

PREHINIT

**PROCJENA RIZIKA OD IZNENADNOG ONEČIŠĆENJA VODA USLIJED
HAVARIJA**

Procjena rizika od iznenadnog onečišćenja voda za plansko razdoblje
od 2022. do 2027. (Projekt WACOM)

Prosinac, 2022.

Naručitelj: **HRVATSKE VODE**
Ulica grada Vukovara 220
10 000 Zagreb

Predmet: **PROCJENA RIZIKA OD IZNENADNOG ONEČIŠĆENJA VODA ZA
PLANSKO RAZDOBLJE OD 2022. DO 2027. GODINE
(PROJEKT WACOM)**

Razina dokumentacije: Studija

Izvršitelj: **PREHNIT d.o.o.**
Garićka ulica 11
10 000 Zagreb

Voditelj projekta: Dr. sc. Goran Lončar

Suradnici: Dr. sc. Dario Omanović - stručnjak za kemiju
Dr. sc. Nino Krvavica - stručnjak za hidrologiju i zamjenik
voditelja projekta
Dr. sc. Ante Šiljeg - stručnjak za daljinska istraživanja i GIS
Dr. sc. Neven Cukrov - stručnjak za geokemiju
Iva Jurković, mag. geol. - stručnjak za geologiju
Vlatko Roland, mag. ing. el. - administrativni voditelj
projekta i stručnjak za GIS/IT

Mjesto i datum: Zagreb, prosinac, 2022.

SADRŽAJ:

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD..... | 4 |
| 2. PRAVNI OKVIR RH VEZAN UZ PODRUČJE ISTRAŽIVANJA | 7 |
| 2.1. Zakoni i podzakonski akti Republike Hrvatske | 7 |
| 2.2. Planski dokumenti Republike Hrvatske | 10 |
| 2.3. Direktive Europske unije (EU) i njihov prijenos u pravni poredak Republike Hrvatske | 14 |
| 2.4. Međunarodni sporazumi i pripadajući protokoli | 17 |
| 2.5. Značenje pojmova vezanih uz rizike od iznenadnih onečišćenja | 18 |
| 3. SAŽETAK STUDIJE ANALIZA RIZIKA OD IZNENADNOG ONEČIŠĆENJA VODA S NAJVAŽNIJIM REZULTATIMA | 23 |
| 3.1. Polazište..... | 23 |
| 3.2. Planiranje mjera prevencije i smanjenja utjecaja incidentnih onečišćenja | 23 |
| 3.3. Obveznici procjene rizika od incidentnog onečišćenja | 24 |
| 3.4. Prijedlog metodologije za procjenu rizika od iznenadnih onečišćenja | 27 |
| 3.5. Izvori onečišćenja..... | 28 |
| 3.5.1. Pronos (put) onečišćenja..... | 29 |
| 3.5.2. Ranjivost i otpornost vodnog tijela..... | 30 |
| 3.5.3. Neželjene posljedice | 30 |
| 3.5.4. Procjena rizika | 31 |
| 3.5.5. Prikaz rezultata procjene rizika | 32 |
| 4. PODACI O AKTIVNOSTIMA NARUČITELJA VEZANIM NA IZNENADNA ONEČIŠĆENJA VODA | 33 |
| 4.1. Analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda (Ecosolutions, 2017.) | 33 |
| 4.2. Registar onečišćenja voda (Hrvatske vode) | 33 |
| 4.3. Ostale aktivnosti i istraživački projekti na području RH | 34 |
| 4.3.1. Projekt „PEPSEA“ | 34 |
| 4.3.2. Projekt „MUHA“ | 34 |
| 4.4. Nacrt plana upravljanja vodnim područjima 2022.-2027..... | 35 |
| 5. METODOLOGIJE DRUGIH RELEVANTNIH PROCJENA I ISTRAŽIVANJA | 38 |
| 6. METODOLOGIJA PROCJENE RIZIKA OD IZNENADNOG ONEČIŠĆENJA USLIJED HAVARIJA..... | 47 |
| 6.1. Osnovni koncept predložene metodologije | 47 |
| 6.2. Detaljni opis proračunskih koraka i korištenih podatkovnih podloga u metodologiji | 51 |
| 6.2.1. Određivanje indeksa otpornosti vodnog tijela r_j | 52 |

| | | |
|-------------------|--|------------|
| 6.2.2. | Proračun količine onečišćenja V_i na pojedinom mjestu izvora i pripadne vjerojatnosti p_i | 59 |
| 6.2.3. | Proračun smanjenja količine onečišćenja na putu od izvora „i“ do vodnog tijela | 71 |
| 6.2.4. | Procjena karakterističnog protoka u vodnom tijelu Q_j | 77 |
| 7. | REZULTATI PROCJENE RIZIKA OD ONEČIŠĆENJA VODA | 78 |
| 7.1. | Rezultati procjene ranjivosti i otpornosti vodnih tijela | 78 |
| 7.2. | Rezultati procjene izvora opasnosti | 84 |
| 7.3. | Rezultati procjene pronosa onečišćenja | 93 |
| 7.4. | Rezultati procjene rizika od onečišćenja voda | 99 |
| 8. | USPOREDBA REZULTATA ZA PODRUČJE PODSLIVA RIJEKE SAVE S OSTALIM PODRUČJIMA RH..... | 104 |
| 9. | ZAKLJUČCI I PREPORUKE..... | 112 |
| 10. | LITERATURA | 115 |
| PRIOLOG A: | SAŽETAK ZA JAVNOST | 119 |
| PRIOLOG B: | KARTA RIZIKA OD IZNENADNIH ONEČIŠĆENJA VODA USLIJED HAVARIJA NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE | 122 |
| PRIOLOG C: | KARTA RIZIKA OD IZNENADNIH ONEČIŠĆENJA VODA USLIJED HAVARIJA NA PODRUČJU PODSLIVA RIJEKE SAVE | 123 |

1. UVOD

Upravljanje vodama provodi se, između ostalog, s ciljem postizanja i očuvanja dobrog stanja voda radi zaštite života i zdravlja ljudi, zaštite njihove imovine, zaštite vodnih i o vodi ovisnih ekosustava. Prevencija iznenadnih onečišćenja voda provodi se kontinuirano, prema utvrđenim planovima, a na osnovu procjene rizika od iznenadnog onečišćenja voda. Jedna od značajnijih komponenti procjene rizika od nepostizanja dobrog stanja voda je i ocjena rizika od izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda.

Mjere prevencije akcidentnih (izvanrednih i iznenadnih) onečišćenja voda pripadaju grupi osnovnih mjera upravljanja stanjem voda i određene su Planom upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. (Narodne novine, broj 66/16). Mada je u Planu upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. zaključeno da se uspostavljeni sustav mjera prevencije i smanjenja utjecaja incidentnog onečišćenja može, načelno, ocijeniti dostatnim, uz odgovarajući i pravovremeni doprinos svih obveznika provedbe mjera ipak je, a s obzirom na raspoložive podatke i pravno - regulatornu i plansku dokumentaciju, predložena provedba pet mjera kojima bi se unaprijedilo upravljanje i time smanjio rizik od iznenadnog onečišćenja voda. Pored administrativne mjere, kojom se predviđa da se u postupku izdavanja/produžavanja dopuštenja za ispuštanje otpadnih voda propisuje i obveza revizije operativnih planova pri svakoj bitnoj promjeni u tehnologiji ili opsegu proizvodnje, predviđeno je da se u slučaju kada se obveznik nalazi na slivnom području vodnih tijela na kojima je procijenjen visok i umjereni rizik od iznenadnog onečišćenja propisuje i obveza revizije operativnih planova najmanje svakih 5 godina (Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021., C. Upravljanje stanjem voda, 5. Program mjera, 2.11. Mjere prevencije akcidentnih onečišćenja). Onečišćenje voda u vidu akcidenta generalno obuhvaća kategorije velike nesreće koja uključuje opasne tvari, iznenadnog onečišćenja okoliša i onečišćenje sa plovila, onečišćenje uslijed prirodnog događaja poput elementarne nepogode, te onečišćenje uslijed nepredviđenih okolnosti.

Nakon usvajanja Plana upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. pokrenute su aktivnosti na ispunjavanju aktivnosti iz programa mjera, pa je tako 2017. godine dovršena studija „Analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda“ (Evidencijski broj ugovora 10-049/17, Klasa: 325-01/17-10/75, Urbroj: 374-1-2-17-6) kojom su dane osnove za procjenu rizika od iznenadnih onečišćenja voda. Navedenom studijom provedena je analiza osnovnih elemenata i okvira za procjenu rizika a konkretna realizacija, odnosno konkretna procjena

rizika, nije obuhvaćena Projektom jer u tom trenutku nisu postajali preduvjeti za to. U međuvremenu, započela je izrada Nacrta Plana upravljanja vodnim područjima 2022. - 2027. te su definirani svi elementi koji su potrebni za provođenje konkretne procjene rizika.

Cilj ovog projekta je procjena rizika od iznenadnog onečišćenja površinskih voda uslijed havarija na području Republike Hrvatske. Konzistentnost pristupa, za potrebe provedbe aktivnosti projekta WACOM, treba omogućiti komparacije dobivenih rezultata s područja podsliva rijeke Save na vodnom području rijeke Dunav s rezultatima sa područja podsliva rijeka Drave i Dunava na istom vodnom području, kao i s rezultatima sa jadranskog vodnog područja, odnosno na nacionalnoj razini. Dobiveni rezultati trebaju se integrirati kako u isporučevine (rezultate specifičnih aktivnosti unutar radnih paketa) projekta WACOM, tako i u odgovarajuće upravljačke i druge nacionalne dokumente.

Predmetnim projektom su obuhvaćene površinske kopnene vode na cjelokupnom teritoriju Republike Hrvatske, pri čemu su uključeni i prekogranični utjecaji, odnosno rizik za vodna tijela na području Hrvatske od incidenata na uzvodnim (prekograničnim) dijelovima slivova. Obzirom na sadržajni obuhvat ovog projekta (procjena rizika od iznenadnog onečišćenja voda uslijed havarija) pažnja je usmjerena na: a) industrijske nesreće, b) prometne nesreće, c) havarije skladišta, te je potrebno uzeti u obzir d) Seveso postrojenja, e) odlagališta otpada i f) „crne točke”, te ostalo prema potrebi i relevantnosti. Potrebno je napomenuti da havarije uslijed djelovanja „više sile” (potresi, udari groma, akt terorizma i sl.), te utjecaj poplava i malovodnih hidroloških prilika nisu relevantne za predmetne analize u okviru ovog projekta, stoga nisu razrađene u okviru ovdje izložene metodologije. S druge strane, važno je da se predložena metodologija proračuna rizika u ovom projektu može relativno jednostavno nadograditi s dodatnim elementima rizika koji se povezuju sa pojavom poplave i malovodnih hidroloških prilika.

Aktivnosti predmetnog projekta provedene su kroz tri faze:

- Uvodno izvješće koje sadrži pregled dostupnih i relevantnih aktivnosti i istraživanja vezanih uz rizik od iznenadnog onečišćenja.
- Izvješće o metodologiji procjene i podatkovnoj osnovi kojom je definirana metodologija procjene rizika od iznenadnog onečišćenja površinskih voda uslijed havarija.

- Procjena rizika od iznenadnog onečišćenja površinskih voda uslijed havarija koja je provedena za sve kopnene vode u Hrvatskoj prema definiranoj metodologiji i prikupljenim podacima.

Ovaj dokument sadržava konačno izvješće, odnosno objedinjenu studiju procjene rizika od iznenadnog onečišćenja površinskih voda uslijed havarija.

Važno je napomenuti da su određene pojedinosti iznesene u ovoj verziji izvještaja potencijalno izmijenjene u odnosu na parcijalne izvještaje generirane u okviru ovog projekta.

Također skrećemo pažnju da je u sklopu ovog izvještaja za decimalnu oznaku korišten zarez.

2. PRAVNI OKVIR RH VEZAN UZ PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

2.1. Zakoni i podzakonski akti Republike Hrvatske

Upravljanje rizicima od iznenadnih onečišćenja vezanih uz površinske vode na području Republike Hrvatske uređeno je sljedećim zakonima:

- Zakon o vodama (NN 66/19, 84/21)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13, 78/15, 12/18, 118/18)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19)
- Zakon o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, 64/15, 104/17, 115/18, 16/20)
- Zakon o rudarstvu (NN 56/13, 14/14, 52/18, 115/18, 98/19)
- Zakon o plovidbi i lukama unutarnjih voda (NN 144/21)
- Pomorski zakonik (NN 181/04, 76/07, 146/08, 61/11, 56/13, 26/15, 17/19)

Zakonski propis Civilne zaštite, Zakon u sustavu civilne zaštite (NN 82/15, 118/18, 31/20, 20/21), također dodatno regulira područje upravljanja rizicima od iznenadnih onečišćenja vezanih uz površinske vode.

