka i sprečavajući fragmentaciju staništa, što se negativno odražava kako na populaciju riba, tako i na čitav riječni ekosustav. Bitno je naglasiti kako izgradnja ribljih staza ne uklanja osnovnu ekološku štetu uzrokovanu izgradnjom pregrada, kao što je gubitak riječnog staništa ili gubitak uzdužne povezanosti ali u određenoj mjeri umanjuje navedene utjecaje.

U kontekstu glavne funkcije riblje staze, nema razlike između tehničkih i prirodnih rješenja, no budući da prirodne riblje staze oponašaju prirodne vodotoke, s tog su aspekta prihvatljivije od tehničkih. Prirodne riblje staze osim samog omogućavanja migracije riba pružaju povoljne stanište uvjete za hranjenje, razmnožavanje, odmor i rast. Ukoliko se prilikom izgradnje riblje staze koriste prirodni materijali dostupni iz pripadnog vodotoka i sadnice autohtonih biljnih vrsta za formiranje riparijske vegetacije, dobiva se građevina koje osim osnovne funkcije ima brojne druge benefite poput formiranja riparijskih staništa, zasjenjivanja vodotoka čime se regulira temperatura vode i dobivanja estetski prihvatljivog rješenja koje se maksimalno uklapa u okoliš.

## 1.7.6 Održavanje mjere

Kako bi se održala funkcionalnost riblje staze te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja ili utvrdio utjecaj implementacije mjere na ostvarenje postavljenih ciljeva, preporuča se postavljanje kontrolnih uređaja za redoviti monitoring migracija vodenih organizama te mogućnost zatvaranja dotoka vode u riblju stazu za potrebe održavanja [2]. Nadalje, potrebno je redovito provoditi praćenje stanja same građevine. Praćenje stanja uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i taloženje nanosa) te eventualnu identifikaciju kritičnih mjesta na kojima su fluvijalni procesi intenzivniji projektiranih, kao i provjeru stabilnosti. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projekta.

Održavanje mjere može se podijeliti na redovno i izvanredno. Potreba za redovnim održavanjem mjere definira se u fazi projektiranja i direktno ovisi o karakteristikama projekta, ali najčešće uključuje održavanje vegetacije (kod prirodnih ribljih staza) ili uklanjanje istaloženog sedimenta (kod tehničkih ribljih staza), a izvanredno održavanje odnosi se na sanaciju nepredviđene štete.

Unošenje ovih pratećih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

## 1.7.7 Koristi od implementacije mjera

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavlju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.7.7.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnutih šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnutih šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnutih šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti.

Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 121) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 121. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Riblja staza nema ulogu u sustavima obrane od poplava. Jedina uloga riblje staze je omogućavanje migracije riba koja je prekinuta izgradnjom pregrada u vodotoku, između ostalog i za potrebe obrane od poplava.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	
kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode	Riblja staza u obliku kanala povećava kapacitet (volumen) vodotoka za skladištenje vode.
smanjenje brzine toka	Riblja staza nema ulogu u sustavima obrane od poplava. Jedina uloga riblje staze je omogućavanje migracije riba koja je prekinuta izgradnjom pregrada u vodotoku, između ostalog i za potrebe obrane od poplava.
povećanje evapotranspiracije	
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove prateće mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.7.7.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata),

te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 122) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [19, 20], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 122. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofita)	Implementacija mjere pozitivno utječe na populacije organizama koji migriraju uzvodno kao što su ribe i rakovi, a time i na čitav riječni ekosustav.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Riblja staza ne utječe na djelovanje pregrade u vodotoku zbog koje se riblja staza i gradi. Sama riblja staza, ovisno o tehničkom rješenju, može dodatno negativno utjecati na hidromorfološke elemente.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	-
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno



hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [21].

Budući da se implementacijom modificiranog rješenja ne očekuju utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, ne očekuje se niti smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.7.7.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 123) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [22, 23], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 123. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbe biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj na vodeni ekosustav zbog uspostavljanja migracije vodenih organizama.
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Implementacijom mjere osigurava se održanje raznolikosti i brojnosti populacija riba, a što pozitivno utječe na kvalitetu riječnog ekosustava te pruža navedene usluge.
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Održavanjem zdravog riječnog ekosustava pružaju se različite mogućnosti izravne i neizravne interakcije ljudi s rijekom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

### 1.7.8 Literatura i poveznice na druge dokumente

- [1] Babić Mladenović, M. (2018): *Uređenje vodotoka*, Institut za vodoprivredu Jaroslav Černi, Beograd
- [2] Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (2017): *Planiranje i projektiranje ribljih staza*, Izvještaj 1 i 2, Hrvatske vode, Zagreb
- [3] *Stručne smjernice – male hidroelektrane*, Hrvatska agencija za okoliš i prirodu, Zagreb, 2015.
- [4] Schmutz, S., Mielach, C. (2013): *Measures for ensuring fish migration at transversal structures – Technical paper*, International Commission for the protection of the Danube River
- [5] Duplić, A. (2008): *Slatkovodne ribe - PRIRUČNIK za inventarizaciju i praćenje stanja*, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb
- [6] *Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen*, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien, 2012.
- [7] *Fish Pass Manual*, Environment Agency, Almondsbury, Bristol, 2010.
- [8] *Fish passes – Design, dimensions and monitoring*, FAO (Food and Agriculture Organization of the US), DVWK (German Association for Water Resources and Land Improvement), Rim, Italija, 2002.

- [9] Schulz, L. (2005): Schlatbach2.JPG, Schlatbach3.JPG, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schlatbach2.JPG>, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Schlatbach3.JPG> (pristupljeno 29. studenog 2021.)
- [10] *Schlatbach*, Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Schlatbach> (pristupljeno 29. studenog 2021.)
- [11] *Die offizielle Einweihung des Fischaufstiegs in Obermaubach*, Kreisfischereiverein Düren, <https://www.kreisfischereiverein-dueren.de/der-fischaufstieg.html> (pristupljeno 29. studenog 2021.)
- [12] *Google maps* (pristupljeno 29. studenog 2021.)
- [13] *Kirchdorfer builds the highest fish ladder in Europe*, Kirchdorfer Concrete Solutions, 2019., <https://www.kirchdorfer.at/en/kirchdorfer-baut-hoechste-fischtreppe-in-europa/> (pristupljeno 20. srpnja 2022.)
- [14] *StanChem Dam Fishway Design (CT)*, Final Programmatic Report, National Fish and Wildlife Foundation, 2007.
- [15] *StanChem Fishway*, CTMQ, <https://www.ctmq.org/stanchem-fishway/> (pristupljeno 21. srpnja 2022.)
- [16] *StanChem Fishway*, StanChem polymers, <https://www.stanchem-inc.com/wp-content/uploads/2018/03/StanChem-Fishway-WFMD-2018.pdf> (pristupljeno 21. srpnja 2022.)
- [17] *Fishways*, The NSW Department of Primary Industries, <https://www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/fishways> (pristupljeno 22. srpnja 2022.)
- [18] Ocvirk, E., Gilja, G., Bujak D., Cikojević A., Jelić D. (2020): *Nomogrammi za proračun funkcionalnosti tehničkih ribljih staza na malim pragovima*, stručni članak, Hrvatske vode
- [19] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [20] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [21] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [22] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [23] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>

[24] Jovanović, M. (2011): Riblje staze u sklopu „naturalnog“ uređenja malih vodotoka, *Vodoprivreda*, 43(4-6): 217-226

## 1.8 Ustava

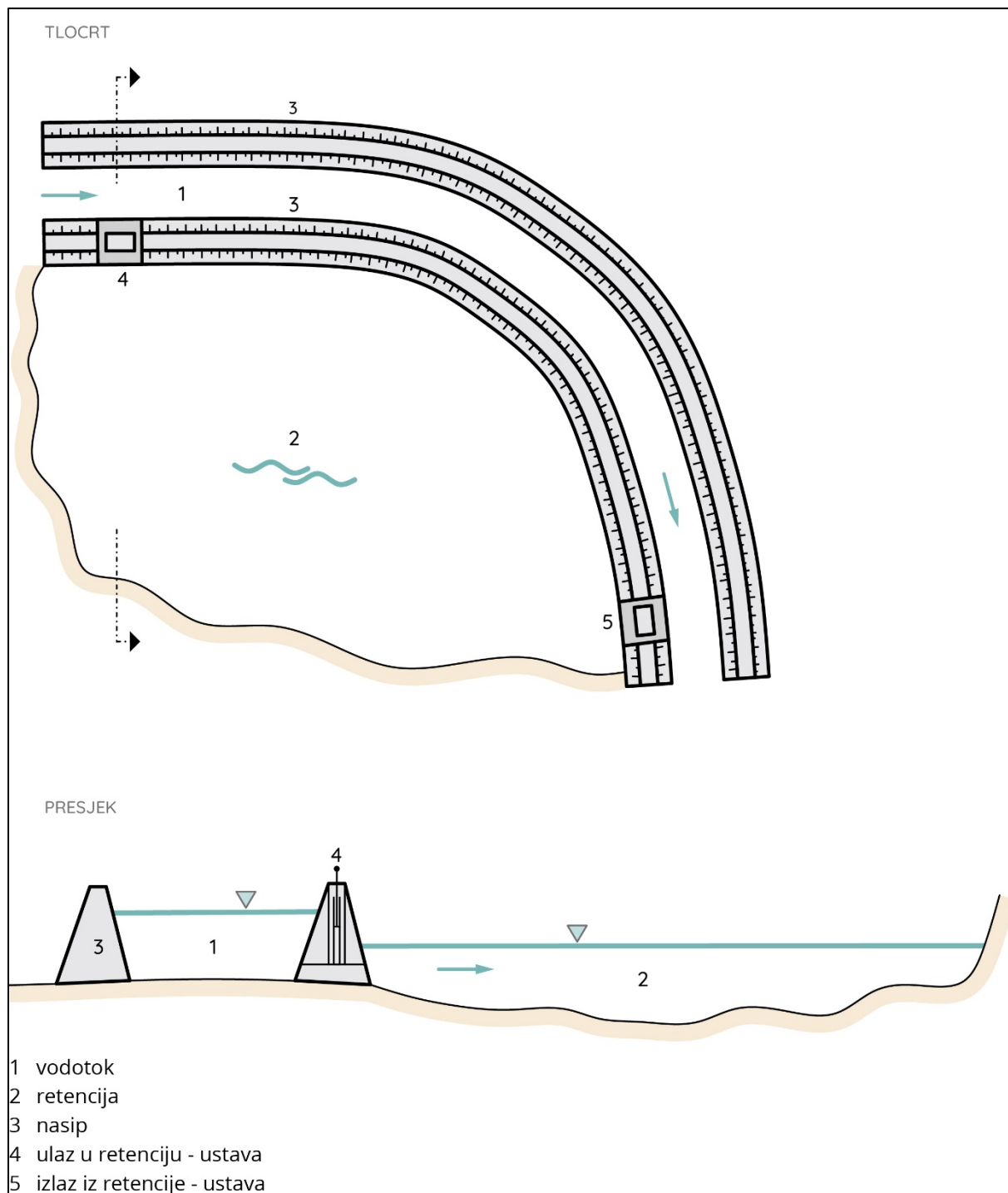
Ustava je hidrotehnička građevina kojom se voda kontrolirano propušta vodotokom zbog održavanja željene razine vode uzvodno od ustave ili preusmjerava u drugi vodotok, rukavac, retencijski prostor [1, 2]. Služi za upravljanje vodnim režimom i može uvelike doprinijeti smanjenju opasnosti od poplava. Izvodi se samostalno ili u sklopu druge građevine, primjerice crpne stanice, a smješta se na utoku odvodnog kanala, ako se vode ispuštaju u prijemnik, odnosno na kanalu na mjestu rasterećenja ili zahvata. Česta upotreba ustava je u područjima estuarija, gdje omogućavaju dotok slatke vode iz vodotoka u estuarij, ali sprečavaju dotok bočate vode iz estuarija uzvodno, budući da je okolno područje u pravilu vrlo plodno i koristi se za poljoprivredu [3]. Ustave se razlikuju prema namjeni (kontrolirano propuštanje vode vodotokom ili preusmjeravanje u drugi vodotok/retencijsko područje), broju polja, vrsti zatvarača (pločasti, segmentni, gredni, zaklopni, itd.) i njihovom pogonu (ručni ili automatski) te stoga postoji velik broj tehničkih rješenja. Ustave su opisane u *Općim tehničkim uvjetima za radove u vodnom gospodarstvu* [2] gdje pripadaju tzv. „sivoj“ infrastrukturi.