Uz gore navedene zakone, upravljanje rizicima od iznenadnih onečišćenja površinskih voda uređeno je i sljedećim podzakonskim aktima:

- Pravilnik o registru onečišćavanja okoliša (NN 3/22)
- Pravilnik o registru postrojenja u kojima je utvrđena prisutnost opasnih tvari i o očevidniku prijavljenih velikih nesreća (NN 139/14)
- Uredba o standardu kakvoće voda (NN 96/2019)
- Uredba o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari (NN 44/14, 31/17, 45/17)
- Uredba o odgovornosti za štete u okolišu (NN 31/17, 50/20)

Zakonom o vodama uređen je pravni status voda, vodnoga dobra i vodnih građevina, upravljanje kakvoćom i količinom voda, zaštita od štetnog djelovanja voda, detaljna melioracijska odvodnja i navodnjavanje, posebne djelatnosti za potrebe upravljanja vodama i institucionalni ustroj obavljanja tih djelatnosti.

Zakonom o zaštiti okoliša uređena su načela zaštite okoliša u okviru koncepta održivog razvitka, zaštita sastavnica okoliša i zaštita okoliša od utjecaja opterećenja, subjekti zaštite okoliša, dokumenti održivog razvitka i zaštite okoliša, instrumenti zaštite okoliša, praćenje stanja u okolišu, informacijski sustav zaštite okoliša, osiguranje pristupa informacijama o okolišu, sudjelovanje javnosti u pitanjima okoliša, osiguranje prava na pristup pravosuđu, odgovornost za štetu u okolišu, financiranje i instrumenti opće politike zaštite okoliša te upravni i inspekcijski nadzor. **Zakonom o zaštiti prirode** uređen je sustav zaštite i cjelovitog očuvanja prirode i njezinih dijelova.

Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju uređena je zdravstvena ispravnost vode za ljudsku potrošnju, nadležno tijelo za provedbu ovoga Zakona i način izvještavanja Europske komisije o provedbi ovoga Zakona, obveze pravnih osoba koje obavljaju opskrbu vodom za ljudsku potrošnju u Republici Hrvatskoj, načini postupanja i izvješćivanja u slučaju odstupanja od parametara za provjeru sukladnosti vode za ljudsku potrošnju, monitoring (praćenje) i druge službene kontrole zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju i njihovo financiranje, a u cilju zaštite ljudskog zdravlja od nepovoljnih utjecaja bilo kojeg onečišćenja vode za ljudsku potrošnju i osiguravanja zdravstvene ispravnosti vode za ljudsku potrošnju na području Republike Hrvatske.

Zakonom o rudarstvu uređeno je gospodarenje mineralnim sirovinama i planiranje rudarske gospodarske djelatnosti, istraživanje i utvrđivanje rezervi mineralnih sirovina, izrada i provjera rudarskih projekata, eksploatacija mineralnih sirovina, davanje koncesije za eksploataciju, građenje i uporaba rudarskih objekata i postrojenja, izrada rudarskih planova i izvođenje rudarskih mjerenja, sanacija otkopanih prostora, naknada za koncesiju, naknada štete, mjere osiguranja, sigurnosti i zaštite, stručna sprema za obavljanje određenih poslova u rudarstvu, upravni i inspekcijski nadzor te prekršajne odredbe.

Zakonom o plovidbi i lukama unutarnjih voda uređene je vodni promet na unutarnjim vodama Republike Hrvatske, sigurnost plovidbe unutarnjim vodama, pravni status, zaštita voda od onečišćenja s plovila, način upravljanja vodnim putovima, lukama i pristaništima unutarnjih voda, materijalnopravni odnosi koji se odnose na sve objekte unutarnje plovidbe, postupci upisa plovila i plutajućih objekata, poslovi prijevoza i ugovaranje prijevoza i inspekcijski nadzor.

Pomorskim zakonikom uređuju se morski i podmorski prostori Republike Hrvatske i uređuju pravni odnosi u njima, sigurnost plovidbe u unutarnjim morskim vodama i teritorijalnom moru Republike Hrvatske, zaštita i očuvanje prirodnih morskih bogatstava i morskog okoliša, osnovni materijalnopravni odnosi u pogledu plovnih objekata, ugovorni i drugi obvezni odnosi koji se odnose na brodove, upise plovnih objekata, ograničenje brodareve odgovornosti, ovrha i osiguranja na brodovima.

Zakonom o sustavu civilne zaštite uređuju se sustav i djelovanje civilne zaštite; prava i obveze tijela državne uprave, jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave, pravnih i fizičkih osoba; osposobljavanje za potrebe sustava civilne zaštite; financiranje civilne zaštite; upravni i inspekcijski nadzor nad provedbom ovog Zakona.

Na temelju Zakona o zaštiti okoliša podzakonskim aktima detaljnije se propisuju pojedini elementi vezani uz iznenadna onečišćenja površinskih voda. U nastavku se daje kratki pregled navedenih podzakonskih akata.

Pravilnikom o registru onečišćavanja okoliša propisuje se obvezni sadržaj i način vođenja registra onečišćavanja okoliša (u daljnjem tekstu: ROO), obveznici dostave podataka u ROO, način, metodologija i rokovi prikupljanja i dostavljanja podataka o emisijama odnosno ispuštanju, prijenosu i odlaganju onečišćujućih tvari u okoliš i otpadu, podaci o onečišćivaču, operateru, organizacijskoj jedinici u sastavu onečišćivača, rok i način obavještavanja javnosti, način provjere i osiguranja kvalitete podataka koji se dostavljaju i vode u registru, rok čuvanja očevidnika iz kojih su dostavljeni podaci i obavljanje stručnih poslova vođenja ROO.

Pravilnikom o registru postrojenja u kojima su prisutne opasne tvari i o očevidniku prijavljenih velikih nesreća propisuje se sadržaj i način vođenja Registra postrojenja u kojima su prisutne opasne tvari u smislu Uredbe kojom se uređuje sprječavanje velikih nesreća koje uključuju opasne tvari, sadržaj i način vođenja Očevidnika prijavljenih velikih nesreća, način na koji se dostavljaju podaci za registar te način na koji se dostavljaju podaci za očevidnik.

Uredbom o standardu kakvoće voda propisuje se standard kakvoće voda za površinske uključujući i priobalne vode i vode teritorijalnog mora te podzemne vode, posebni ciljevi zaštite voda, kriteriji za utvrđivanje ciljeva zaštite voda, uvjeti za produženje rokova za postizanje ciljeva zaštite voda, elementi za ocjenjivanje stanja voda, monitoring stanja voda i izvještavanje o stanju voda.

Uredbom o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari uređuje se popis vrsta opasnih tvari; način utvrđivanja količina, granične količine i kriteriji prema kojima se te tvari klasificiraju kao opasne; način podnošenja i obvezni sadržaj obavijesti o prisutnosti opasnih tvari u postrojenju; obvezni sadržaj Politike sprječavanja velikih nesreća; obvezni sadržaj Izvješća o sigurnosti, uvjeti za izdavanje suglasnosti na Politiku sprječavanja velikih nesreća, uvjeti za izdavanje suglasnosti na Izvješće o sigurnosti; obvezni sadržaj i način davanja suglasnosti na Izvješće o sigurnosti i Politiku sprječavanja velikih nesreća; uvjeti za produženje izdane suglasnosti na Politiku sprječavanja velikih nesreća i Izvješće o sigurnosti i rokove s tim u vezi; tajnost podataka; način i uvjeti za nadzor nad provedbom aktivnosti i mjera sukladno izdanoj suglasnosti na Izvješće o sigurnosti i Politiku sprječavanja velikih nesreća; posebne obveze operatera: u poduzimanju mjera za sprječavanje velikih nesreća, u slučaju značajne promjene u području postrojenja operatera, u slučaju velike nesreće, postupak i obveze u slučaju velike nesreće s prekograničnim učincima, drugi uvjeti i mjere za sprječavanje velikih nesreća u skladu s međunarodno priznatim standardima i propisima; sadržaj i način vođenja očevidnika o operaterima i njihovim područjima postrojenja koja mogu uzrokovati nesreće s domino-efektom.

Uredbom o odgovornosti za štete u okolišu uređuju se djelatnosti koje se smatraju opasnim za okoliš i/ili ljudsko zdravlje, kriteriji prema kojima se procjenjuje prijeteća opasnost i utvrđuje šteta u okolišu, najprikladnije mjere za otklanjanje štete u okolišu, njihova svrha i način odabira, način otklanjanja štete u okolišu (uključujući posebne uvjete glede pojedinih sastavnica okoliša, zaštićenih vrsta i prirodnih staništa), te način specificiranja troškova vezano za utvrđivanje i otklanjanje prijeteće opasnosti i štete u okolišu te postupak utvrđivanja mjera.

2.2. Planski dokumenti Republike Hrvatske

Osnovni planski dokumenti vezani uz problematiku iznenadnih onečišćenja površinskih voda su:

- Državni plan mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda (NN 5/11).
- Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.

Državni plan mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda je dokument kojim se utvrđuju mjere i postupci koji se poduzimaju u slučajevima izvanrednih i iznenadnih onečišćenja kopnenih voda uzrokovanih onečišćenjem s kopna. Državni plan

mjera odnosi se na onečišćenja kopnenih voda kojima se može ugroziti život i zdravlje ljudi kao i priroda i okoliš u cjelini, a primjenjuje se na teritoriju Republike Hrvatske u pogledu onečišćenja kopnenih voda. Državni plan mjera, među ostalim, sadržava procjenu mogućnosti i stupnja ugroženosti od iznenadnih i izvanrednih onečišćenja, mjere i postupke koji se poduzimaju u slučajevima izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda te u slučaju prekograničnih onečišćenja voda.

Vezano uz iznenadno onečišćenja voda, Državni plan mjera definira stupnjeve ugroženosti voda, koje se procjenjuju prema sljedećim kriterijima:

| | |
|--|--|
| <p>I. stupanj ugroženosti voda</p> | <ul style="list-style-type: none"> • u vode i vodni okoliš su dospjele manje količine opasnih i/ili drugih onečišćujućih tvari koje uzrokuju onečišćenje • brzo primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja • ne očekuju se veći negativni utjecaji na stanje voda i vodnog okoliša te na mogućnost korištenja voda za predviđene namjene • postupa se u skladu s nižim planovima mjera iz glave IV. ovoga Državnog plana mjera |
| <p>II. stupanj ugroženosti voda</p> | <ul style="list-style-type: none"> • u vode i vodni okoliš su dospjele veće količine opasnih i/ili drugih onečišćujućih tvari koje uzrokuju onečišćenje • brzo primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja, ali su ugrožena izvorišta vode za piće iz članka 90. stavka 1. Zakona o vodama ili korištenje voda za druge namjene • mogu se očekivati umjereno negativni utjecaji na stanje voda i vodnog okoliša te na mogućnost korištenja voda za predviđene namjene i po potrebi se proglašavaju mjere kojima se ograničava korištenje voda • postupa se u skladu s nižim planovima mjera iz glave IV. ovoga Državnog plana mjera |
| <p>III. stupanj ugroženosti voda</p> | <ul style="list-style-type: none"> • u vode i vodni okoliš su dospjele količine opasnih i/ili drugih onečišćujućih tvari koje mogu uzrokovati onečišćenje na širem području Republike Hrvatske s mogućim prekograničnim utjecajima • brzo primjenom potrebnih mjera može se spriječiti širenje onečišćenja, ali su ugrožena izvorišta vode za piće iz članka 90. stavka 1. Zakona o vodama ili korištenje voda za druge namjene • utjecaji na stanje voda i vodnog okoliša, kao i utjecaji na korištenje voda su izrazito negativni i potrebno je proglasiti mjere zabrane korištenja voda • postupa se u skladu s ovim Državnim planom mjera, glava VII., stavak 2. |

Plan upravljanja vodnim područjima za razdoblje od 2016. do 2021. godine (PUVP 16-21) donesen je Odlukom o donošenju Plana upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. (NN 66/16), na temelju Zakona o vodama kao novelacija prvog Plana upravljanja

vodnim područjima za razdoblje od 2013. do 2015. godine. PUVP 16-21 se sastoji od dvije komponente upravljanja vodnim područjima:

- I. **Upravljanje stanjem voda**, koje sadrži pregled stanja voda, sustava praćenja stanja vode, značajnih vodnogospodarskih pitanja te program mjera za upravljanje kakvoćom voda na vodnim područjima, odnosno rješavanje utvrđenih vodnogospodarskih pitanja;
- II. **Upravljanje rizicima od poplava**, koje sadrži zaključke prethodne procjene rizika od poplava, prikaz karata opasnosti i rizika od poplava, ciljeve za upravljanje rizicima od poplava te program mjera za ostvarivanje tih ciljeva.

Teritorij RH hidrografski pripada slivu Jadranskog mora i slivu Crnog mora, a PUVP-om je podijeljen na dva vodna područja (Slika 2.2.1):

- Vodno područje rijeke Dunav (VPD) i
- Jadransko vodno područje (JVP)

Vezano uz rizike od iznenadnih onečišćenja voda PUVP 16-21 predlaže mjere prevencije akcidentnih onečišćenja u kojem se prvenstveno poziva na Državni plan mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda, na Operativne planove mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda te na Plan intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora. Zaključno u PUVP-u 16-21 navodi se da se uspostavljeni sustav mjera prevencije i smanjenja utjecaja incidentnog onečišćenja može, načelno, ocijeniti dostatnim, uz odgovarajući i pravovremeni doprinos svih obveznika provedbe mjera. Također definiraju se konkretne mjere, prikazane u Tablici 2.2.1, iz čega treba izdvojiti tip mjere 21 26 MS, redni broj 5, što je ujedno i uporište za izradu predmetne studije:

Mjera 21 26 MS: Rizik od iznenadnog onečišćenja - Izvršiti procjenu rizika od iznenadnih onečišćenja za sva vodna tijela. Pri procjeni rizika uzeti u obzir potencijalne izvore iznenadnog onečišćenja na slivnom području vodnog tijela, utvrđeno stanje vodnog tijela, osjetljivost voda, pripadnost zaštićenom području i sl.

Tablica 2.1. Prikaz mjera prevencije akcidentnih onečišćenja (PUVP, 2016.)

| Ključni tip mjera | R.br. | Mjera | Tijelo nadležno za provedbu | Područje na koje se mjera odnosi | Djelatnost na koju se mjera odnosi |
|-------------------|-------|---|--|----------------------------------|------------------------------------|
| 21 26 MS | 1 | Donošenje operativnih planova - Propisana je obveza donošenja nižih planova mjera u roku od dvije godine od stupanja na snagu Državnog plana. | ministarstvo nadležno za vodu | RH | stanovništvo, industrija |
| 21 26 MS | 2 | Praćenje (monitoring) iznenadnih onečišćenja - U okviru Informacijskog sustava voda: - uspostaviti registar donesenih operativnih planova mjera - definirati sadržaj i uspostaviti registar iznenadnih onečišćenja voda, uključivo i informacija o načinu i uspjehu mjera pravovremenim izvješćivanjem. | Hrvatske vode | RH | stanovništvo, industrija |
| 21 26 MS | 3 | Razrada pravne osnove i metodologije za procjenu rizika od iznenadnih onečišćenja. | Hrvatske vode | RH | sve |
| 21 26 MS | 4 | Pregled stanja provedbe/održavanja mjera prevencije i smanjenja utjecaja iznenadnog onečišćenja - Uvesti redoviti pregled stanja provedbe/održavanja mjera prevencije i smanjenja utjecaja iznenadnog onečišćenja - Godišnji - za sve obveznike u slivnom području vodnih tijela na kojima je procijenjen visok rizik od iznenadnog onečišćenja ili umjeren rizik od iznenadnog onečišćenja za koje je utvrđeno da može imati prekogranični utjecaj - Trogodišnji - za sve ostale obveznike u slivnom području vodnih tijela na kojima je procijenjen umjeren rizik od iznenadnog onečišćenja - Pregled stanja provedbe/održavanja mjera prevencije i smanjenja utjecaja iznenadnog onečišćenja. | ministarstvo nadležno za vodu, Hrvatske vode | RH | sve |
| 21 26 MS | 5 | Rizik od iznenadnog onečišćenja - Izvršiti procjenu rizika od iznenadnih onečišćenja za sva vodna tijela. Pri procjeni rizika uzeti u obzir potencijalne izvore iznenadnog onečišćenja na slivnom području vodnog tijela, utvrđeno stanje vodnog tijela, osjetljivost voda, pripadnost zaštićenom području i sl. | JIVU, industrija | RH | stanovništvo, industrija |



Slika 2.1. Prikaz vodnih područja u Republici Hrvatskoj (PUVP, 2016.)

2.3. Direktive Europske unije (EU) i njihov prijenos u pravni poredak Republike Hrvatske

Zakonom o vodama se u pravni poredak RH prenose, među ostalim, sljedeće direktive EU (uključujući i njihove zadnje dopune i izmjene), a koje su mjerodavne za predmetnu problematiku:

- Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (**Okvirna direktiva o vodama**).
- Direktiva 2007/60/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2007. o procjeni i upravljanju poplavnim rizicima (**Direktiva o poplavama**).
- Direktiva Vijeća 91/271/EEZ od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda.
- Direktiva 2006/11/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 15. veljače 2006. o onečišćenju određenim opasnim tvarima koje se ispuštaju u vodni okoliš Zajednice.
- Direktiva 2006/7/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 15. veljače 2006. o upravljanju kakvoćom vode za kupanje.
- Direktiva 2006/44/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 6. rujna 2006. o kakvoći slatkih voda kojima je potrebna zaštita ili poboljšanje kako bi bile pogodne za život riba.
- Direktiva 2006/113/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 12. prosinca 2006. o potrebnoj kakvoći vode za školjkaše.
- Direktiva 2008/105/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2008. o standardima kakvoće okoliša na području politike voda.
- Direktiva Komisije 2009/90/EZ od 31. srpnja 2009. kojom se, sukladno Direktivi 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća, utvrđuju tehničke specifikacije za kemijsku analizu i praćenje stanja voda.
- Direktiva Vijeća 1998/83/EZ od 3. studenoga 1998. o kakvoći vode namijenjenoj za ljudsku potrošnju i Direktiva Komisije (EU) 2015/1787 od 6. listopada 2015. o izmjeni priloga II. i III. Direktivi Vijeća 98/83/EZ o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju.

Zakonom o zaštiti okoliša se u pravni poredak RH prenose, među ostalim, sljedeće direktive EU (uključujući i njihove zadnje dopune i izmjene), a koje su mjerodavne za predmetnu problematiku:

- Direktiva 2010/75/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 24. studenoga 2010. o industrijskim emisijama (Integrirano sprječavanje i kontrola onečišćenja), (**IED Direktiva**)
- Direktiva 2012/18/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 4. srpnja 2012. o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne tvari (**SEVESO-III Direktiva**)
- Direktiva 2004/35/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 21. travnja 2004. o odgovornosti za okoliš u pogledu sprječavanja i otklanjanja štete na okolišu

Zakonom o vodi za ljudsku potrošnju se u pravni poredak RH, među ostalim, prenosi Direktiva Vijeća 1998/83/EZ od 3. studenoga 1998. o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju i Direktiva Komisije (EU) 2015/1787 od 6. listopada 2015. o izmjeni priloga II. i III. Direktivi Vijeća 98/83/EZ o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju .

Zakonom o sustavu civilne zaštite se pravni poredak Republike Hrvatske prenosi Direktiva 2012/18/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 4. srpnja 2012. o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne tvari (**SEVESO-III Direktiva**).

Pravilnikom o registru onečišćavanja okoliša osigurava se provedba Uredbe (EZ) br. 166/2006 Europskog parlamenta i Vijeća od 18. siječnja 2006. o uspostavi Europskog registra ispuštanja i prijenosa onečišćujućih tvari i o izmjeni direktiva Vijeća 91/689/EEZ i 96/61/EZ (Tekst značajan za EGP) (SL L 33, 4. 2. 2006.) kako je posljednji put izmijenjena Uredbom (EU) 2019/1010 Europskog parlamenta i Vijeća od 5. lipnja 2019.

Pravilnikom o registru postrojenja u kojima su prisutne opasne tvari i o očevidniku prijavljenih velikih nesreća i Uredbom o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari se pravni poredak Republike Hrvatske također prenosi Direktiva 2012/18/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 4. srpnja 2012. o kontroli opasnosti od velikih nesreća koje uključuju opasne tvari (SEVESO-III Direktiva).

Uredbom o standardu kakvoće vode se, među ostalim, u pravni poredak RH prenose sljedeće direktive EU:

- Direktiva 2000/60/EZ Europskog parlamenta i Vijeća od 23. listopada 2000. o uspostavi okvira za djelovanje Zajednice u području vodne politike (Okvirna direktiva o vodama)
- Direktiva 2008/105/EZ Europskoga parlamenta i Vijeća od 16. prosinca 2008. o standardima kakvoće okoliša u području politike voda
- Direktiva Vijeća 91/676/EEZ Vijeća od 12. prosinca 1991. o zaštiti voda od onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla
- Direktiva Vijeća 91/271/EEZ od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda dopunjena Direktivom Komisije 98/15/EZ od 27. veljače 1998.
- Direktiva 2013/39/EU Europskog parlamenta i Vijeća od 12. kolovoza 2013. o izmjeni direktiva 2000/60/EZ i 2008/105/EZ u odnosu na prioritetne tvari u području vodne politike

Osim prethodno navedenih direktiva EU, pri provedbi aktivnosti ovog projekta poštivana su načela metodoloških pristupa (uz nužne prilagodbe) iz popratnih CIS vodiča:

- N° 3 - Analysis of Pressures and Impacts,
- N° 7 - Monitoring under the Water Framework Directive,
- N° 9 - Implementing the GIS Elements of the Water Framework Directive,
- N° 11 - Planning Processes,
- N° 12 - The Role of Wetlands in the Water Framework Directive,
- N° 20 - Exemptions to the environmental objectives,
- N° 21 - Guidance for reporting under the WFD,
- N° 22 - Updated WISE GIS guidance (Nov 2008),
- N° 28 - Preparation of Priority Substances Emissions Inventory,
- N° 35 - WFD Reporting Guidance,
- N° 34 - Water Balances Guidance (final version)

2.4. Međunarodni sporazumi i pripadajući protokoli

Republika Hrvatska je po pitanju suradnje na prevenciji i smanjenju prekograničnih utjecaja onečišćenja prihvatila (ratificirala) više konvencija i protokola. U nastavku se navode najznačajniji dokumenti vezani uz predmetnu problematiku.

- **Konvencija o procjeni utjecaja na okoliš preko državnih granica** (Espoo, 1991.). Objavljena je u 'Narodnim novinama - Međunarodni ugovori' (NN-MU) br. 6/96, stupila je na snagu u odnosu na Republiku Hrvatsku 10. rujna 1997.
- **Zakon o potvrđivanju Izmjene i dopune Konvencije o procjeni utjecaja na okoliš preko državnih granica**, Sofija 27. veljače 2001. i Izmjene i dopune Konvencije o procjeni utjecaja na okoliš preko državnih granica, Cavtat 4. lipnja 2004. Objavljen je u NN-MU br. 7/08, a Ispravak zakona u NN-MU br. 1/09.
- **Protokol o strateškoj procjeni okoliša** (Kijev, 2003.). Republika Hrvatska potpisala je Protokol 23. svibnja 2003., koji je usvojen i objavljen u NN -MU br. 7/09. Protokol je stupio na snagu u odnosu na Republiku Hrvatsku 11. srpnja 2010., a taj je datum objavljen u NN-MU br. 3/10.
- **Konvencija o prekograničnim učincima industrijskih akcidenata** (Helsinki, 1992.). Objavljena je u NN-MU br. 7/99, stupila je na snagu u odnosu na Republiku Hrvatsku 19. travnja 2000., a taj datum je objavljen u NN-MU br. 10/01.
- **Konvencija o pristupu informacijama, sudjelovanju javnosti u odlučivanju i pristupu pravosuđu u pitanjima okoliša** (Aarhus, 1998.). Objavljena je u NN-MU br. 1/07, stupila je na snagu u odnosu na Republiku Hrvatsku 25. lipnja 2007., a taj datum je objavljen u NN-MU br. 7/08.
- **Protokol o registrima ispuštanja i prijenosa onečišćavanja** (Kijev, 2003.), tzv. Protokol PRTR. Republika Hrvatska potpisala je Protokol 23. svibnja 2003., koji je usvojen i objavljen u NN - MU br. 4/08. Protokol je stupio na snagu u odnosu na Republiku Hrvatsku 8. listopada 2009., a taj datum je objavljen u NN-MU br. 13/11.
- **Konvencija o zaštiti i uporabi prekograničnih vodotoka i međunarodnih jezera** (Helsinki 1992.). Objavljena u NN-MU br. 4/96.
- **Protokol o vodi i zdravlju** (London 1999.). Objavljen u NN-MU br. 4/06.