Na slici u nastavku (Slika 84) prikazana je ustava Trebež koja se nalazi na rijeci Savi i kojom se omogućuje kontrolirana komunikacija voda rijeke Save i Lonjskog polja. Na sljedećoj slici (Slika 85) dan je shematski prikaz položaja ustave kojom se voda propušta u retencijski prostor za vrijeme velikih voda i kod opasnosti od izlivanja iz vodotoka.



Slika 84. Ustava Trebež [4]





Slika 85. Shematski prikaz ustave za kontrolirano propuštanje poplavne vode u bočni retencijski prostor

### 1.8.1 Negativni utjecaji ustava i moguća ublažavanja

Izgradnjom ustave zbog njezine funkcije neminovno dolazi do promjena u hidrološkom režimu vodotoka u vidu promjena krivulja protoka, vodostaja i režima pronosa nanosa. Ovisno o periodu zatvorenosti ustave uzvodno u vodotoku dolazi i do degradacije kakvoće vode zbog promjena režima temperature i kisika, a uslijed privremenog prelaska iz lotičkog

u lentički sustav [5]. Navedene promjene posljedično utječu na hidromorfološke procese uzvodno i nizvodno od građevine, a čije se posljedice mogu osjetiti na velikim udaljenostima i u drugim povezanim vodotocima. Intenzitet utjecaja u prvom redu ovisi o režimu rada ustave, odnosno vremenskom periodu zatvorenosti/otvorenosti, stupnju otvorenosti kao i dinamici otvaranja/zatvaranja. Prilikom otvaranja ustave, ukoliko postoji razlika u razini vodnog lica uzvodno i nizvodno, dolazi do velike brzine vode i jakog posmičnog naprežanja u koritu neposredno nizvodno od ustave čime se intenzivira proces erozije korita [6]. Prekid kontinuiteta riječnog toka uz prethodno navedene utjecaje degradira hidromorfološke karakteristike vodotoka i time negativno utječe na ocjenu stanja vodnog tijela.

Ustave također negativno utječu na vodene biocenoze budući da uzrokuju privremene prekide kontinuiteta riječnog toka i u situacijama zatvorenosti ustave predstavljaju prepreku migracijama vodenih organizama ukoliko su prisutni u vodotoku. Privremene promjene stanišnih uvjeta iz lotičkih u lentičke također negativno utječu na faunu. Promjena režima pronosa nanosa također uzrokuje promjene stanišnih uvjeta. Slijedom navedenog, negativni utjecaji na bioraznolikost i stanje vodnog tijela do kojih može doći izgradnjom ustava, a koji su povezani s uslugama ekosustava su sljedeći:

- promjena hidrološkog režima vodotoka, degradacija hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela;
- privremeni prekid kontinuiteta riječnog toka, privremeno onemogućavanje uzvodne migracije i fragmentacija staništa životinjskih organizama, promjena stanišnih uvjeta.

Hoće li do navedenih utjecaja doći te koja će biti njihova značajnost ovisi o:

- bioraznolikosti vodotoka;
- hidrološkim i hidromorfološkim karakteristikama vodotoka;
- tipu i načinu rada ustave.

Tehnička rješenja kojima se mogu ublažiti prethodno navedeni negativni utjecaji uključuju:

- odabir tipa ustave koji će omogućiti najdulju moguću otvorenost zatvarača i prohodnost za vodene organizme;
- prilagodbu rada ustave ekologiji vodenih organizama prisutnih u vodotoku na kojem se planira izgradnja i vodotocima na koje ustava može utjecati;
- izgradnju riblje staze kojom vodeni organizmi obilaze ustavu za vrijeme kad je ona zatvorena i kojom se mogu nesmetano uzvodno i nizvodno kretati.

## 1.8.2 Tehnički opis modificirane ustave

Ustava služi za upravljanje vodnim režimom i može uvelike doprinijeti smanjenju opasnosti od poplava, no pri tome često negativno utječe na čitav vodeni ekosustav uslijed promjene stanišnih uvjeta i ometanja ili onemogućavanja migracija vodenih organizama. S obzirom na to da je glavna funkcija ustave promjena hidrološkog režima vodotoka i prekid longitudinalne povezanosti, a što je ujedno i glavni negativni utjecaj rada iste, ne postoje

tehnička rješenja koja bi u potpunosti mogla uskladiti navedene aspekte, te stoga niti jedna ustava nije potpuno u skladu s ekološkim potrebama vodenih organizama [7].

Glavni dio ustave koji onemogućuje migracije vodenih organizama je zatvarač ustave. Zatvarač je pokretni dio građevine namijenjen za zatvaranje protočnih polja i kontrolirano propuštanje vode [2]. S obzirom na način otvaranja/zatvaranja zatvarača, ustave se mogu podijeliti prema stupnju prihvatljivosti za migraciju riba. Ustava sa zatvaračem s gornje strane (eng. *top-mounted floodgate*) je najmanje poželjan izbor, budući da su zbog načina rada zatvarači obično otvoreni u vrlo kratkom periodu. Ustava s bočno montiranim zatvaračem koji se otvara poput vrata (eng. *side-mounted floodgate*) je nešto bolje rješenje budući da zahtjeva značajno manju razliku u razini vodnog lica da bi se mogla otvoriti. Ustava s vertikalnim zatvaračem (eng. *vertical sluice gates*) i ustava sa samoregulirajućim zatvaračem s plovkom (eng. *self-regulating gates*) su se pokazala kao najprihvatljivija rješenja s aspekta migracija riba [8, 9]. Primjena navedenih rješenja nipošto ne znači da će migracije riba biti omogućene i da neće utjecati na njihove populacije, stoga je mogućnost primjene i moguće utjecaje ustava uvijek potrebno detaljno razmotriti na svakoj lokaciji [7]. U situacijama kad tehničko rješenje i rad ustave nije moguće prilagoditi ekološkim zahtjevima prisutnih riba, nužna je izvedba riblje staze.

Slijedom navedenog, modifikacije ustave u kontekstu zelene infrastrukture u prvom redu se odnose na razmatranja drugih rješenja kojima će se postići željeni učinci. Ukoliko druga rješenja nisu primjenjiva, prilikom odabira tipa ustave potrebno je odabrati onaj koji će omogućiti najdulju moguću otvorenost i protočnost, a ujedno će njezine dimenzije i hidraulički parametri omogućiti ribama uzvodnu migraciju. Također, rad ustave je potrebno prilagoditi ekologiji ribljih vrsta prisutnih u vodotoku. Naime, u periodima reproduktivnih migracija ustava mora biti prohodna budući da se radi o najbitnijoj životnoj fazi o kojoj ovise čitave populacije, ali i čitav vodeni ekosustav uzimajući u obzir isprepletenost hranidbenih mreža. Mogućnost migracija riba kroz ustavu ovisi o tri faktora: površina otvora kroz koji ribe mogu prolaziti, brzina vode i vrijeme otvorenosti ustave, a koji pak ovise o volumenu vode uzvodno od ustave. Ukoliko je otvor površina otvora premala i/ili brzina vode prevelika, ribe neće moći uzvodno migrirati [5, 10].

Ukoliko nije moguće zadovoljiti navedene kriterije, uz ustavu nužna je izgradnja riblje staze. Riblja staza kao mjera zelene infrastrukture koja ublažava negativne utjecaje poprečnih građevina u vodotoku opisana je u zasebnom poglavlju ovih Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.7). Ključan dio projektiranja ustava je utvrđivanje sastava ihtiofaune projektnog područja, za što će u nedostatku dovoljno kvalitetnih i recentnih podataka biti potrebno provesti biološka istraživanja. Period odvijanja reproduktivnih migracija specifičan je za svaku vrstu i treba ga uvažiti prilikom projektiranja ustave.