Osim navedenih multilateralnih dokumenata u okviru kojih se uređuje suradnja na prevenciji i smanjenju prekograničnih utjecaja onečišćenja, RH je u području upravljanja

vodama sklopila četiri bilateralna sporazuma sa susjednim državama (Slovenijom, Mađarskom, Bosnom i Hercegovinom i Crnom Gorom).

2.5. Značenje pojmova vezanih uz rizike od iznenadnih onečišćenja

S obzirom da su zakoni i podzakonski akti nastali u različite vrijeme i u okviru različitih okruženja, u nastavku se daje pregled značenja glavnih pojmova koji su vezani uz rizike od iznenadnih onečišćenja površinskih voda.

Za početak treba napomenuti da je pojam rizika općenito definiran u okviru **Zakona o sustavu civilne zaštite** kao:

„odnos posljedice nekog događaja i vjerojatnosti njegovog izbijanja.“

Također u okviru **Zakona o sustavu civilne zaštite** pojam procjene rizika definiran je kao:

„određivanje kvantitativne i/ili kvalitativne vrijednosti rizika.“

U okviru **Uredbe o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari** pojma rizika definiran je kao:

„vjerojatnost određenog učinka događaja koji se može ostvariti u određenom vremenskom razdoblju ili određenim okolnostima.“

U okviru **Zakona o vodama** daje se specifično definicija rizika od poplava:

„kombinacija vjerojatnosti poplavnog događaja i potencijalnih štetnih posljedica poplavnog događaja za život, zdravlje i imovinu ljudi, okoliš, kulturno naslijeđe i gospodarsku aktivnost“

Slično tome, u **Zakonu o zaštiti okoliša** daje se specifično definicija rizika po okoliš:

„veličina koja se mjeri vjerojatnošću pojavljivanja događaja i potencijalom štete za okoliš koji taj događaj može uzrokovati“

Zakonu o vodama i Zakonu o zaštiti okoliša, kao i Odluka o proglašenju zakona o sustavu civilne zaštite, su u tom smislu usklađeni i definiraju rizik kao veličinu koja može

biti izražena kvalitativno ili kvantitativno, dok Uredba o sprječavanju velikih nesreća koje uključuje opasne tvari pojam rizika veže uz vjerojatnost.

Kada se govori o štetama, odnosno štetnim učincima ili posljedicama, također nailazimo na različite definicije.

Zakon o zaštiti okoliša pojam **štete u okolišu** (vezano uz vode) definira kao:

„svaka šteta nanesena vodama, a koja ima značajan negativan utjecaj na ekološko, kemijsko i/ili količinsko stanje ili ekološki potencijal voda, uključujući štetu nastalu u skladu s posebnim propisima iz područja vodnoga gospodarstva uz iznimku onoga što se po tim propisima smatra neodstupanjem od postizanja ciljeva zaštite voda,“

Također, **Zakon o zaštiti okoliša** definira i **učinke industrijske i velike nesreće** kao:

„sve neposredne ili posredne, trenutačne ili odgođene nepovoljne posljedice izazvane tim nesrećama na zdravlje i život ljudi, materijalna dobra i okoliš,“

Pritom, treba razlučiti što su industrijske, a što velike nesreće. **Zakon o zaštiti okoliša** pojam **velike nesreće** definira kao:

„događaj, odnosno nekontrolirana pojava izazvana velikom emisijom, požarom ili eksplozijom i sl. koji su uzrokovani nekontroliranim razvitkom događanja tijekom djelovanja u području postrojenja u kojem su prisutne opasne tvari te jedna ili više tih opasnih tvari i/ili njihovih spojeva nastalih zbog događaja, odnosno nekontrolirane pojave koji dovode u ozbiljnu trenutačnu ili odgođenu - naknadnu opasnost za ljudsko zdravlje i život, materijalna dobra i/ili okoliš unutar područja postrojenja i/ili izvan područja postrojenja,“

Isti pojam je vrlo slično definiran i u **Uredbi o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari**:

„događaj kao što je to velika emisija, požar ili eksplozija uzrokovan nekontroliranim razvojem događaja tijekom rada bilo kojeg područja postrojenja koje podliježe odredbama ove Uredbe i koji ozbiljno ugrožava zdravlje ljudi i/ili okoliša, neposredno ili s kasnijim učinkom, unutar ili izvan postrojenja te koji uključuje jednu

ili više opasnih tvari iz popisa u Prilogu I.A, odnosno iz popisa u Prilogu I.B ove Uredbe.“

Međutim pojam **velike nesreće** je također definiran i u **Zakonu o sustavu civilne zaštite**, s ponešto drugačijim pojmovima:

„događaj koji je prouzročen iznenadnim djelovanjem prirodnih sila, tehničko-tehnoloških ili drugih čimbenika s posljedicom ugrožavanja zdravlja i života građana, materijalnih i kulturnih dobara i okoliša na mjestu nastanka događaja ili širem području, čije se posljedice ne mogu sanirati samo djelovanjem žurnih službi na području njezina nastanka.“

S druge strane, pojam **industrijske nesreće** je uži pojam od velike nesreće i vezan je isključivo uz područja industrijskih postrojenja, a **Zakon o zaštiti okoliša** daje sljedeću definiciju:

„događaj koji je posljedica nekontroliranog slijeda događanja u tijeku neke radnje ili aktivnosti u području postrojenja, tijekom proizvodnje i/ili uporabe proizvoda, skladištenja i/ili rukovanja proizvodom ili odlaganja otpada,“

Također u kontekstu nesreća treba spomenuti i pojam **katastrofe**, koji je **Zakonom o sustavu civilne zaštite** definiran kao:

„stanje izazvano prirodnim i/ili tehničko-tehnološkim događajem koji opsegom, intenzitetom i neočekivanošću ugrožava zdravlje i živote većeg broja ljudi, imovinu veće vrijednosti i okoliš, a čiji nastanak nije moguće spriječiti ili posljedice otkloniti djelovanjem svih operativnih snaga sustava civilne zaštite područne (regionalne) samouprave na čijem je području događaj nastao te posljedice nastale terorizmom i ratnim djelovanjem.“

U okviru predmetnog projekta štete se prvenstveno vežu uz onečišćenja. Pojam **onečišćenje** najšire je definiran **Zakonom o zaštiti okoliša** kao:

„izravno ili neizravno unošenje, kao posljedica ljudske aktivnosti, tvari, vibracija, topline ili buke u zrak, vodu ili zemlju, što može biti štetno za zdravlje ljudi ili kvalitetu okoliša, može dovesti do oštećenja materijalne imovine ili narušiti ili umanjiti vrijednost i ostale legitimne načine korištenja okoliša,“

Zakonom o vodama daje se vrlo sličnu (iako nešto širu) definiciju onečišćenja:

„izravno ili neizravno unošenje tvari ili topline u vodu, zrak ili tlo izazvano ljudskom djelatnošću, što može biti štetno za ljudsko zdravlje ili kakvoću vodnih ekosustava ili kopnenih ekosustava izravno ovisnih o vodnim ekosustavima, koje dovodi do štete za materijalnu imovinu, remeti značajke okoliša, zaštićene prirodne vrijednosti ili utječe na druge pravovaljane oblike korištenja okoliša“

Vezano uz ovaj pojam, **Zakon o zaštiti okoliša** definira i onečišćavanje okoliša:

„promjena stanja okoliša uslijed nedozvoljene emisije i/ili drugog štetnog djelovanja, ili izostanaka potrebnog djelovanja, ili utjecaja zahvata koji može promijeniti kakvoću okoliša“

Također, ova temeljne zakona definiraju i onečišćujuće tvari, pa tako **Zakon o zaštiti okoliša** daje sljedeću definiciju:

„tvar ili skupina tvari, koje zbog svojih svojstava, količine i unošenja u okoliš, odnosno u pojedine sastavnice okoliša, mogu štetno utjecati na zdravlje ljudi, biljni i/ili životinjski svijet, odnosno bioraznolikost i krajobraznu raznolikost,“

a **Zakon o vodama** sljedeću definiciju:

„tvari koje mogu izazvati onečišćenje, a osobito tvari određene propisom iz članka 47. stavka 1. ovoga Zakona, uključujući opasne, prioritetne i druge onečišćujuće tvari“

Vezano uz pojam onečišćenja bitno je razlučiti pojmove iznenadnog onečišćenja i izvanrednog onečišćenja. **Zakon o Vodama** upućuje na **Državni plan za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda**. Pritom, u Zakonu o vodama pojam izvanredno onečišćenje je vezano uz smanjenje protoka ili druge okolnosti zbog kojih prijeti opasnost od pogoršanja kakvoće voda u vodnom tijelu, dok se pojam iznenadno onečišćenje veže su iznenadne slučajeve zbog kojih je nastala opasnost od onečišćenja vode.

Zakon o vodi za ljudsku potrošnju daje sljedeće definicije ovih pojmova:

„Iznenadno onečišćenje je nagli prodor štetnih i/ili opasnih tvari i/ili mikroorganizama u količinama koje mogu biti štetne ili opasne za zdravlje ljudi u vodocrpilište ili vodoopskrbne objekte, a posljedica je ljudske aktivnosti.“

*„**Izvanredno onečišćenje** je stanje nakon elementarne i druge nepogode ili nakon akcidentalnog onečišćenja voda koje nije posljedica ljudske aktivnosti, a proglašava ga nadležno tijelo državne uprave.“*

Ovim Zakonom je jasno definirano iznenadno onečišćenja kao posljedica ljudske aktivnosti, a izvanredno kao prirodna nepogoda ili druga pojava koja nije posljedica ljudske aktivnosti.

Zakon o sustavu civilne zaštite definira samo **izvanredni događaj** kao:

„događaj za čije saniranje je potrebno djelovanje žurnih službi te potencijalno uključivanje operativnih snaga sustava civilne zaštite.“

Iako treba napomenuti da ovaj Zakon pojam velike nesreće veže uz iznenadni događaj (vidi prethodnu stranicu).

Također treba napomenuti da **Pravilnik o registru onečišćavanja okoliša** definira **iznenadni događaj** kao:

„događaj, nastao prilikom odvijanja djelatnosti obuhvaćenih ovim Pravilnikom, a koji je posljedica nenamjernih aktivnosti i/ili nekontroliranog slijeda događaja“

a pojam **iznenadna ispuštanja** kao:

„sva ona ispuštanja nastala uslijed iznenadnog događaja odnosno koja nisu redovita i očekivana ispuštanja nastala uslijed rada postrojenja.“

Konačno, može se spomenuti i **Uredba o sprječavanju velikih nesreća koje uključuju opasne tvari** koja **iznenadni događaj** definira kao:

„događaj koji uključuje opasne tvari s posljedicama na zdravlje ljudi i/ili okoliš koji ne doseže kriterije iz Priloga VII. ove Uredbe.“

3. SAŽETAK STUDIJE ANALIZA RIZIKA OD IZNENADNOG ONEČIŠĆENJA VODA S NAJVAŽNIJIM REZULTATIMA

3.1. Polazište

Obzirom da su relevantni propisi iz pravnog okvira stvarani kroz duže razdoblje predloženo je usklađivanje temeljnih termina kojim se definira koncept rizika od akcidentnog onečišćenja kao međuodnosa **opasnosti od akcidentnog onečišćenja** (vjerojatnost događaja koji može imati štetne posljedice) i **osjetljivosti/ranjivosti/otpornosti** na akcidentno onečišćenje. Onečišćenje voda u vidu Akcidenta generalno obuhvaća kategorije velike nesreće koja uključuje opasne tvari, iznenadnog onečišćenja okoliša i onečišćenje sa plovila, onečišćenje uslijed prirodnog događaja poput elementarne nepogode, te onečišćenje uslijed nepredviđenih okolnosti.