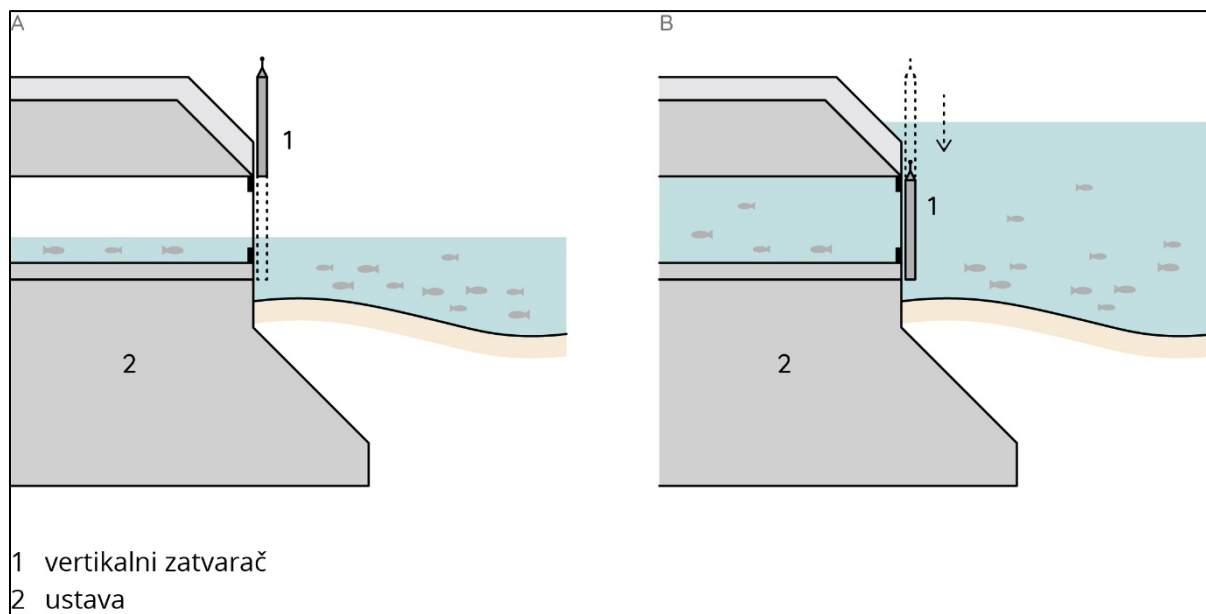
U nastavku su opisani prethodno navedene vrste ustava.

### **Ustave s vertikalnim zatvaračem**

Ustave s vertikalnim zatvaračem najčešći su primjer ustava i ovisno o željenoj funkciji i ihtiofauni vodotoka mogu predstavljati prihvatljiva rješenja ustava. Naime, ovaj primjer ustave moguće je izgraditi s električnim ili hidrauličkim (automatiziranim) pogonom te prema zadanim postavkama zatvarač može biti podešen na otvorenu ili zatvorenu poziciju. Ukoliko je postavljen na otvorenu poziciju, ustava nudi nesmetan prolaz vodenih

organizama, a zatvarač se automatski zatvara/spušta samo u slučaju opasnosti od poplava kada razina vode na nizvodnoj strani prijeđe unaprijed određenu razinu. Međutim, ukoliko je zatvarač postavljen na zatvorenu poziciju, vodeni organizmi ne mogu neometano migrirati i ustava predstavlja poprečnu prepreku u koritu vodotoka [9].

Na slici u nastavku (Slika 86) dan je shematski prikaz ustave s vertikalnim zatvaračem u otvorenoj (A) i zatvorenoj (B) poziciji.



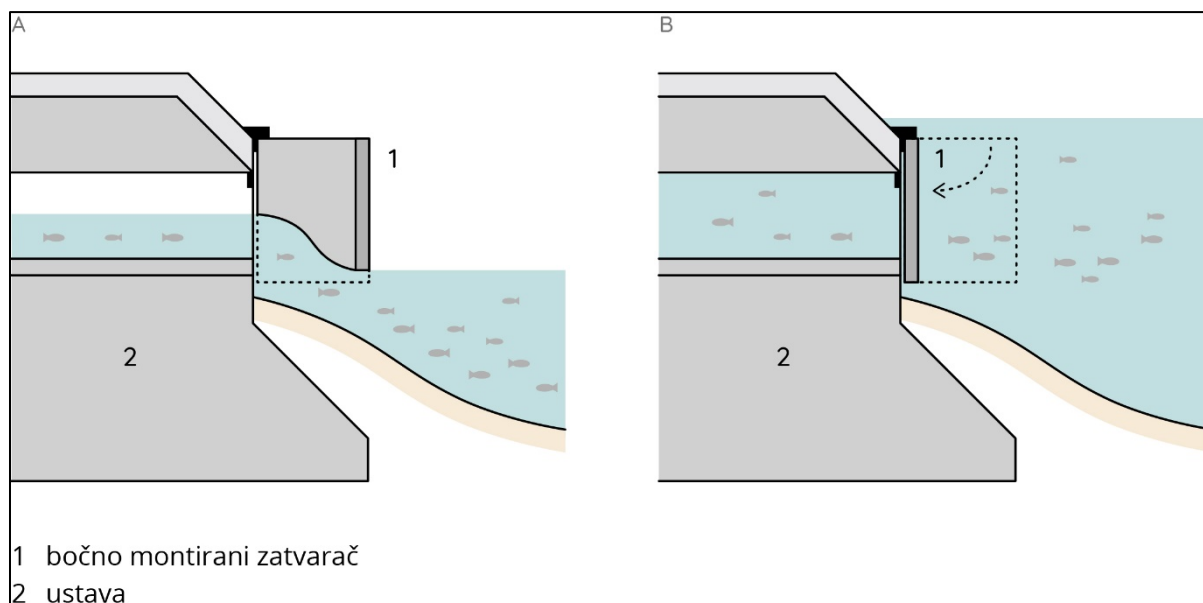
**Slika 86. Shematski prikaz ustave s vertikalnim zatvaračem**

Na mjestima na kojima operativna ograničenja sprječavaju upotrebu automatiziranih sustava zatvarača, preporučena je izgradnja zatvarača korištenjem laganih materijala poput aluminija ili plastike [8]. Navedeni zatvarači primjenjuju se i na ustavama u nastavku.

### Ustava s bočno montiranim zatvaračem

Navedena ustava se sastoji od zatvarača koji se otvara poput vrata. Iako je u inicijalnom položaju zatvarač zatvoren, za razliku od klasičnih ustava, potrebna je manja razina vode na uzvodnoj strani kako bi se zatvarač otvorio, otvorenost zatvarača je veća i vremenski dulje traje, te se prilikom otvaranja zatvarača stvara tečenje s manjim brzinama, pritom pružajući više mogućnosti i lakše kretanje organizama.

Na slici u nastavku (Slika 87) dan je shematski prikaz ustave s bočno montiranim zatvaračem u otvorenoj (A) i zatvorenoj (B) poziciji.



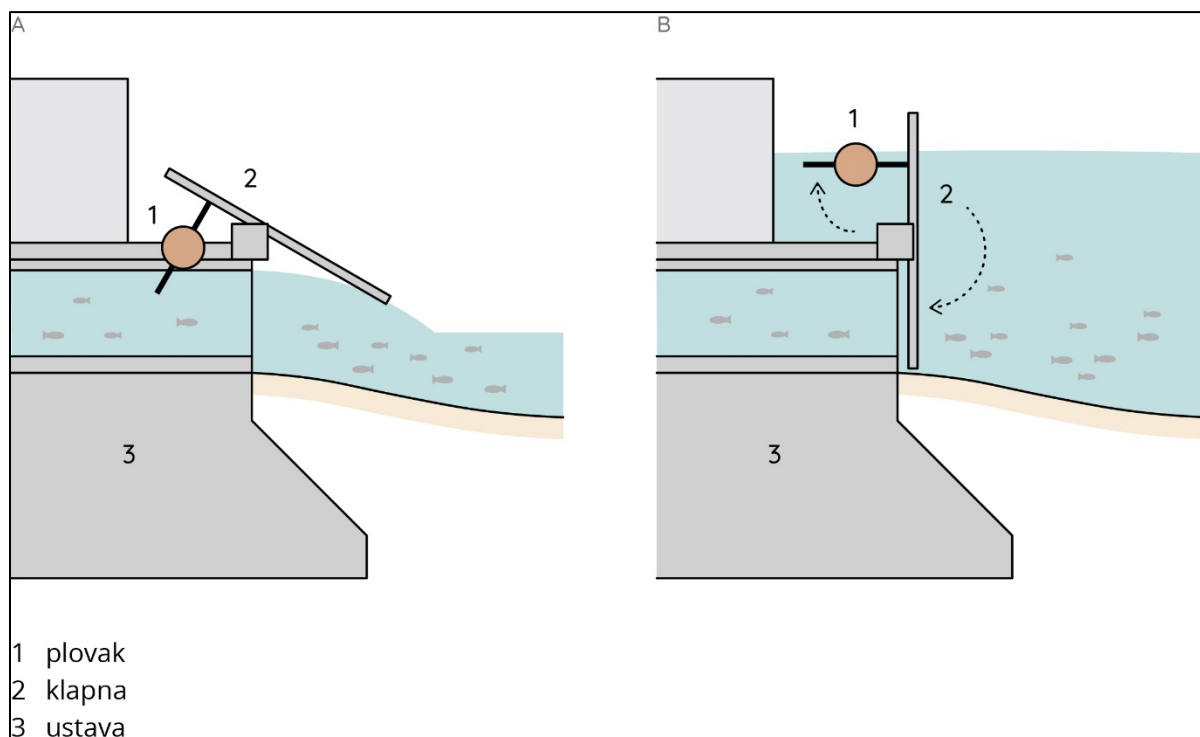
Slika 87. Shematski prikaz ustave s bočno montiranim zatvaračem koji se otvara poput vrata

### Ustava sa samoregirajućim zatvaračem s plovkom

Navedena ustava se sastoji od zatvarača s mehanizmom s protutežom - plovkom i klapnom, koji rezultira češćim otvaranjem zatvarača i duljim trajanjem otvorenosti. Zapravo jedini period u kojem je zatvarač zatvoren je kada razina vode u glavnom vodotoku postane dovoljno visoka da gurne plovak prema gore i potom spusti zatvarač. To znači da je inicijalni položaj zatvarača otvoren, što je nužno s aspekta migracija vodenih organizama [4, 7].

Na slici u nastavku (Slika 88) dan je shematski prikaz ustave sa zatvaračem s mehanizmom s protutežom - plovkom i klapnom u otvorenoj (A) i zatvorenoj (B) poziciji.