3.2. Planiranje mjera prevencije i smanjenja utjecaja incidentnih onečišćenja

Planiranje mjera prevencije i smanjenja utjecaja incidentnih onečišćenja prema Zakonu o vodama prezentira se u sklopu Državnog plana mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda (NN, 82/11) kojeg donosi vlada RH. Plan se odnosi na onečišćenja putem kojih se može ugroziti zdravlje i život ljudi, kao i priroda i okoliš u cjelini. U planu je propisana obaveza donošenja nižih planova mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda, primjerice Operativni plan Hrvatskih voda. U Operativnom planu Hrvatskih voda treba biti sadržan: a) opis lokacije i okruženja, opis onečišćujuće tvari, maksimalna količina tih tvari, popis mogućih izvora opasnosti, te procjenu mogućih uzroka i opasnosti od onečišćenja voda, b) procjenu ugroženosti voda u slučaju onečišćenja voda, c) preventivne mjere za sprječavanje onečišćenja.

Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021. obuhvaćeni su svi relevantni izvori onečišćenja te je analiziran njihov kumulativni efekt na stanje voda. Provedbom procjene opterećenja voda i njihovog utjecaja na stanje voda posredno ukazuju na ugrožena područje i vrste opterećenja koje se mogu smatrati potencijalnim izvorom opasnosti od akcidentnog onečišćenja voda. Plan upravljanja vodnim područjima je temeljni izvor pouzdanih informacija temeljem kojih se uspostavlja okvir za provedbu politike upravljanja vodama. Obzirom na antropogene utjecaje na vode i procijenjeno

stanje voda potrebno je unaprjeđenje upravljanja rizicima od izvanrednog i iznenadnog onečišćenja kao značajnog koraka u prevenciji i smanjenju utjecaja onečišćenja. Osnovni skup informacija o **osjetljivosti** vodnog sustava na akcidentna onečišćenja čini uspostavljeni *tipološki sustav klasifikacije voda, procijenjeno stanje voda i proglašena zaštićena područja*.

Ekološko stanje voda je ovisno o nizu antropoloških i prirodnih čimbenika. Stoga je uvedena tipizacija površinskih voda i ocjenjivanje stanja voda s obzirom na relativno odstupanje od tip-specifičnih referentnih uvjeta. Za svaku kategoriju površinskih voda definirani su tipovi voda sa svojim specifičnim biološkim karakteristikama. Tipizacija tekućica provedena je na tekućicama sa slivnom površinom većom od 10 km². Na osnovi abiotičkih čimbenika u hrvatskoj hidrografskoj mreži razlučena su 24 tipa i 47 podtipova, a pokazalo se da se pojedinačni abiotički tipovi međusobno grupiraju. Time je definirano ukupno 28 abiotičkih tipova sa kojim je predstavljena operativna mreža tipova, koja se koristi za određivanje vodnih tijela i klasifikacijskih sustava specifičnih bioloških elemenata kakvoće za tipove tekućica, temeljem kojih se ocjenjuje ekološko stanje voda. Prema planu upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. Dužina tipiziranih tekućica iznosi 12844 km. Najzastupljeniji riječni tip je Nizinska mala tekućica sa glinovitim dnom (HR-R_2A) s udjelom od 25%.

Stanje tijela površinske vode određeno je njegovim ekološkim (kakvoća strukture i funkcioniranja vodnog ekosustava) i kemijskim stanjem (temeljem rezultata monitoringa prioriternih tvari u vodnom stupcu). Procijenjeno je da na 66% ukupne duljine vodotoka (8440 km) nije postignuto zadovoljavajuće ekološko stanje površinskih voda, a na oko 10% ukupne duljine vodotoka nije postignuto zadovoljavajuće kemijsko stanje.

3.3. Obveznici procjene rizika od incidentnog onečišćenja

Hrvatska agencija za zaštitu okoliša (današnji Zavod za zaštitu okoliša i prirode) i prirode objavila je izvod (popis) i registra postrojenja u kojima su prisutne opasne tvari (proizvodnja, korištenje, rukovanje, skladištenje), uključujući centre za gospodarenje otpadom. Oko 50 % prijavljenih postrojenja nalazi se na području grada Zagreba, te u istarskoj i primorsko-Goranskoj županiji. Pri tomu je 50% količine opasne tvari prijavljen u postrojenjima Primorsko-Goranske županije (90 % otpada na terminal Omišalj), te 20 % količine opasne tvari prijavljen u postrojenjima Sisačko - Moslavačke županije (95 % otpada na terminal Sisak). U registru prijavljena postrojenja većinom obavljaju djelatnost „47.30 Trgovina na malo motornim gorivima i mazivima u specijaliziranim prodavaonicama“

(preko 50%), uz napomenu da je tim postrojenjima samo oko 2% ukupne količine tvari. S druge strane, postrojenja koja obavljaju djelatnost „49.50 Cjevovodni transport“ prijavile su preko 60% ukupne količine opasnih tvari“.

Polazni izvor podataka za odabir relevantnog popisa pravnih i fizičkih osoba koji su obveznici vodoprivrednih dozvola za ispuštanje otpadnih voda ili objedinjenih uvjeta zaštite okoliša, a koji bi trebali biti uzeti u obzir pri procjeni rizika od iznenadnih onečišćenja, dan je u sklopu Plana upravljanja vodama 2016.-2021. Komunalni ispusti i ispusti tehnoloških otpadnih voda, te lokacije slatkovodne i morske akvakulture definirani su kao točkasti izvori opterećenja a kišni preljevi, odlagališta otpada, napuštene lokacije opterećene tehnološkim otpadom i eksploatacijska polja predstavljaju raspršene izvore onečišćenja.

Proračunato je ukupno onečišćenje stanovništva priključenih na komunalne sustave javne odvodnje uzimajući u obzir stupanj priključenosti stanovništva i pročišćavanja komunalnih otpadnih voda uz pretpostavljene faktore emisije i smanjenja onečišćenja na pripadnim UPOV-ima (Tablica 3.3.1). S druge strane, procjena tereta onečišćenja industrijskim tehnološkim vodama još uvijek nije potpuna u Planu upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. Svi korisnici prije ishodovanja vodopravne dozvole za ispuštanje otpadnih voda dužni su ispitati sastav otpadnih voda prema svim pokazateljima (analize obavljaju ovlašteni laboratoriji).

Izdano je 1379 vodopravne dozvole za ispuštanje tehnoloških i sličnih otpadnih voda (653 vezano uz proizvodne djelatnosti, 725 vezano uz uslužne djelatnosti). Na ispuštanje otpadnih voda u sustave javne odvodnje, uz obaveznu predobradu (uklanjanje onečišćujućih tvari koje mogu oštetiti ili ometati rad UPOV) otpada 61 % izdanih vodopravnih dozvola. U pripadnim tablicama dani su podaci o osnovnim pokazateljima opterećenja otpadnim vodama gospodarstva i karakteristikama tereta onečišćenja.

Za izvor podataka o odlagalištima otpada i napuštenim lokacijama visoko opterećenih tehnološkim otpadom (tzv. crne točke) korištena je baza podataka Hrvatske agencije za okoliš i prirodu (tablica 3.3.2).

Tablica 3.1. Teret onečišćenja od stanovništva na ispuštima sustava javne odvodnje i očekivano smanjenje opterećenja u odnosu na stupanj pročišćavanja komunalnih otpadnih voda prema Planu upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.

| Onečišćujuća tvar | Faktor emisije (g/sta/god) | Onečišćenje na ispustu u prijamnik (g/sta/god) | | | | |
|-------------------|----------------------------|--|-------------------|------------|------------|------------|
| | | Bez pročišćavanja | Prethodni stupanj | 1. stupanj | 2. stupanj | 3. stupanj |
| BPK ₅ | 21.900 | 21.900 | 21.900 | 17.520 | 6.570 | 1.095 |
| KPK | 40.150 | 40.150 | 40.150 | 30.113 | 10.038 | 6.023 |
| Ukupni N | 3.212 | 3.212 | 3.212 | 2.923 | 2.088 | 964 |
| Ukupni P | 748 | 748 | 748 | 673 | 599 | 150 |
| Kadmij | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,0175 |
| Bakar | 6,54 | 6,54 | 6,54 | 1,962 | 1,962 | 0,3924 |
| Živa | 0,018 | 0,018 | 0,018 | 0,0054 | 0,0054 | 0,0050 |
| Olovo | 0,79 | 0,79 | 0,79 | 0,316 | 0,316 | 0,079 |
| Nikal | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,35 | 0,35 | 0,21 |
| Cink | 10,29 | 10,29 | 10,29 | 3,09 | 3,09 | 1,85 |
| Antracen | 0,000705 | 0,000705 | 0,000705 | 0,0002118 | 0,0002118 | 0,0002118 |
| Fluoranten | 0,025 | 0,025 | 0,025 | 0,001334 | 0,001334 | 0,001334 |

Tablica 3.2. Osnovni podaci o odlagalištima otpada i napuštenim lokacijama visoko opterećenih tehnološkim otpadom (tzv. crne točke)

| | | |
|--|----------------------------------|---|
| osnova za procjenu | metodologija za procjenu emisija | za skup onečišćujućih tvari koje se mogu očekivati u vodama |
| 301 službeno odlagalište komunalnoga otpada od čega 146 aktivnih. Do kraja 2012. godine dovršena je sanacija na 113 odlagališta, u tijeku je bila na 51 odlagalištu, a u pripremi na 138 odlagališta | nema | identificirano: antracen, fluoranten, naftalen, PAH, benzen, PBDE, kadmij, živa, olovo, nikal, DEHP, heksaklorobenzen, heksaklorobutadien, heksaklorocikloheksan, pentaklorobenzen, pentaklorofenol i triklorobenzeni |
| osnova za procjenu | metodologija za procjenu emisija | skup onečišćujućih tvari koje se mogu očekivati u vodama |
| 13 lokacija koje zauzimaju ukupnu površinu od oko 710.000 m ² . Do kraja 2012. godine sanirane su 4 lokacije, 6 ih je u procesu sanacije a za 3 lokacije sanacija je u pripremi | | Podaci o vrstama, količinama, mjestu nastanka i načinu gospodarenja otpadom nisu potpuni ni pouzdani za sve lokacije crnih točaka. Od evidentiranih onečišćujućih tvari najviše su zastupljeni policiklički aromatski ugljikovodici (PAH) s 29%, slijede teški metali s 23%, zatim klorirani ugljikovodici, mineralna ulja i aromatski ugljikovodici (BTEX) s po 12% te azbestni otpad i fosfogips s po 6%. |

3.4. Prijedlog metodologije za procjenu rizika od iznenadnih onečišćenja

Za potrebe sistematizacije i konzistentnosti daju se ključni pojmovi sa svojim definicijama:

Opasnost (eng. *Hazard*) je pogibeljna pojava, tvar, ljudska aktivnost ili stanje koje može uzrokovati gubitak života, ozljede ili druge zdravstvene utjecaje, oštećenja imovine, gubitak sredstava za život i usluga, socijalne i gospodarske poremećaje ili oštećenja okoliša.

Tehnološka opasnost je opasnost uzrokovana tehnološkim ili industrijskim stanjima, uključujući nesreće, opasne postupke, kvarove infrastrukture ili specifične ljudske aktivnosti koje mogu uzrokovati gubitak života, ozljede, bolesti ili druga zdravstvena stanja, oštećenja imovine, gubitke sredstava za život i usluga, društvene i gospodarske poremećaje ili oštećenja okoliša.

Izloženost (engl. *Exposure*) - Ljudi, imovina, okoliš, sustavi i drugi elementi prisutni u zonama opasnosti koji su time podložni potencijalnim gubicima.

Ranjivost (engl. *Vulnerability*) - Karakteristike i okolnosti ljudske zajednice, okoliša, sustava ili sredstava koji ih čine podložnim štetnim posljedicama opasnosti.

Rizik (engl. *Risk*) je kombinacija posljedica događaja (opasnosti) i povezanih vjerojatnosti pojave.

Posljedice (engl. *Consequences*) su negativne posljedice katastrofe izražene stanovništvom, ekonomskim i ekološkim utjecajima te političkim/društvenim utjecajima.

Otpornost (engl. *Resilience*) je sposobnost sustava, zajednice ekosustava ili društva izloženog opasnostima da se odupre, apsorbira, prilagodi i oporavi od učinaka opasnosti na pravodoban i učinkovit način, uključujući i očuvanje i obnovu bitnih osnovnih struktura i funkcija.

Važno je napomenuti da se havarija na postrojenjima/instalacijama priključenim na sustav javne odvodnje sa UPOV promatra na način **da dolazi do izlivanja ukupne količine onečišćenja u prijemnik.**

U **identifikaciji rizika** nepostizanja dobrog stanja voda **uslijed iznenadnog onečišćenja** tretira se ispuštanje onečišćujuće tvari u okoliš uslijed havarije ili nepravilnog postupanja na instalaciji ili transportnom sredstvu (tehnološka ili unutarnja opasnost). U širem kontekstu akcidentnog onečišćenja postoje i opasnosti od: a) Ispiranja ili ispuštanja

onečišćujućih tvari u okoliš iz instalacije ili prijevoznog sredstva **uzrokovano poplavom** i b) ispuštanja onečišćujućih tvari u okoliš iz instalacije u koncentracijama većim od dozvoljenih **uslijed nepovoljnih malovodnih prilika** (prirodna opasnost).

Ranjivost/otpornost ovisi o trajanju i intenzitetu izloženosti onečišćenju te osjetljivosti pojedinih ekoloških tipova, a intenzitet i trajanje onečišćenja ovisi o procesima razrjeđenja uslijed nejednolikosti toka uzduž vodotoka, kemijskim procesima, razgradnji, adsorpciji itd. Uvođenjem pojedinih pretpostavki i generalizacija moguće je provesti dostatno pouzdanu procjenu relativnih odnosa rizika za pojedina vodna tijela, a time i izbor prioritarnih mjera i aktivnosti koje doprinose smanjenju rizika.

Opća karakteristika za model procjene rizika je temeljena na postulatu da je rizik jednak umnošku vjerojatnosti pojave i intenziteta izazvane štetne posljedice ($R = p \cdot I$). Postoje tri karakteristična elementa koji se promatraju: a) izvor rizika (instalacija skladište, transportno sredstvo ili druga karakteristična lokacija na kojoj se nalaze potencijalno onečišćujuće tvari), b) put (hidrološki sustav kojim se ispušteno onečišćenje pronosi), c) primatelj rizika (vodno tijelo sa sebi svojstvenom osjetljivošću/otpornošću na prispjelo onečišćenje). Za razliku od kontroliranog ispuštanja iznenadno onečišćenje predstavlja neprihvatljiv rizik u većoj ili manjoj mjeri. Također treba voditi računa da je vodno tijelo izloženo štetnim posljedicama iz više izvora rizika koji mogu imati različite vjerojatnosti inicijacije događaja te mogu obuhvaćati jednu ili više štetnih tvari.

3.5. Izvori onečišćenja

Vjerojatnost incidentnog (iznenadnog) onečišćenja uslijed havarije (p_H) se procjenjuje na osnovu baze podataka o postojećim havarijama te na osnovu modela za procjenu rizika (*Fault tree*, *Event tree*). Obzirom na dostupnost podataka predlaže se preuzimanje literaturnih podataka za vjerojatnost pojave neželjenog događaja te izostavljanje analize pojedinih kemijskih spojeva (tretman ukupne količine tvari temeljem stručne procjene ili iz javno dostupnih podataka)

Incidentno onečišćenje uslijed poplava generira štetne utjecaje koji se mogu kvantificirati kroz definiranje količine iznenadnog onečišćenja uslijed poplave (V_P) kao postotka od ukupno uskladištene količine štetnih tvari. Postotak se određuje iz krivulje šteta koja je definirana u okviru projekta Danube Flood Risk. Dakle, tijekom poplavnog događaja udio „ispranog“ incidentnog onečišćenja u odnosu na ukupnu uskladištenu

količinu odgovara postotku očitano iz krivulje za dubinu definiranu kartama opasnosti od poplava.

Incidentno onečišćenje **uslijed nepovoljnih malovodnih hidroloških prilika** može se pojaviti u slučaju pojave protoka manjeg od graničnog, a pri čemu se ne ostvaruje potreban stupanj razrjeđenja onečišćenja u samom recipijentu. **Za proračun količine incidentnog onečišćenja (V_s)** koje se ne razrjeđuje u dovoljnoj mjeri predlaže se primjena srednjeg protoka malovodnog razdoblja sa trajanjem 30 dana i povratnog perioda 20 godina (vjerojatnost 0.05) te primjena trokutnog hidrograma mjerodavnog sušnog razdoblja.

3.5.1. *Pronos (put) onečišćenja*

Pretpostavlja se da je put kretanja onečišćenja duž mreže vodotoka je jednak **bez obzira na vodnost u trenutku ispuštanja**. Odstupanje od ove pretpostavke pojavljuje se samo u zonama velikih sustava obrane od poplava (npr. sustav obrane od poplava Srednja Sava). Također se pretpostavlja da **reakcijski procesi** (adsorpcije, razgradnje itd.) imaju minorno značenje i **moгу se zanemariti**, čime je cijeli proračun na strani sigurnosti zbog očuvanja ukupne mase onečišćenja.

Obzirom da ne postoje istraživanja sa rezultatima temeljem kojih bi se mogao usporediti utjecaj kratkotrajnih onečišćenja većih koncentracija sa dugotrajnim onečišćenjem manjih koncentracija, te obzirom da se analize provode na planskom nivou, **utjecaj difuzije se zanemaruje**.

Obzirom da se proces pronosa pojavljuje u praktički beskonačnom broju mogućih okolišnih i hazard scenarija, te da trenutak havarije nije ovisan o sezoni, **za mjerodavni protok se predlaže protok trajanja 50%**.

Ukoliko se promatra pojava **incidentnog onečišćenja uslijed poplave i nepovoljnih malovodnih hidroloških prilika** mjerodavni protok je bitno različit od protoka trajnosti 50% vremena. Obzirom na cijeli niz neizvjesnosti i nepoznanica o specifičnim uvjetima na potencijalno analiziranim slivovima predlaže se definiranje korelacijskih odnosa vezanih na $Q_{50\%}$ za pojedina vodna područja (temeljem podataka sa hidroloških stanica sa dovoljno dugim nizovima registriranih podataka). Na isti način se predlaže odrediti protoke potrebne za izračun incidentnog onečišćenja uslijed nepovoljnih malovodnih hidroloških prilika.

3.5.2. Ranjivost i otpornost vodnog tijela

Za definiranje mjere ranjivosti i otpornosti ekosustava bitna su dva čimbenika: a) karakteristike ekosustava (ekotipova) i b) zaštićena područja (područja namijenjena za zahvaćanje vode za ljudsku potrošnju, područja određena za zaštitu gospodarski važnih vodenih vrsta, vodna tijela za rekreaciju, područja određena za zaštitu staništa). Radi svojih karakteristika i prostornog obuhvata predlaže se područja osjetljiva na hranjive tvari (nitrata), uključujući i područja određena kao ranjive zone sukladno direktivi 91/676/EEZ (Direktiva Vijeća od 12. prosinca 1991. o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora) i područja određena kao osjetljiva područja sukladno Direktivi 91/271/EEZ (Direktiva Vijeća od 21. svibnja 1991. o pročišćavanju komunalnih otpadnih voda) isključiti iz analize.

Zbog kompleksnosti procesa i nemogućnosti uspostave preciznih odnosa i odjeljivanja ranjivosti i otpornosti sa opterećenjem, a imajući u vidu da je osnovna namjena proračun rizika a ne simulacija stvarnog ekološkog i kemijskog stanja vodotoka, za proračun se predlaže definiranje mjere otpornosti koja u sebi sadrži implicitno i ranjivost, kao indeksa koji omogućuje relativno pouzdanu usporedbu vodnih tijela (r - indeks otpornosti vodnog tijela, c_{gr} - granična vrijednost koncentracije dobrog stanja ekotipa vodnog tijela za BPK_5 , ZP - broj vrsta relevantnih zaštićenih područja kojim pripada vodno tijelo 0-4):

$$r = \frac{c_{gr}}{\left(1 + \frac{ZP}{4}\right)} \quad (1)$$

Otpornost r definirana na ovaj način vrijedi za sve vrste izvora onečišćenja i sve kategorije voda a odabrani parametar dobrog stanja voda (BPK_5) nema apsolutno značenje nego predstavlja „mjeru“ osjetljivosti pojedinog ekotipa na incidentno onečišćenje bilo kojeg kemijskog sastava.

3.5.3. Neželjene posljedice

Predlaže se korištenje odnosa količine incidentnog onečišćenja i otpornosti vodnog tijela, imajući u vidu razblaženje koje nastaje uslijed promjene protoka duž sliva, pa vrijedi (V - ukupna količina incidentnog onečišćenja uslijed havarije (indeks H) ili poplave (indeks P) vjerojatnosti pojave p ili malovodnih hidroloških prilika (indeks S) vjerojatnosti pojave p):

$$I_{H,k} = \frac{1}{Q_{50\%}} \frac{V_{H,k}}{r} \quad (2)$$

$$I_P(p) = \frac{1}{Q_{max,p}} \frac{V_P(p)}{r} \quad (3)$$

$$I_S(p) = \frac{1}{Q_{min,p}} \frac{V_S(p)}{r} \quad (4)$$

Otpornost ovisi samo o karakteristikama vodnog tijela odnosno njegovom ekološkom tipu i broju vrsta zaštićenih područja. Bez obzira na scenarij havarije koji se promatra, protok je konstantan i odgovara protoku 50% trajanja. Za slučaj poplave i nepovoljnih malovodnih hidroloških prilika, protok ovisi o vjerojatnosti pojave koja se analizira. Protoci se odnose na lokaciju vodnog tijela.

3.5.4. Procjena rizika

Temeljem prethodno iznesenih pretpostavki i koncepta procjena rizika se proračunava temeljem sljedećih izraza:

$$R_H = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^o p_{H,j,k} I_{H,i,j,k} = \frac{1}{r Q_{50\%}} \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^o p_{H,j,k} V_{H,j,k} \quad (5)$$

$$R_P = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \int_0^1 I_{P,i,j}(p) dp = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^m \int_0^1 \frac{V_{P,j}(p)}{Q_{max,p}} dp \quad (6)$$

$$R_S = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \int_0^1 I_{S,i,j}(p) dp = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^m \int_0^1 \frac{V_{S,j}(p)}{Q_{min,p}} dp \quad (7)$$

$$R_U = R_H + R_P + R_S \quad (8)$$

Gornjim jednadžbama je provedena integracija indikatora jačine negativnih posljedica cijelim prostorom vjerojatnosti pa se u osnovi rizik može promatrati kao osrednjena ili očekivana veličina negativne posljedice na jednom vodnom tijelu tijekom jedne godine. Obzirom na uvedene pretpostavke i pojednostavljenja ovako proračunati rizik nema smisla prikazivati u apsolutnim vrijednostima, no obzirom da su uzeti u obzir najvažniji procesi i parametri može biti relativno pouzdano korištene na planskom nivou za potrebe odabira prioritarnih aktivnosti kako na smanjenju rizika tako i na definiranju najvažnijih područja za daljnja unapređenja same metodologije.

3.5.5. Prikaz rezultata procjene rizika

Predlaže se korištenje uobičajene matrice rizika za prikaz rezultata procjene rizika. Može se smatrati da je relativna vjerojatnost događaja vrlo velika (približno 50%), a rizik odgovara prosječnoj negativnoj posljedici, pa se primijenjena matrica rizika može skalirati primjenom izraza $RI = 5 \cdot R_{ij} / R_{ij, \max}$ uz kvalitativnu mjeru rizika: a) Vrlo visoki rizik za $RI > 3$, b) visoki rizik za $2 > RI > 3$, c) umjeren rizik za $1 > RI > 2$ i d) nizak rizik za $RI < 1$.

4. PODACI O AKTIVNOSTIMA NARUČITELJA VEZANIM NA IZNENADNA ONEČIŠĆENJA VODA

4.1. Analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda (Ecosolutions, 2017.)

Studija „Analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda“ završena je 2017. godine (Ecosolutions, 2017.), a izrađena je s ciljem ispunjavanju aktivnosti iz programa mjera u usvojenom Planu upravljanja vodnim područjima 2016.-2021. Ovom studijom dane su osnove za procjenu rizika od iznenadnih onečišćenja voda. Važno je napomenuti da je u sklopu ove studije provedena samo analiza osnovnih elemenata i okvira za procjenu rizika, bez krajnje realizacije u smislu konkretne procjene rizika. Bitni elementi ove studije (Ecosolutions, 2017.) su identifikacija najznačajnijih izvora rizika od incidentnog onečišćenja (incidentno onečišćenje uslijed havarije, incidentno onečišćenje uslijed poplave i incidentno onečišćenje uslijed nepovoljnih malovodnih hidroloških prilika), te izneseni metodološki pristup u analizi izvora onečišćenja, pronosa-puta onečišćenja, ranjivosti i otpornosti vodnog tijela, neželjenih posljedica, te procjene rizika i načina prikaza rezultata procjene rizika. Sažetak o predloženoj metodologiji u sklopu studije „Analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda“ završena je 2017. godine (Ecosolutions, 2017.) dan je u prethodnom (trećem) poglavlju ovog izvještaja.