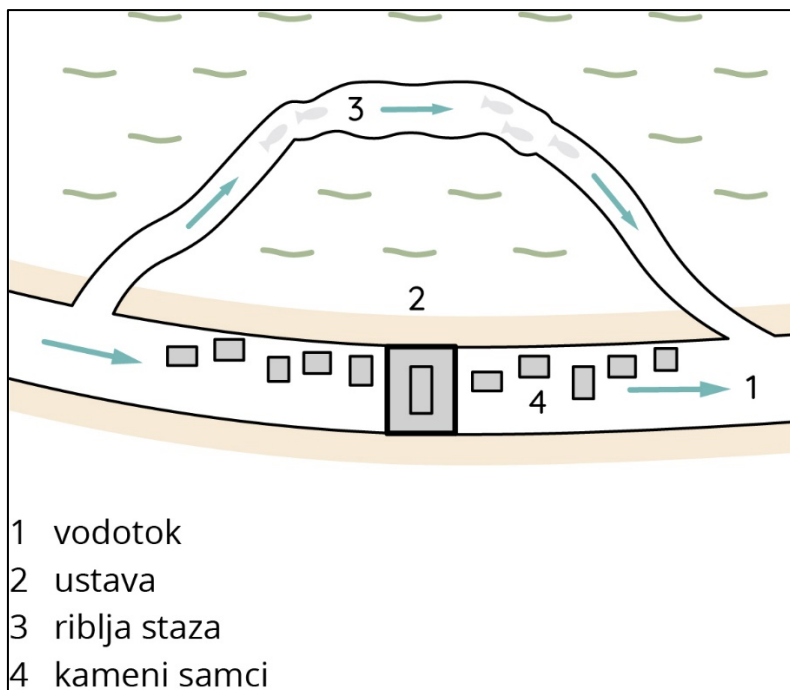




Slika 88. Shematski prikaz ustave sa samoregulirajućim zatvaračem koji se sastoji od plovka i klapne

### Ustava s ribljom stazom

Ukoliko nije moguće osigurati prolaznost ustave za riblje vrste, nužna je izgradnja riblje staze. Pri tome je važno osigurati prolaznost riblje staze i u periodu otvorene i zatvorene ustave. S ciljem unapređenja prolaznosti ustave za riblje vrste kad je ustava otvorena, preporuča se i postavljanje kamena samaca (kamenih blokova) u vodotok neposredno uzvodno i nizvodno od ustave. Kameni samci pružaju zaklon organizmima za vrijeme jakog strujanja vode i mjesta za odmor. Raspored i potreban broj samaca ovisit će o specifičnim uvjetima na lokaciji zahvata [4]. Više informacija o rješenjima ribljih staza dano je u zasebnom poglavlju Smjernica (Knjiga 5, poglavlje 1.7). Na slici u nastavku (Slika 89) dan je shematski tlocrtni prikaz modificirane ustave s ribljom stazom i kamenim samcima.



Slika 89. Shematski prikaz modificirane ustave s ribljom stazom

### 1.8.2.1 Projektiranje mjere

Prilikom planiranja i projektiranja ustava potrebno ih je maksimalno prilagoditi i integrirati u vodotok kako ne bi onemogućili kretanje vodenih organizama te ih izvoditi samo ako su doista neophodne za zaštitu područja od poplava.

Za analizu uvjeta na lokaciji zahvata u užoj i široj okolici, u nastavku su navedene podloge, istražni radovi i proračuni potrebni za projektiranje i dimenzioniranje ustava.

#### Podloge za preliminarne analize

U tablici u nastavku (Tablica 124) dan je popis podloga koje su neophodne za preliminarne analize i planiranje ustava. Popis je moguće dopuniti/korrigirati ovisno o lokaciji na kojoj se mjera planira implementirati. Navedene podloge daju osnovne informacije o prostoru implementacije mjere i iz njih se mogu spoznati specifičnosti prostora, ograničenja, način korištenja, problemi i razvojne mogućnosti.

Tablica 124. Podloge za preliminarne analize

podloge za preliminarne analize
prostornoplanska dokumentacija
katastarski planovi i zemljišne knjige
kartografske podloge: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hrvatska osnovna karta (HOK)</li> <li>• topografske karte (TK)</li> <li>• digitalna ortofoto karta (DOF)</li> <li>• osnovna geološka karta (OGK)</li> </ul>

podloge za preliminarne analize
<ul style="list-style-type: none"> <li>hidrogeološke karte</li> </ul>
bioraznolikost: <ul style="list-style-type: none"> <li>zaščitena področja prema Zakonu koji uređuje sustav zaštite prirode</li> <li>področja ekološke mreže uključujući rasprostranjenost ciljnih vrsta i ciljnih stanišnih tipova te ciljeve očuvanja</li> <li>rasprostranjenost stanišnih tipova</li> <li>prisutnost i rasprostranjenost strogo zaštićenih i/ili ugroženih vrsta</li> </ul>
karte opasnosti i rizika od poplava
stanje vodnih tijela (Registar vodnih tijela) i stanje vodnih građevina (Registar regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina)
podaci o ostalim relevantnim sastavnicama okoliša i opterećenju okoliša

Za projektiranje implementacije mjere potrebno je provesti ciljana terenska istraživanja i radove te izraditi dodatne projektne podloge.

### Terenski istražni radovi

Terenski istražni radovi provode se:

- na trasi glavnog vodotoka i pritoka na čijem ušću je planirana izgradnja ustave: uzvodno i nizvodno od planirane lokacije izgradnje, u koritu i na obalama.

Vrste potrebnih istražnih radova prikazane su u tablici u nastavku (Tablica 125).

**Tablica 125. Vrste potrebnih istražnih radova**

vrste potrebnih istražnih radova
<b>geomehanički istražni radovi</b>
Provođe se u svrhu određivanja rasprostranjenosti, uslojenosti i mehaničkih osobina temeljnog tla i temeljne stijene na užem području planiranog zahvata, a uključuju istražne bušotine, istražne jame, geofizička ispitivanja i laboratorijska ispitivanja na uzorcima uzetim tokom terenskih istražnih radova.
<b>biološki istražni radovi</b>
Kako bi se odabralo optimalno rješenje ustave nužno je poznavati sastav ihtiofaune vodotoka na kojem se planira izgradnja, za što će u nedostatku dovoljno kvalitetnih i recentnih podataka biti potrebno provesti biološka istraživanja. Period odvijanja reproduktivnih migracija specifičan je za svaku vrstu i treba ga uvažiti prilikom projektiranja ustave. Osim sastava ihtiofaune uputno je utvrditi i prisutnost drugih migratornih organizama poput rakova i školjkaša kako bi se utvrdili mogući utjecaji na njih.

### Podloge za potrebe proračuna

Za izradu projekta ustave potrebno je provesti hidrološke i hidrauličke proračune te proračune mehaničke otpornosti i stabilnosti. U tablici u nastavku (Tablica 126) navedene su podloge koje su potrebne za izradu navedenih proračuna.

**Tablica 126. Podloge potrebne za proračune**

podloga	opis
geodetska snimka	geodetska snimka na katastarskoj podlozi s ucrtanim pozicijama bušotina
poprečni i uzdužni profili korita vodotoka	poprečni profili na razmaku 1-2 širine korita s prikazom razina malih, srednjih i velikih voda; uzdužni profil s ucrtanim talwegom, obalama, krunama nasipa i vodnim licem u trenutku snimanja (minimalna duljina dionice: uzvodno od utoka većeg pritoka te nizvodno do ušća većeg pritoka ili ušća u veći vodotok)
svojstva i parametri temeljnog tla i materijala za izgradnju	podaci se navode u geotehničkom elaboratu, a dobiveni su geomehničkim istražnim radovima; podaci o materijalu za izgradnju su potrebni ukoliko se koriste materijali preuzeti iz nalazišta u okolici zahvata
podaci o oborinama (ukoliko ne postoje mjerenja na vodotoku na kojem se gradi ustava)	vrsta oborina, količina, trajanje, intenzitet
klimatološki podaci	analize relevantnih klimatskih ekstrema i njihovih trendova uslijed klimatskih promjena
hidrološki podaci (površinske vode)	podaci o vodostaju, protoku i pronosu nanosa na lokaciji zahvata
hidrološki podaci (podzemne vode)	razina podzemne vode
hidrološki podaci (led)	podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli ledohoda i ledostaja na vodotoku na kojem se implementira mjera

## Proračuni

Prilikom planiranja i dimenzioniranja mjere, a temeljem prethodnih hidroloških i ekoloških analiza, potrebno je definirati dva ili više varijantnih rješenja te kriterije za prihvaćanje. Za tako određene varijante treba provesti funkcionalne proračune navedene u tablici u nastavku (Tablica 127) i analizirati utjecaj svake varijante na vodni režim i vodene organizme u pripadnom vodotoku. Dobiveni rezultati proračuna koriste se za usvajanje prihvatljivih varijantnih rješenja za daljnju razradu projektne dokumentacije.

**Tablica 127. Proračuni**

proračuni
<b>hidrološki proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>definirati maksimalne protoke i volumene vodnih valova povratnih perioda 10, 25, 100 i 1.000 god. na lokaciji na kojoj je predviđena izgradnja ustave.</li> </ul>
Metode proračuna određuju se na temelju dostupnih podataka: <ul style="list-style-type: none"> <li>statističke metode (analize povijesnih podataka);</li> <li>hidrološki (matematički) modeli;</li> <li>parametarske metode.</li> </ul>
<b>hidraulički proračuni</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>izrada dvodimenzionalnog nestacionarnog modela tečenja za višegodišnji niz srednjih protoka s ciljem utvrđivanja rasporeda brzina poprečno i uzduž vodotoka kako bi se utvrdile lokacije potencijalnih nestabilnosti korita i pokosa te potencijal pronosa nanosa na lokaciji zahvata;</li> <li>dinamička analiza transformacije vodnog vala – provesti analize utjecaja projektirane ustave na razine vodnih lica i protoka prilikom transformacije vodnog vala (izraditi model postojećeg i budućeg stanja);</li> <li>provesti analize modela upravljanja ustavom te izraditi Pravilnik upravljanja i održavanja objekta;</li> </ul>

**proračuni**

- modeliranje dinamike pronosa nanosa te globalne i lokalne stabilnosti korita;
- proračun hidrauličkog djelovanja i hidrauličke stabilnosti ustave;
- proračun dimenzija otvora ustave.

**proračuni mehaničke otpornosti i stabilnosti**

Na temelju provedenih geomehaničkih istražnih radova te hidroloških i hidrauličkih proračuna potrebno je definirati:

- stabilnost ustave – utvrđuje eventualnu potrebu osiguranja stabilnosti ustave i dijela korita na kojem dolazi do gubitka lokalne stabilnosti uslijed izgradnje ustave, te provedbu potrebnih proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti.

U smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti propusta provode se (ne isključivo) proračuni:

- nosivost temeljnog tla;
- globalna stabilnost temeljnog tla;
- analize stabilnosti pokosa obala uz lokaciju zahvata;
- analiza deformacija;
- stabilnost protiv izdizanja;
- stabilnost na klizanje, prevrtanje, podlokavanje uslijed fluvijalne erozije neposredno nizvodno nakon otvaranja ustave;
- proračun za seizmičko djelovanje;
- dimenzioniranje konstrukcije.

Rješenje i način upravljanja ustavom odabire se na temelju provedenih hidroloških i hidrauličkih analiza, analiza stabilnosti korita, karata opasnosti i rizika od poplava te analiza dinamike pronosa i taloženja nanosa, no osim navedenog, sve je veća potreba za izgradnjom ustava koje ne uzrokuju negativan utjecaj na floru i faunu u pripadnom vodotoku na kojem se gradi ustava.

Prilikom planiranja ustave, u obzir treba uzeti i klimatske promjene i njihov utjecaj na hidrološke parametre (protok, vodostaj i pronos nanosa), budući da uslijed klimatskih promjena u budućnosti može doći do značajnih promjena u hidrološkom režimu površinskog otjecanja.

### 1.8.2.2 Primjenjivost mjere i ograničenja

Glavno ograničenje izgradnje ustave proizlazi iz mogućnosti osiguranja prolaznosti građevine za vodene organizme. Navedeno se može postići odabirom odgovarajućeg tipa ustave i prilagodbom njezinog načina rada ekološkim zahtjevima vodenih organizama. Ukoliko navedeno nije moguće osigurati nužna je izgradnja riblje staze. Prilikom planiranja riblje staze kao obilaznog puta ustave za migraciju vodenih organizama, javlja se nekoliko problema tijekom definiranja optimalnog tipa. Naime, kod projektiranja ribljih staza na hidro-energetskim objektima ili drugim pregradama s fiksnom visinom koje rezultiraju akumuliranjem vode, budući da imaju definiranu visinu, relativno je jednostavno definirati rubne uvjete riblje staze. Drugačija je situacija kod ustava, gdje razine vodnih lica uzvodno i nizvodno od ustave mogu biti podložne velikim fluktuacijama, stoga je nerijetko nemoguće definirati optimalno rješenje koje zadovoljava željenu funkcionalnost [4].

U literaturi se najveći dio pažnje posvećuje migracijama riba, no valja napomenuti kako one nisu jedini slatkovodni organizmi koji aktivno provode migracije. Stoga je kod planiranja ustave potrebno utvrditi i prisutnost ostalih migratornih organizama poput rakova i školjkaša, kako bi se mogla donijeti ocjena značajnosti utjecaja na njihove



populacije. Prohodnost riblje staze za ribe ne znači ujedno i prohodnost za ostale organizme.

Ukoliko se ustava planira graditi na vodotoku u kojem ne obitavaju migratorni organizmi, ne postoje ograničenja s ekološkog stajališta. Uz uvjet omogućavanja migracija vodenih organizama, ne postoje druga značajnija ograničenja za izgradnju ustave.

Izgradnja ovdje prikazanih ustava kao mogućih pratećih mjera zelene infrastrukture na pojedinim potezima vodotoka na vodnim područjima u RH sagledava se u okviru podprojekta Projekta VEPAR: „Mogućnosti šire implementacije mjera zelene infrastrukture u smanjenju rizika od poplava“, uključujući i sagledavanje provedivosti takve mjere s prostorno-planskih aspekata.

### 1.8.2.3 Projektni parametri

U tablicama u nastavku (Tablica 128 do Tablica 130) navedeni su i opisani relevantni projektni parametri koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja varijanata i prilikom projektiranja izabranog rješenja ustave.

**Tablica 128. Hidrološki projektni parametri**

hidrološki projektni parametar	opis
pronos nanosa	Informacije o količini, vrsti i pronosu nanosa predstavljaju važan projektni parametar kako bi se spriječilo prekomjerno taloženje nanosa uzvodno od ustave u periodu kada je zatvorena. Također, ustava može negativno utjecati na režim pronosa nanosa u smislu smanjenja količine nanosa i produbljenja korita nizvodno od ustave.
led	Prisutnost leda u vodotoku može uzrokovati ledohod i ledostaj u vodotoku. U periodu kad je ustava zatvorena, nakupine leda mogu se taložiti na uzvodnoj strani ustave i predstavljati dodatno opterećenje na konstrukciju koje može uzrokovati gubitak njezine stabilnosti. Nadalje, dolazi do dinamičkih udara ledenih santi koje mogu oštetiti dijelove konstrukcije ustave ili uzrokovati abraziju korita. Stoga su podaci o vremenskoj i prostornoj raspodjeli leda u vodotoku važan projektni parametar.
hidrološki režim površinskog toka	Hidrološki ili vodni režim je skup veličina i pokazatelja koji opisuju stanje ili karakter hidroloških prilika na nekom vodnom tijelu. Za analizu hidrološkog režima površinskog toka na promatranom području potrebno je odabrati mjerodavne hidrološke stanice s raspoloživim podacima izmjerenih vodostaja i protoka. Analiziraju se podaci s uzvodne i nizvodne stanice kako bi rješenje ustave bilo funkcionalno u pogledu sigurnog prolaza velikih vodnih valova i obrani od poplava.

**Tablica 129. Hidraulički projektni parametri**

hidraulički projektni parametar	opis
brzina tečenja vode	Hidraulički uvjeti u vodotoku na lokaciji zahvata i plavljenje šireg područja uvjetuju rad (zatvorenost ili otvorenost) ustave.
volumetrijska disipirana snaga, $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]	Generalni pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) je maksimalna volumetrijska disipirana snaga $P_v$ [W/m <sup>3</sup> ]. Budući da pojava turbulencije i vrtložnosti na utjecaj plivanja riba nije sasvim razjašnjena, za pojedine riblje vrste postoje maksimalne preporučene vrijednosti navedenog parametra. Generalna preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m <sup>3</sup> ovisno o vrsti riba.

Tablica 130. Oblikovni i konstruktivni parametri

oblikovni i konstruktivni projektni parametar	opis
lokacija ustave na vodotoku	Prilikom planiranja ustave i odabira lokacije, potrebno je, koliko god je moguće, izbjegavati izgradnju na lokaciji vodotoka koju vodeni organizmi intenzivno koriste za migraciju uzvodno na mrijest. Takve lokacije su najčešće ušća pritoka u glavni vodotok, koje je potrebno dodatno istražiti kako bi se utvrdio sastav ihtiofaune. Također, preporuča se izbjegavanje izgradnje ustava na dionicama vodotoka na kojima dolazi do pojave većih količina leda jer njegovo taloženje na ustavama može uzrokovati oštećenje i rušenje konstrukcije te uspor i poplavu. Ukoliko nikakvih tehničkih rješenjem nije moguće osigurati prohodnost riblje staze za vodene organizme, potrebno je omogućiti kretanje vodenih organizama izgradnjom riblje staze.
dimenzije otvora ustave	Otvore ustave potrebno je dimenzionirati tako da u periodu u kojem su otvoreni uzrokuju minimalni uspor i omogućuju tečenje vode bez pojave jakog turbulentnog toka koji smanjuje sposobnost vodenih organizama za savladavanje struje vode i uzrokuju iscrpljenost.

### 1.8.3 Ekološki aspekti mjere

Da bi ustava mogla biti smatrana mjerom zelene infrastrukture, ukoliko se planira graditi na vodotoku u kojem obitavaju migratorni organizmi, nužno je osigurati prolaznost ustave kako bi se izbjegao utjecaj na njihove populacije, a time i na čitav riječni ekosustav. U literaturi se najveći naglasak stavlja na prolaznost ustave za ribe, no bitno je naglasiti da u riječnim ekosustavima obitavaju i drugi migratorni organizmi poput rakova i školjkaša. Iako omogućavanje prohodnosti ustave za ribe i učinkovitost ustave nije jednostavno uskladiti, postoji niz tehničkih rješenja kojima je to moguće postići, što uključuje i riblje staze. Prohodnost ustave za ostale organizme nije dovoljno istražena i prilikom planiranja ustave neophodno je analizirati i ovaj aspekt. U svakom slučaju, osiguranje prohodnosti ustave za ostale organizme poput primjerice rakova može se pokazati nerješivim problemom.

### 1.8.4 Održavanje ustava

Kako bi se održala funkcionalnost ustave te utvrdili eventualni problemi koji nisu predviđeni u fazi projektiranja, potrebno je redovito provoditi praćenje stanja i vizualne preglede konstrukcije. Praćenje stanja trebalo bi provoditi najmanje jednom godišnje, no učestalost praćenja stanja definira se u fazi projektiranja, ovisno o karakteristikama projekta. Praćenje uključuje utvrđivanje intenziteta fluvijalnih procesa (erozija i sedimentacija) koji mogu ugroziti stabilnost građevine, taloženje nanosa u kanalicama zatvarača i migraciju vodenih organizama. Ukoliko su neposredno nizvodno i uzvodno od ustave postavljene rešetke za zahvaćanje krupnog nanosa, potrebno ih je redovito kontrolirati i čistiti kako ne uzrokovale začepljenje i poplavu.

Održavanje građevine za vrijeme trajanja građevine služi za očuvanje temeljnih zahtjeva za građevinu, a u slučaju oštećenja građevine zbog kojih postoji opasnost za život i zdravlje ljudi ili okoliša, potrebno je poduzeti hitne mjere za otklanjanje opasnosti. Redovito održavanje odnosi se na održavanje projektirane protočnosti ustave, što uključuje

uklanjanje istaloženog sedimenta, te brigu o upravljačkoj mehanizaciji zatvarača, dok se izvanredno održavanje odnosi na sanaciju nepredviđenih oštećenja konstrukcije.

Unošenje ovih pratećih mjera u prostorne baze podataka Hrvatskih voda svih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (RiZVG) važno je zbog usklađenog daljnjeg stalnog praćenja i obnavljanja informacija o stanju ovih mjera prema istim postupcima kao i za ostale vodne građevine u sustavu zaštite od štetnog djelovanja voda, kao i zbog usklađenog planiranja njihovog održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.7 „Povezivanje mjera zelene infrastrukture sa sustavom upravljanja mjerama zaštite od štetnog djelovanja voda“).