4.2. Registar onečišćenja voda (Hrvatske vode)

Ova podloga je dobivena od strane Naručitelja (Hrvatske vode). U registru su navedena mjesta i vrijeme onečišćenja (sa parcijalnim navodima koordinata u HTRS sustavu), onečišćivač, objekt, uzrok onečišćenja sa klasifikacijom (1-13), onečišćujuća tvar sa procijenjenom količinom, naziv ugroženog vodnog tijela i opis onečišćenja. Uneseni podaci se odnose na razdoblje 2002.-2021. Potrebno je napomenuti da registrirane situacije onečišćenja u registru imaju širi kontekst od ono koji je primarni interes ovog projekta. Tako se za „uzrok onečišćenja“ i/ili „opis onečišćenja“ navode i malovodne hidrološke prilike (šifra 11) a koje pripadaju kategoriji izvanredna onečišćenja, a ne iznenadnih onečišćenja. Također se napominje da je značajni dio prijavljenih situacija onečišćenja vezan uz male količine onečišćujuće tvari (0,1 m³), ili uz onečišćenje mora, što nije od podatkovnog značaja za potrebe provedbe ovog projekta.

4.3. Ostale aktivnosti i istraživački projekti na području RH

4.3.1. Projekt „PEPSEA“

Projekt PEPSEA, punog naziva Protecting the Enclosed Parts of the Sea in Adriatic from pollution (Povećanje stupnja zaštite zatvorenih dijelova mora od onečišćenja), provela je Šibensko-kninska županija putem INTERREG Programa prekogranične suradnje Italija - Hrvatska. Provedba projekta je započela 01. siječnja 2019., a trajanje projekta je bilo 30 mjeseci. Ukupna vrijednost projekta PEPSEA iznosila je 2,9 milijuna eura. Nositelj projekta bila je Agencija za razvoj Zadarske županije ZADRA NOVA.

Glavni cilj projekta PEPSEA bio je povećanje stupnja zaštite mora i priobalja od onečišćenja s brodova, platformi i kopnenih izvora onečišćenja te zaštita načina života stanovništva uz obalno područje Jadranskog mora uz očuvanje biološke raznolikosti jadranske regije. U iznjedrenom planu intervencije uključena je prevencija, hitne intervencije i mjere oporavka za sprječavanje onečišćenja kada je to moguće i smanjenje posljedica ako se onečišćenje ne može izbjeći. Stvoren je Registar zatvorenih dijelova mora koji su podložni opasnostima onečišćenja te je razvijena metodologija za izradu detaljnih planova intervencija uz razvoj tehnologije za učinkovito čišćenje onečišćenja mora u zatvorenim dijelovima mora. Provedbom ovog projekta i dobivenim rezultatima povećana je sigurnost programskog područja - Jadranskog mora, od prirodnih katastrofa i katastrofa uzrokovanih ljudskim djelovanjem, uz posljedičnu prednost za sektor ribarstva i turizma, a s primjenjivim referentnim modelom.

U sklopu projekta nabavljena je i oprema za nadzor, među kojom su i dronovi kojima se nadzire zadarski akvatorij u skladu s najnovijim tehnologijama. Oprema je na raspolaganju Operativnom centru Zadarske županije za provedbu plana intervencija kod iznenadnih onečišćenja mora u Zadarskoj županiji.

4.3.2. Projekt „MUHA“

Projekt MUHA, punog naziva Multihazard Framework for Water Related Risks Management (Okvir za upravljanje rizicima od višestrukih opasnosti vezanih uz vode), provodilo je na području RH Hrvatski geološki institut i Istarski vodovod u okviru Interreg ADRIAN programa prekogranične suradnje. Provedba projekta započela je 1. ožujka 2020., a završila 31. kolovoza 2022. godine. Ukupna vrijednost projekta MUHA iznosila je 2,4 milijuna eura.

Projekt MUHA usmjeren je upravljanju vodnih sustava tijekom rizika od hazarda ili tijekom samog hazarda, to su onečišćenja, poplave, suše i potresi. Projektne aktivnosti rezultirat će izradom harmoniziranog akcijskog plana, metoda i alata kao odgovarajućih mehanizama u slučaju hazarda, radi poboljšanja Plana sigurnosti voda (Water Safety Plan). Glavni cilj je izrada jedinstvenog Plana uzbunjivanja i mehanizama postupanja uslijed hazarda usklađenog za cijelu Jadransko-jonsku regiju, usklađujući time protokole Stožera civilnih zaštita, opskrbljivača vodom i nacionalnih tijela zaduženih za upravljanje vodama.

Glavni cilj projekta MUHA bila je povećanje kapaciteta transnacionalnog pristupa rješavanju potencijalnih problema ranjivosti okoliša i očuvanja ekosustava u jadransko-jonskom području. U okviru projekta MUHA analiziran su četiri tipa rizika povezana s vodnim resursima i različitim opasnostima, kao što su iznenadno (akcidentalno) onečišćenje, poplave, suše i oštećenje kritične infrastrukture uslijed potresa. Projektne aktivnosti rezultirale su izradom harmoniziranog akcijskog plana, metoda i alata kao i odgovarajućih mehanizama u slučaju opasnosti, radi poboljšanja Plana sigurnosti voda (Water Safety Plan). Glavni cilj projekta je bila izrada jedinstvenog Plana uzbunjivanja i mehanizama postupanja uslijed prethodno spomenutih opasnosti usklađenog za cijelu Jadransko-jonsku regiju, usklađujući time protokole Stožera civilnih zaštita, opskrbljivača vodom i nacionalnih tijela zaduženih za upravljanje vodama.

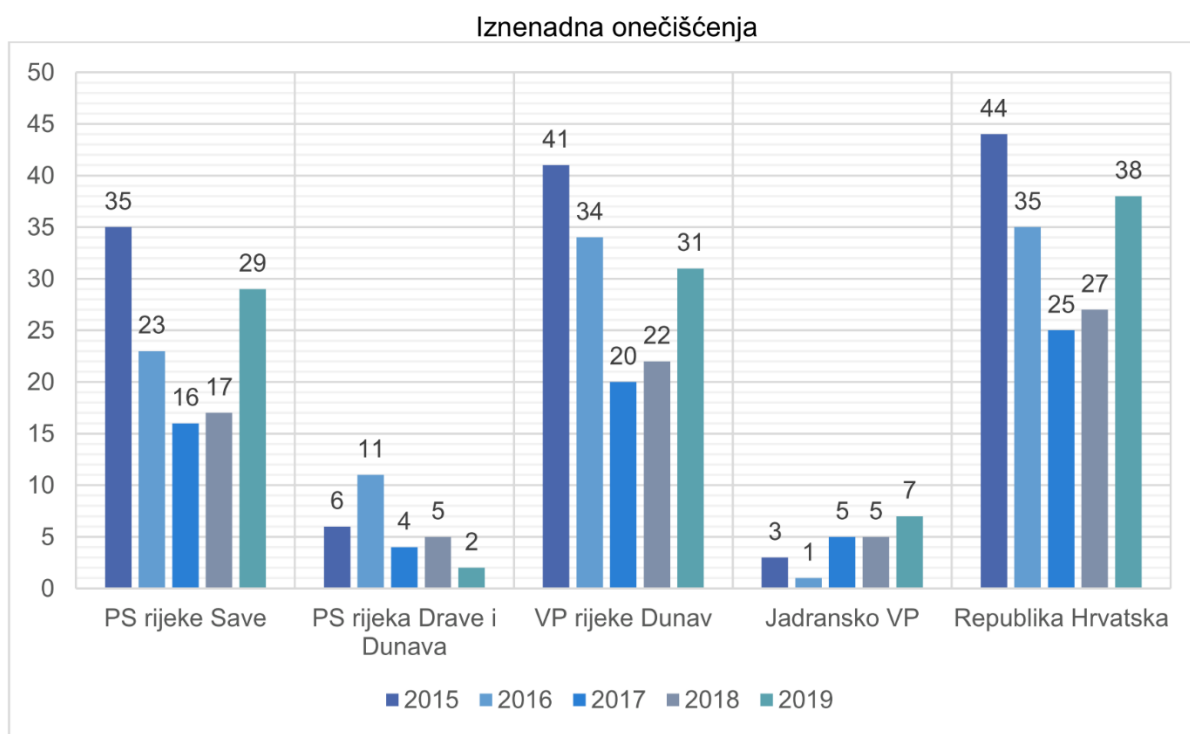
4.4. Nacrt plana upravljanja vodnim područjima 2022.-2027.

Za potrebe definiranja vjerojatnosti havarija u sklopu prijedloga metodologije za procjenu rizika od iznenadnih onečišćenja moguće je korištenje podataka iz Nacrta plana upravljanja vodnim područjima 2022.-2027. (poglavlje 1.2.12 Ostali izvori opterećenja, podpoglavlje „Izvanredna i iznenadna onečišćenja voda“). Izneseno je da je tijekom razdoblja 2015. do 2019. godine zabilježeno je 213 onečišćenja voda (prosječno 39 onečišćenja godišnje). Od toga se 169 (cca 80 %) odnosi na iznenadna, a 44 na izvanredna onečišćenja zbog nepovoljnih hidroloških prilika i niskog vodostaja došlo do smanjenog protoka i manjka kisika, a uslijed velikih kiša i odrona te dizanja mulja s dna vodotoka je došlo do pogoršanja ekološke funkcije voda. Presentirani su i podaci o Broju provedenih intervencija sanacije izvanrednih i iznenadnih onečišćenja u razdoblju 2015. - 2019. po godina i vodnim područjima (PS rijeke Save i PS rijeka Dunava i Drave, te VP rijeke Dunav i Jadransko VP), a kako je to prikazano u tablici 4.4.1.

Najčešći poznati uzrok onečišćenja voda su otpadne vode iz građevina sustava javne ili interne odvodnje, havarija skladišta, spremnika i pogona te ispiranju radnih

površina i bazena te ispuštanja industrijskih otpadnih voda. Zabilježen je vrlo mali broj prekograničnih onečišćenja i to u 2018. i 2019. godini (2 i 1 respektivno). Od ukupnog broja registrirane pojave iznenadnog onečišćenja (169 u 5 godišnjem razdoblju promatranja) u 72 slučaja iznenadnih onečišćenja bilo je potrebno angažiranje ovlaštenih tvrtki za sanaciju nastalog onečišćenja (prosječno 15 puta godišnje).

U razdoblju 2015. - 2019. godini 23 puta je proglašen prvi (I) stupanj ugroženosti, a 2 puta je proglašen drugi (II) stupanj ugroženosti. Uvidom u detaljniju strukturu podataka sa podjelom broja incidentnih situacija po izvorima (privatni posjedi - naftni derivati, farme, prekogranično, puknuća produktovoda, ilegalno odlaganje, havarije skladišta ili pogona, promet, komunalne otpadne vode i industrijske otpadne vode), kao i geografskim pozicijama nastupa incidentnih situacija, moći će se definirati potrebne vjerojatnosti nastupa incidentnih situacija.



Slika 4.1. Broj provedenih intervencija sanacije iznenadnih onečišćenja u razdoblju 2015. - 2019. godina prema Nacrtu plana upravljanja vodnim područjima 2022.-2027. (Hrvatske vode, 2022.)