### 1.8.5 Troškovi izgradnje

Troškovi izgradnje sastavni su dio ukupnih troškova provedbe mjere, koji još uključuju pripremne troškove i troškove zaposjedanja i uređenja zemljišta (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“).

Kako je navedeno u Knjizi 1, kalkulacija za određivanje troškova izgradnje složeni je postupak koji se provodi u fazi projektiranja, a sami troškovi ovise o cijelom nizu ulaznih parametara, ovisno o proračunima dimenzija zahvata, samoj lokaciji zahvata, uvjetima izgradnje na lokaciji te nizu ostalih posebnih uvjeta. Zato se u tablici u nastavku (Tablica 131) daje samo okvir za sagledavanje glavnih radova na izvedbi mjere s mjernim jedinicama. Bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 131) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene određuju se kalkulacijom jediničnih cijena aktivnosti (radova, materijala i opreme) koje čine svaku stavku, a jedinične cijene aktivnosti određuju se prema tržišnim cijenama i prema posebnim priručnicima (primjerice *Standardna kalkulacija radova u vodogradnji*).

Tablica 131. Stavke troškovnika izvođenja glavnih radova

stavka	vrste radova	jed. mjera
<b>1</b>	<b>PRIPREMNI RADOVI</b>	
1.1	Geodetski radovi	ha
1.2	Čišćenje i priprema terena	m <sup>2</sup>
<b>2</b>	<b>ZEMLJANI RADOVI</b>	
2.1	Iskop riblje staze	m <sup>3</sup>
2.2	Nabava i ugradnja kamenih samaca	kom
<b>3</b>	<b>ARMIRANO-BETONSKI RADOVI</b>	
3.1	Izgradnja ustave	m <sup>3</sup>
<b>4</b>	<b>RADOVI NA OPREMANJU USTAVE</b>	
4.1	Montaža opreme	kom

## 1.8.6 Troškovi održavanja

Nakon završetka izgradnje mjere nastupaju godišnji troškovi, koji se dijele na operativne troškove i troškove održavanja (vidjeti: Knjiga 1, podpoglavljje 2.3.4 „Razrada tehničkih elemenata rješenja i utvrđivanje troškova mjera“). Struktura i procjena operativnih troškova koji se pojavljuju povremeno, u načelu tijekom pojave poplava ili drugih događaja vezanih uz štetno djelovanje voda, daje se u navedenom poglavlju Knjige 1, uz napomenu kako se i prethodno opisani kompenzacijski troškovi od slučaja do slučaja mogu podvesti pod ove operativne troškove.

Troškovi održavanja su za razliku od operativnih troškova stalni godišnji troškovi. U tablici u nastavku (Tablica 132) dan je prikaz glavnih radova na održavanju implementirane mjere. Kao i kod glavnih vrsta radova na izgradnji, bitno je napomenuti kako se stavke glavnih radova održavanja raščlanjuju na cijeli niz detaljnih troškovničkih stavki, za koje se utvrđuju količine (u načelu prema jedinicama mjera iz Tablice 132) i opći i posebni uvjeti provedbe, a tek se nakon toga utvrđuju jedinične cijene po stavkama i ukupne cijene stavki množenjem količina i jediničnih cijena. Jedinične cijene mogu značajno varirati ovisno o brojnim faktorima, između ostalog i o tehničkom rješenju implementirane mjere, o čemu direktno ovise vrste potrebnih radova na održavanju kao i njihova cijena.

Tablica 132. Stavke troškovnika glavnih radova održavanja

stavka	vrste radova	jed. mjera
1.1	Čišćenje sedimenta	m <sup>3</sup>
1.2	Praćenje stanja zahvata	kom
1.3	Monitoring ključnih okolišnih sastavnica	kom
1.4	Održavanje opreme ustave	kom

## 1.8.7 Koristi od implementacije mjera

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 „Određivanje ukupnih koristi provedbe mjera“ i 2.3.6 „Kvantifikacija i novčano vrednovanje mjera“.

Koristi od implementacije mjere opisane su u nastavku sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, sa stanovišta upravljanja stanjem voda i sa stanovišta ostalih usluga ekosustava. Koristi su kvantificirane ili na razini novčane vrijednosti ili prema relativnoj skali navedenoj u Knjizi 1 u podpoglavljju 2.3.6 u Tablici 6.

### 1.8.7.1 Sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava

Koristi koje se javljaju sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava u najvećoj mjeri se vrednuju u novčanim iznosima kada se radi o izravnim i neizravnim koristima od izbjegnute šteta na materijalnim dobrima i od izbjegnute šteta zbog smetnji u prostoru, a prema prethodno prikazanim postupcima (Knjiga 1, podpoglavljja 2.3.5 i 2.3.6).

Međutim osim novčano mjerljivih izravnih i neizravnih izbjegnute šteta u analize i usporedbe varijanata treba uključiti i novčano nemjerljive izbjegnute štete i novčano

nemjerljive koristi, koje obuhvaćaju i/ili izbjegnute štete i/ili nove koristi na onim dobrima u prostoru koja su ugrožena štetnim djelovanjem voda, a koja nemaju tržišnu vrijednost. To su prije svega ljudsko zdravlje i životi ljudi te kulturna dobra i prirodne vrijednosti. Prema *Floods and Economics: appraising, prioritising and financing flood risk management measures and instruments, Report on proceedings & key recommendations, October 2010, Ghent, Belgium, Common Implementation Strategy Working Group F for Floods*, u nedostatku podataka, a kada se radi o dobrima koja nemaju tržišnu vrijednost (ljudski životi, kulturna dobra, ekosustavi) preporuča se nematerijalne izbjegnute štete i koristi vrednovati prema kriterijima koji nisu ekonomski. Stoga se mogu koristiti tablice za njihovo ocjenjivanje s relativnom skalom (Knjiga 1, podpoglavlje 2.3.6, Tablica 6).

U tablici u nastavku (Tablica 133) dan je pregled nematerijalnih koristi od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava, za koju se može provesti ocjenjivanje koristi, te pojašnjenje tih koristi, uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 133. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava**

korist	pojašnjenje
smanjenje ukupnog površinskog otjecanja sa sliva	Budući da je jedan od glavnih razloga izgradnje ustava obrana od poplava, predloženim rješenjima ustava ne dovodi se u pitanje njezina glavna funkcija, a to je regulacija hidrološkog režima voda. Slijedom navedenog, korist klasičnih i modificiranih rješenja ustava sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava mora biti ista. Razlike se prvenstveno odnose na održavanje povoljnih stanišnih uvjeta za vodene organizme.
usporavanje površinskog otjecanja sa sliva	
kapacitet (volumen) korita za skladištenje vode	
smanjenje brzine toka	
povećanje evapotranspiracije	
povećanje infiltracije u tlo i/ili prihrane podzemne vode	
povećanje kapaciteta tla za skladištenje vode	

### Monetizacija koristi

Monetizacija, odnosno novčano vrednovanje koristi od provedbe ove prateće mjere provodi se prema postupcima koji su prikazani u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6. Monetarna korist od implementacije ove prateće mjere zelene infrastrukture sa stanovišta upravljanja rizicima od poplava jednaka je razlici između moguće štete na projektnom području prije implementacije mjere i moguće štete nakon implementacije mjere.

#### **1.8.7.2 Sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

Koristi od implementacije mjera zelene infrastrukture i postupci njihovog vrednovanja sa stanovišta upravljanja stanjem voda prikazani su u okviru Knjige 1, u podpoglavljima 2.3.5 i 2.3.6. Prikazana su dva pristupa, gdje se kod prvog pristupa ocjenjuje razina pozitivnih utjecaja mjera zelene infrastrukture na sve elemente ekološkog stanja voda, a kod drugog pristupa provodi se kvantifikacija utjecaja hidromorfoloških promjena na stanje voda, u



slučajevima kada mjere imaju dominantan utjecaj na hidromorfološko stanje vodnih tijela. U nastavku se koristi pristup ocjenjivanja svih elemenata koji određuju ukupno ekološko stanje voda (uz hidromorfološke, ocjenjivanje i fizikalno-kemijskih i bioloških elemenata), te je sukladno tome u tablici u nastavku (Tablica 134) dan pregled koristi od implementacije ove mjere zelene infrastrukture [11, 12], a u odnosu na elemente ocjene ekološkog stanja vodnog tijela koji su propisani Uredbom o standardu kakvoće voda (Narodne novine br. 96/2019), te uz napomenu kako se ocjenjivanje provodi za svaku razmatranu varijantu posebno.

**Tablica 134. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta upravljanja stanjem voda**

element ocjene ekološkog stanja rijeke	pojašnjenje
<b>1. biološki elementi</b>	
1.1. sastav i brojnost vodene flore (fitoplankton, fitobentos i makrofitna)	Implementacija mjere pozitivno utječe na populacije organizama koji migriraju uzvodno kao što su ribe i rakovi, a time i na čitav riječni ekosustav.
1.2. sastav i brojnost makrozoobentosa	
1.3. sastav, brojnost i starosna struktura riba	
<b>2. hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente</b>	
2.1. hidrološki režim: <ul style="list-style-type: none"> <li>količina i dinamika vodnog toka</li> <li>veza s podzemnim vodama</li> </ul>	Ustava predstavlja zahvat koji negativno utječe na hidromorfološke elemente te nema razlike između modificiranih i klasičnih rješenja.
2.2. kontinuitet rijeke	
2.3. morfološki uvjeti: <ul style="list-style-type: none"> <li>varijacije širine i dubine rijeke</li> <li>struktura i sediment dna rijeke</li> <li>struktura obalnog pojasa</li> </ul>	
<b>3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente</b>	
3.1. osnovni fizikalno-kemijski elementi: <ul style="list-style-type: none"> <li>temperatura</li> <li>režim kisika</li> <li>sadržaj iona</li> <li>pH, m-alkalitet</li> <li>hranjive tvari</li> </ul>	Održavanjem protočnosti ustave što je moguće dulje vremena smanjuje se negativan utjecaj poprečne pregrade u vodotoku na promjenu fizikalno-kemijskih elemenata uslijed promjene stanišnih uvjeta uzvodno od ustave iz lotičkog u lentički.
3.2. specifične onečišćujuće stvari: <ul style="list-style-type: none"> <li>nesintetske</li> <li>sintetske</li> <li>ostale</li> </ul>	

### Monetizacija koristi

Monetizacija koristi od mjera zelene infrastrukture provodi se samo u slučaju kvantifikacije utjecaja mjere na stanje voda preko promjena hidromorfološkog stanja, a prema metodologiji ekonomske analize iz važećeg Plana upravljanja vodnim područjima.

Sukladno podacima iz Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. (Narodne novine br. 66/2016), ocjena stanja hidromorfoloških elemenata kakvoće vodnog tijela, odnosno hidromorfološki pritisci koji su odgovorni za ocjenu, izravno utječu na procijenjene ekološke troškove i troškove resursa (ERC troškovi, eng. environmental and resource cost). Ukupni ERC troškovi od hidromorfološkog opterećenja iskazani su kroz trošak mjera koje je potrebno poduzeti kako bi sva vodna tijela bila u najmanje dobrom stanju [13].

Budući da se implementacijom mjere ne očekuju utjecaji na ocjenu hidromorfoloških elemenata stanja vodnog tijela, ne očekuje se niti smanjenje ukupnih ERC troškova na vodnom tijelu na kojem će se mjera implementirati.

Ukoliko se pristupa ovoj mjeri preko kvantifikacije utjecaja na hidromorfološke promjene, uz pretpostavku kako su ostale koristi manje značajne, bitno je naglasiti kako je ovu korist moguće monetizirati ukoliko je poznato:

- vodno tijelo na kojem se mjera planira implementirati;
- ocjene hidromorfoloških elemenata kakvoće stanja vodnog tijela;
- koji su postojeći hidromorfološki pritisci na vodnom tijelu;
- tehničko rješenje i dimenzije planirane mjere (po varijantama).

Kada su poznati navedeni podaci, moguće je procijeniti u kojoj će mjeri implementacija mjere zelene infrastrukture uzrokovati poboljšanje stanja hidromorfoloških elemenata, hoće li ocjena stanja ostati ista ili će se ocjena popraviti (sve prema metodologiji opisanoj u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6), te posljedično utjecaj na ERC troškove od hidromorfološkog opterećenja.

### 1.8.7.3 Sa stanovišta ostalih usluga ekosustava

Za analizu koristi sa stanovišta usluga ekosustava koje se ostvaruju implementacijom zelene infrastrukture primjenjuje se CICES (eng. *The Common International Classification of Ecosystem Services*) klasifikacija usluga ekosustava, kako je to prikazano u Knjizi 1, podpoglavlja 2.3.5 i 2.3.6.

U tablici u nastavku (Tablica 135) dan je pregled koristi od implementacije za ovu mjeru zelene infrastrukture sa stanovišta ostalih usluga ekosustava [14, 15], uz napomenu kako se ocjenjivanje tih koristi provodi za svaku razmatranu varijantu.

**Tablica 135. Koristi od implementacije mjere sa stanovišta ostalih usluga ekosustava**

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
<b>1. opskrbne biotičke usluge ekosustava</b>	
1.1.6. divlje životinje (kopnene i vodene) za prehranu, materijale ili energiju	Implementacijom mjere može se očekivati pozitivan utjecaj na vodeni ekosustav zbog uspostavljanja migracije vodenih organizama.
1.2.2. genetski materijal životinja	
<b>2. regulacijske i podržavajuće/podupirajuće biotičke usluge ekosustava</b>	
2.1.1. smanjenje količine otpada ili toksičnih tvari antropogenog porijekla živim procesima	Implementacijom mjere osigurava se održanje raznolikosti i brojnosti populacija riba, a što pozitivno utječe na kvalitetu riječnog ekosustava te pruža navedene usluge.

usluga ekosustava (grupa)	pojašnjenje
2.2.2. održavanje životnog ciklusa, zaštita staništa i genetskog bazena	
<b>3. kulturološke biotičke usluge ekosustava</b>	
3.1.1. fizičke i eksperimentalne interakcije s prirodnim okolišem	Održavanjem zdravog riječnog ekosustava pružaju se različite mogućnosti izravne i neizravne interakcije ljudi s rijekom.
3.1.2. intelektualne i reprezentativne interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.1. duhovne, simbolične i druge interakcije s prirodnim okolišem	
3.2.2. druge biotičke karakteristike koje nemaju uporabnu vrijednost	

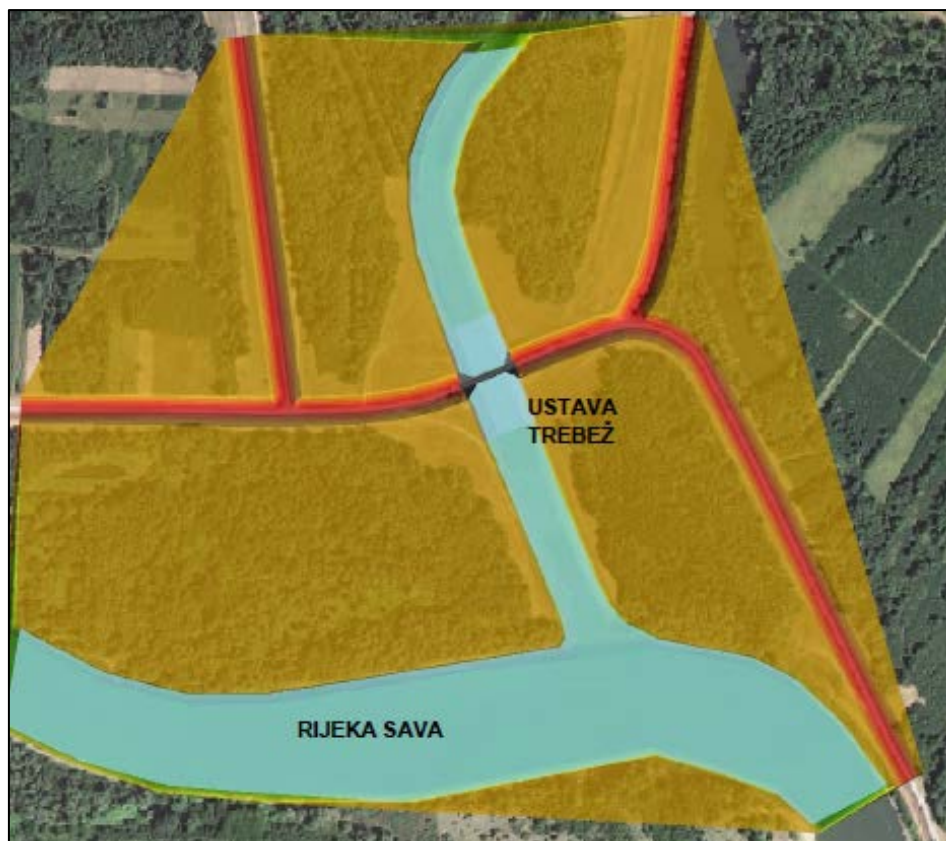
### Monetizacija koristi

Kod monetizacije, odnosno novčanog vrednovanja koristi sa stanovišta usluga ekosustava od implementacije prateće mjere zelene infrastrukture polazište bi bilo mapiranje i procjena usluga ekosustava prije implementacije mjere. Ovom temom se na razini Europske unije bavi MAES inicijativa (eng. *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services*), koja između ostalog razvija smjernice za kartiranje i procjenu ekosustava, definira klasifikaciju ekosustava i klasifikaciju usluga ekosustava, razvija pokazatelje za procjenu stanja ekosustava i njihovih usluga te razvija okvir za uspostavljanje računovodstva prirodnoga kapitala itd. Kako su ova istraživanja u tijeku, mogu se tek koristiti rijetka praktična iskustva i primjeri u novčanom vrednovanju pojedinih dominantnih aspekata koristi od poboljšanja usluga ekosustava, gdje su primjenjivane metode za simulaciju tržišnih odnosa.

#### **1.8.8 Primjer mjere [4]**

U ovom poglavlju dan je sažetak Idejnog rješenja kojim su analizirana moguća rješenja izgradnje riblje staze uz postojeću ustavu Trebež. Radi se o projektu koji još nije izveden stoga nisu poznati učinci mjere. Izgradnja riblje staze omogućit će migracije vodenih organizama u periodu kada je ustava posve zatvorena. U kanalu ustave predloženo je postavljanje kamenih samaca koji će omogućiti povoljnije uvjete za migraciju vodenih organizama u periodu kada je ustava otvorena.

Ustava Trebež je glavna upusno-ispusna vodna građevina Lonjskog polja kojom se uz pomoć zapornica omogućuje kontrolirana komunikacija voda rijeke Save i Lonjskog polja. Režim otvaranja i zatvaranja zapornica uvelike ovisi u režimu velikih voda rijeke Save, odnosno o potrebi za reteniranjem velikih voda rijeke Save u retenciju Lonjsko Polje. Periodi zatvaranja ustave Trebež su periodi u kojima je postignuta maksimalna zapunjenost retencije Lonjsko Polje i kada se voda retenira do prolaska velikog vodnog vala rijeke Save te opadanja vodnog lica Save do razine kada više ne postoji ugroza od poplava nizvodnog branjenog područja. Ti periodi se javljaju u svim dijelovima godine, a najrjeđe ljeti, kada je mogućnost pojave velikih kiša i porasta vodnog lica Save izuzetno mala. Na slici u nastavku (Slika 90) dan je prikaz šireg područja ustave Trebež.



Slika 90. Prikaz šireg područja ustave Trebež [4]

Analizom varijantnih rješenja, odabrano je i razrađeno optimalno rješenje kojim će se poboljšati migracijski uvjeti ihtiofaune na lokaciji ustave Trebež. Rješenje se sastoji od:

- izmuljivanja površina u Posebnom ornitološkom rezervatu Rakita;
- izgradnje biološke riblje staze u blizini lokacije ustave Trebež u kombinaciji s klasičnom crpkom;
- postavljanja kamenih samaca u kanalu ustave Trebež.

Na slici u nastavku (Slika 91) prikazane su lokacije prethodno opisanih planiranih radova/mjera.





Slika 91. Lokacije planiranih radova [4]

### Izmuljivanje površina u Posebnom ornitološkom rezervatu Rakita

Mjerom izmuljivanja površina u Posebnom ornitološkom rezervatu Rakita omogućava se dulje zadržavanje vode u području Lonjskog polja u vrijeme mrijesta i boravka ihtiofaune u istome (ljeti). Radi se o mjeri koja uvelike povećava mogućnost preživljavanja ihtiofaune tokom boravka na području Lonjskog polja. Ukupna površina na kojoj se predviđa izmuljenje iznosi 9,04 ha, a prosječna dubina izmuljivanja iznosi oko 1 m. Na slici u nastavku (Slika 92) dan je situacijski prikaz i lokacija izmuljivanja površina.





Slika 92. Situacijski prikaz izmuljivanja površina u Posebnom ornitološkom rezervatu Rakita [4]

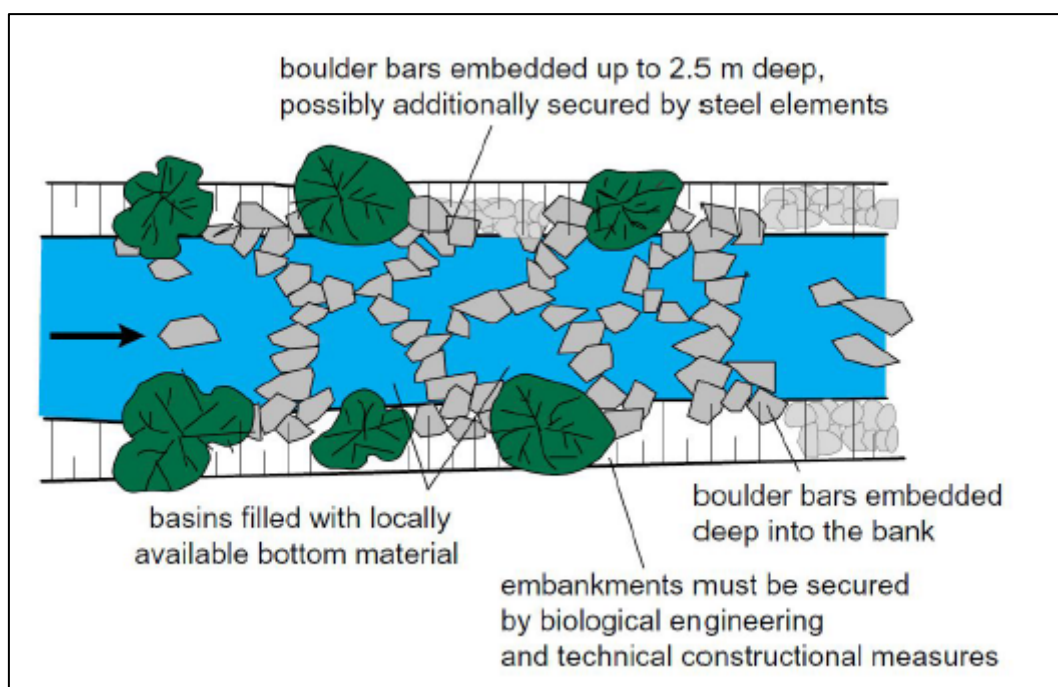
### Biološka riblja staza u kombinaciji s klasičnom crpnom stanicom

Mjerom biološke riblje staze u blizini lokacije ustave Trebež u kombinaciji s klasičnom crpnom stanicom se omogućava migracija ciljnih zajednica između vodotoka rijeke Save i reteniranih vodnih površina Lonjskog polja, s naglaskom na periode kada riba traži utočište za mrijest, odnosno pri povratku s istoga. Odabranim rješenjem s klasičnom crpnom stanicom može se očekivati značajan doprinos s obzirom na broj dana za koje će biti omogućena migracija ribljih zajednica između vodotoka rijeke Save i reteniranih vodnih površina Lonjskog polja. Dodatno, po potrebi će biti omogućena i migracija riba i u periodima kada je postojeća ustava otvorena, a hidraulički uvjeti u kanalu ustave su nepogodni za ribe. Također, u odnosu na ostala preporučena rješenja, prednost je što je njime predviđeno postavljanje samo jedne crpne stanice, te što se njome podiže samo voda, a ne i ribe kako je predviđeno nekim drugim rješenjima. Na kraju, ovim rješenjem omogućuje se migracija i svih drugih ciljnih vrsta na predmetnom području.

U suradnji s ihtiologom, riblju stazu potrebno je izvesti tako da brzina toka bude do 1 m/s, a nadsloj vode u stazi minimalno 25 cm. Proračunima su postignute navedene vrijednosti, odnosno brzina vode u stazi od 1 m/s te nadsloj vode od 26 cm. Uzdužni pad dna staze iznosi 1/30. Poprečni presjek staze je „U” oblika, širine dna korita 0,9 m i dubine 0,4 m. Prosječna duljina staze iznosi oko 150 m. Dimenzioniranjem crpne stanice dobivena je visina podizanja vode od 9 m, kapacitet  $Q=0,5 \text{ m}^3/\text{s}$  i potrebna snaga  $P=59 \text{ kW}$ .

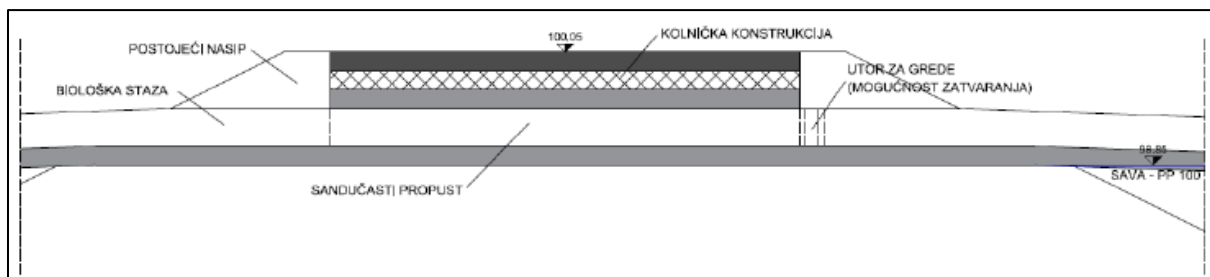
Proračunato prosječno godišnje trajanje crpljenja, odnosno prosječno godišnje vrijeme rada crpne stanice, iznosi  $T = 12,5$  dana.

Samu biološku stazu u poprečnom i uzdužnom smislu planira se urediti kako bi osigurala migraciju ne samo riba nego i drugih vrsta na tom području. Tako se dno biološke staze u poprečnom smislu planira urediti na način da ono imitira prirodne uvjete, po uzoru na sliku u nastavku (Slika 93).



**Slika 93. Mogućnost uređenja biološke riblje staze [4]**

Također, predviđa se na mjestu prolaza biološke staze ispod kolničke konstrukcije nasipa, isti realizirati u vidu sandučastog armirano-betonskog propusta. Dimenzije otvora samog propusta bit će jednake kao i biološke staze, 90 cm x 40 cm. Dno propusta će biti minimalno iznad razine velikih voda rijeke Save 100-godišnjeg povratnog perioda, koji se nalazi na razini 1,2 m ispod razine krune nasipa. Na strani rijeke Save, na samom ulazu propusta, predviđa se ostaviti utore za grede, a koje bi se mogle u njih ubaciti u slučaju nailaska viših razina rijeke Save od razina 100-godišnjeg povratnog perioda. Na ovaj način se osigurava jednostavna mogućnost zatvaranja propusta. Na slici u nastavku (Slika 94) dan je uzdužni presjek prolaza riblje staze ispod kolničke konstrukcije nasipa.



Slika 94. Prolaz riblje staze ispod kolničke konstrukcije nasipa [4]

### Postavljanje kamenih samaca

Mjerom postavljanja kamenih samaca u kanalu ustave Trebež se omogućava postizanje povoljnijih uvjeta za migraciju ribljih zajednica između vodotoka rijeke Save i reteniranih vodnih površina Lonjskog polja. Kameni samci će ribi pružiti zaklon za vrijeme jakih struja u kanalu ustave Trebež za vrijeme otvorenosti ustave, odnosno prijeko potrebno vrijeme za odmor, kako bi uspjela savladati put prema utočištu za mrijest. Predviđeno je postavljanje oko 30 kamenih samaca.

Na slici u nastavku (Slika 95) dan je situacijski prikaz biološke riblje staze i kamenih samaca u kanalu ustave.



Slika 95. Situacijski prikaz biološke riblje staze i kamenih samaca u kanalu ustave [4]

### 1.8.9 Literatura i poveznice na druge dokumente

[1] Kuspilić, N., Ocvirk, E. (2016): *Hidrotehničke građevine*, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

[2] *Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu*, Knjiga 1, Hrvatske vode, Zagreb, 2010.

[3] Sounder, J.A., Giannico, G. (2005): *Tide Gates in the Pacific Northwest, Operation, Types and Environmental Effects*, Oregon Sea Grant, Oregon State University

[4] Hidrokonzalt projektiranje d.o.o. (2018): *Idejno rješenje analize mogućnosti izgradnje biološke staze radi poboljšanja migracijskih uvjeta ihtiofaune na lokaciji ustave Trebež*, Hrvatske vode, Zagreb

[5] Souder, J.A., Tomaro, L.M., Giannico, G.R., Behan, J.R. (2018): *Ecological Effects of Tide Gate Upgrade or Removal: A Literature Review and Knowledge Synthesis*, Report to Oregon Watershed Enhancement Board, Institute for Natural Resources, Oregon State University, Corvallis, OR



- [6] Yousif, A.A., Sulaiman, A.O., Diop, L., Ehteram, M., Shahid, S., Al-Ansari, N., Yaseen, Z.M. (2019): *Opet Channel Sluice Gate Scouring Parameters Prediction: Different Scenarios of Dimensional and Non-Dimensional Input Parameters*, Water - Open Access Journal by MDPI
- [7] Sounder, J., Giannico, G. (2020): *Tide Gates: Operation, Fish Passage and Recommendations for Their Upgrade or Removal*, ORESU-T-20-001, Oregon Sea Grant, Corvallis, OR
- [8] Franklin, P., Gee, E., Baker, C., Bowie, S. (2018): *New Zealand Fish Passage Guidelines For structures up to 4 meters*, National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd
- [9] *Flood Control In Action*, Watershed Watch Salmon Societ, <https://watershedwatch.ca/what-makes-flood-control-fish-friendly/> (pristupljeno 14. srpnja 2022.)
- [10] Egg, L., Mueller, M., Pander, J., Knott, J., Geist, J. (2017): *Improving European Silver Eel (Anguilla anguilla) downstream migration by undershot sluice gate management at a small-scale hydropower plant*, Ecological Engineering 106: 349–357
- [11] *Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [12] *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [13] *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.–2021.*, Hrvatske vode, Zagreb, 2016.
- [14] Haines-Young, R., Potschin, M.B. (2018): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*, Fabis consulting
- [15] *CICES (Common International Classification of Ecosystem Services)*, European Environment Agency, Copenhagen, <https://cices.eu/>