Tablica 4.1. Broj provedenih intervencija sanacije izvanrednih i iznenadnih onečišćenja u razdoblju 2015. - 2019. prema Nacrtu plana upravljanja vodnim područjima 2022.-2027. (Hrvatske vode, 2022.)

| | Podsliv rijeke Save | | Podsliv rijeka Dunava i Drave | | Vodno područje rijeke Dunav | | Jadransko vodno područje | | Republika Hrvatska | |
|--------|---------------------|-----------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------|-----------|
| | izvanredna | iznenadna | izvanredna | iznenadna | izvanredna | iznenadna | izvanredna | iznenadna | izvanredna | iznenadna |
| 2015. | 3 | 35 | 1 | 6 | 4 | 41 | 1 | 3 | 5 | 44 |
| 2016. | 3 | 23 | 9 | 11 | 12 | 34 | 3 | 1 | 15 | 35 |
| 2017. | 2 | 16 | 3 | 4 | 5 | 20 | 1 | 5 | 6 | 25 |
| 2018. | 4 | 17 | 2 | 5 | 6 | 22 | 2 | 5 | 8 | 27 |
| 2019 | 7 | 29 | 2 | 2 | 9 | 31 | 1 | 7 | 10 | 38 |
| Ukupno | 19 | 120 | 17 | 28 | 36 | 148 | 8 | 21 | 44 | 169 |
| | 139 | | 145 | | 184 | | 29 | | 213 | |

5. METODOLOGIJE DRUGIH RELEVANTNIH PROCJENA I ISTRAŽIVANJA

Posljednjih godina česti su događaji iznenadnog onečišćenja voda i u velikim svjetskim slivovima, a što dovodi do propadanja okoliša i smanjenja ili gubitka uporabne vrijednosti velike količine vodnih resursa (Han i Huang, 2010.; Ai i Liu, 2013.). Osim toga, ozbiljno se ugrožava i sigurnost vodoopskrbe, te se direktno povećava i rizik od ugrožavanja zdravlja ljudi.

Tijekom prethodna dva desetljeća provedena su relativno opsežna istraživanja o procjeni rizika od neiznenadnog onečišćenja površinskih voda, dok sa druge strane postoji relativno malo istraživanja vezanih uz procjenu rizika od iznenadnog onečišćenja površinskih voda, poglavito uslijed havarija. U nizu recentnih literaturnih referenci analiziraju se rizici iznenadnog onečišćenja otvorenih vodotoka uslijed pojave trenutnog-iznenadnog upuštanja onečišćenja u vodni recipijent (Jao i sur., 2022.; Liu i sur., 2013.; Liu i sur., 2018; Yang i sur., 2018.; Hou i sur., 2014.; Zhang i sur., 2011.), no bez analize havarija (i pripadnih vjerojatnosti) s kojima dolazi do inicijacije unosa onečišćenja.

Za površinske vode postoji nekoliko metodologija kojima se prikazuje rizik onečišćenja površinskih voda. Uglavnom su razvijeni s ciljem definiranja rizika od neiznenadnog onečišćenja površinske vode. Uspostavljene metodologije su:

- (a) Metodologija projekta **ECOMAN** (Harum i sur., 2004.), koja definira osjetljivost (podložnost) površinskih voda na onečišćenje na temelju pet ulaznih varijabli: pokrov zemljišta, nagib, tlo, riječna mreža i urbana distribucija. Karta procjene ranjivosti površinskih voda na onečišćenje kombinira se s kartom opasnosti i kartom izvora onečišćenja, što rezultira potencijalnom kartom rizika površinskih voda na onečišćenje,
- (b) Metodologija koju koristi Kalifornijski odjel za zdravstvene usluge (**CDHS**), uzima u obzir lokaciju izvora pitke vode, razgraničenje područja izvora i zaštitnih zona, učinkovitost fizičke barijere pitke vode i popis mogućih kontaminirajućih aktivnosti i rizika (osjetljivosti) izvora pitke vode na kontaminaciju (CDHS, 2000.),
- (c) **USGS** metodologija (razvijena za državu Sjevernu Karolinu), metoda je indeksiranja za ocjenjivanje karakteristika sliva (Eimers i sur., 2000.),

- (d) **WRASTIC** indeks, omogućuje procjenu osjetljivosti (podložnosti) sliva na onečišćenje površinskih voda u bilo kojem hidrogeološkom okruženju na temelju glavnih karakteristika sliva i korištenja zemljišta (NMED/DWB, 2000.),
- (e) Metodologija Plana zaštite voda (**WSP**) predložena od strane svjetske zdravstvene organizacije (WHO) i Međunarodnog društva za vode (IWA) za upravljanje rizicima od onečišćenja voda za isporučitelje vodnih usluga predlaže polu-kvantitativni pristup procjeni rizika na temelju vjerojatnosti onečišćenja i razine posljedica (Bartram, 2009.),
- (f) Metodologija za identifikaciju okolišnog izvora rizika za iznenadna onečišćenja voda (**WPRS**) predložena je od strane Kineske istraživačke akademije okolišnih znanosti (CRAES), a sastoji se od pet korak u okviru kojih se procjenjuje izvor rizika, doseg utjecaja i osjetljivost receptora (Peng i sur., 2013.),
- (g) Metodologija kartiranja okolišnog rizika od iznenadnog onečišćenja (**EPARM**) predložena od grupe autora (Liu i sur., 2013.) za procjenu rizika od onečišćenja za gradska područja definira rizik kao kombinaciju opasnosti od onečišćenja i ranjivosti receptora,
- (h) Metodologija procjene rizika od iznenadnih onečišćenja na razini sliva (**WAPRA**) predložen od grupe autora (Liu i su., 2018.) koji su razvili i EPARM metodologiju za gradska područja, a sastoji se od pet korak: definicija podslivova, analiza pritiska i receptora koristeći višestruke kriterije, uspostava konceptualnog modela, analiza izloženosti i posljedica te proračun razine rizika za svaki podsliv.

U sklopu prethodno navedenih pristupa (metodologija) ranjivost se učestalo koristi kao pojam koji ustvari ima značenje rizika, obzirom da pojedini autori (Diamentino i sur., 2005.) radije koriste termin ranjivosti u situacijama koje predstavljaju samo intrinzične karakteristike prirodne sredine (sastavnice okoliša), određujući vjerojatnost da će pojedina okolišna sastavnica biti pod negativnim utjecajem onečišćenja. Kao opća definicija, rizik se može definirati i kao superpozicija dvaju čimbenika koje je moguće zasebno karakterizirati kao: a) ranjivost ekološke sastavnice i b) opasnost (izloženost) onečišćujućim tvarima koja se mogu pojaviti u okolišu uslijed ljudske aktivnosti. Većina metoda razvijenih za karakterizaciju rizika već kombinira ova dva aspekta u svojoj formulaciji. Pretpostavljajući ovu interakciju, moguće je imati visoku ranjivost, ali ne i rizik onečišćenja ako nema značajnog opterećenja onečišćujućim tvarima, i obrnuto.

WRASTIC indeks koristi vrlo jednostavne značajke koje se ponderiraju s obzirom na njihov utjecaj na onečišćenje površinskih voda i izračunava jedinstvenu vrijednost za cijelo područje. Rang osjetljivosti na onečišćenje uzima u obzir samo tri kategorije, tj. visoku, umjerenu i nisku osjetljivost. Time je konačni rezultat ove metode indikativna vrijednost osjetljivosti (podložnosti). Ova se metoda može poboljšati u pogledu usvojenih značajki korištenjem podraspona i prikladnijih ocjena. USGS metoda daje bolji prikaz potencijala onečišćenja površinskih voda obzirom na primjenu robusnijeg i detaljnijeg skupa informacija, a također omogućuje prostornu distribuciju rizika od onečišćenja.

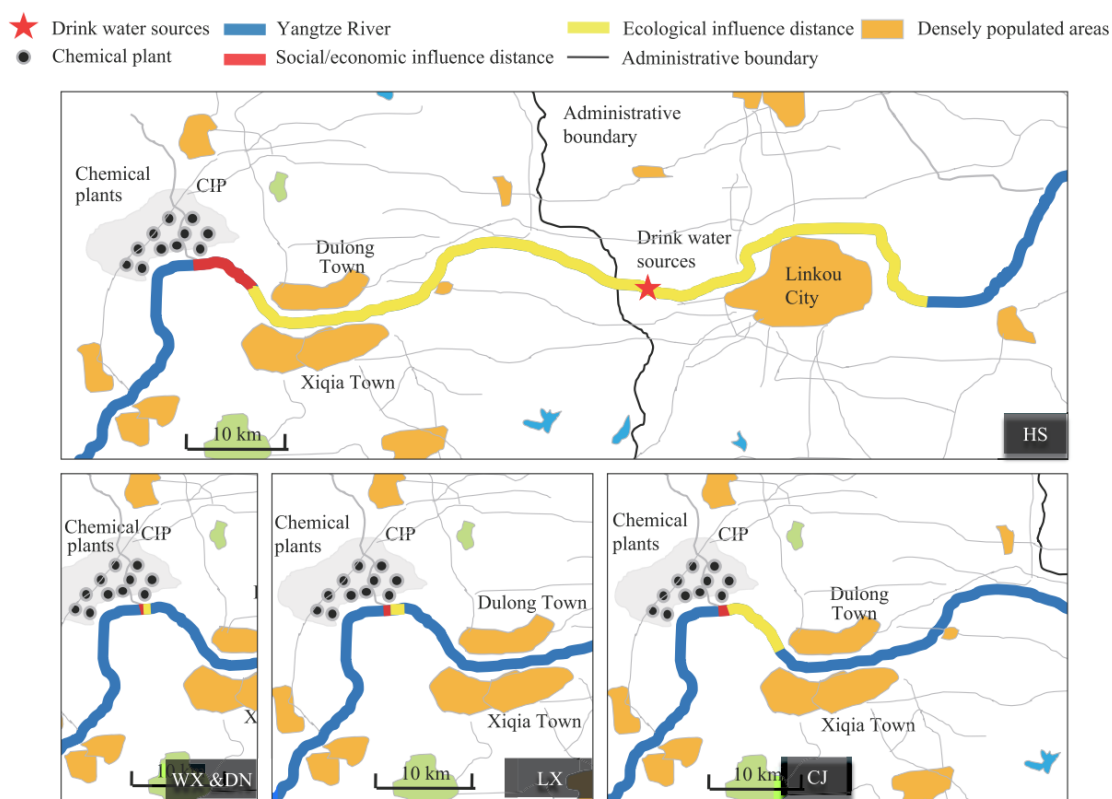
WSP metodologija (Bertram, 2009.) predlaže dva pristupa procjeni rizika od onečišćenja vode za ljudsku potrošnju: a) pojednostavljeni kvalitativni pristup koji uključuje ekspertnu procjenu rizika i b) polu-kvantitativni pristup procjeni rizika koji uključuje korištenje matrice rizika. U pojednostavljenom pristupu ekspertni tim direktno daje ocjenu rizika kao značajnog, nejasnog ili neznatnog (zanemarujući i opasnost i ranjivost). U polu-kvantitativnom pristupu za svaki element vodoopskrbnog sustava (zahvati vode, akumulacije, uređaji za kondicioniranje, distribucijska mreža, itd.) daje se ocjena vjerojatnosti onečišćenja (vrijednosti od 1-5) te ocjena posljedice (također vrijednosti od 1-5). Na temelju vjerojatnosti i posljedice ocjenjuje se razina rizika (niska, umjerena, visoka ili vrlo visoka). Primjer matrice rizika iz SWP metodologije dan je na slici 5.5.1.

| | | Severity or consequence | | | | |
|-------------------------|---|--|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|
| | | Insignificant or no impact - Rating: 1 | Minor compliance impact - Rating: 2 | Moderate aesthetic impact - Rating: 3 | Major regulatory impact - Rating: 4 | Catastrophic public health impact - Rating: 5 |
| Likelihood or frequency | Almost certain / Once a day - Rating: 5 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| | Likely / Once a week - Rating: 4 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 |
| | Moderate / Once a month - Rating: 3 | 3 | 6 | 9 | 12 | 15 |
| | Unlikely / Once a year - Rating: 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| | Rare / Once every 5 years - Rating: 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Risk score | | <6 | 6-9 | 10-15 | >15 | |
| Risk rating | | Low | Medium | High | Very high | |

Slika 5.1. Matrica rizika za polu-kvantitativni pristup procjeni rizika (Bartram, 2009).

WPRS metodologija (Peng i sur., 2013.) primjenjuje se na vodna tijela, a sastoji se od pet korak u okviru kojih se procjenjuje izvor rizika od onečišćenja, doseg utjecaja i osjetljivost receptora (slika 5.5.2). U prvom koraku provodi se preliminarna procjena izvora rizika, u drugom koraku se daje ocjena vjerojatne maksimalne havarije, u trećem se

provodi proračun doseg utjecaja onečišćenja, u četvrtom se procjenjuju posljedice i u petom koraku se daje ocjena tri razine rizika za pojedine segmente vodnih tijela (niska razina, srednja razina ili visoka razina).



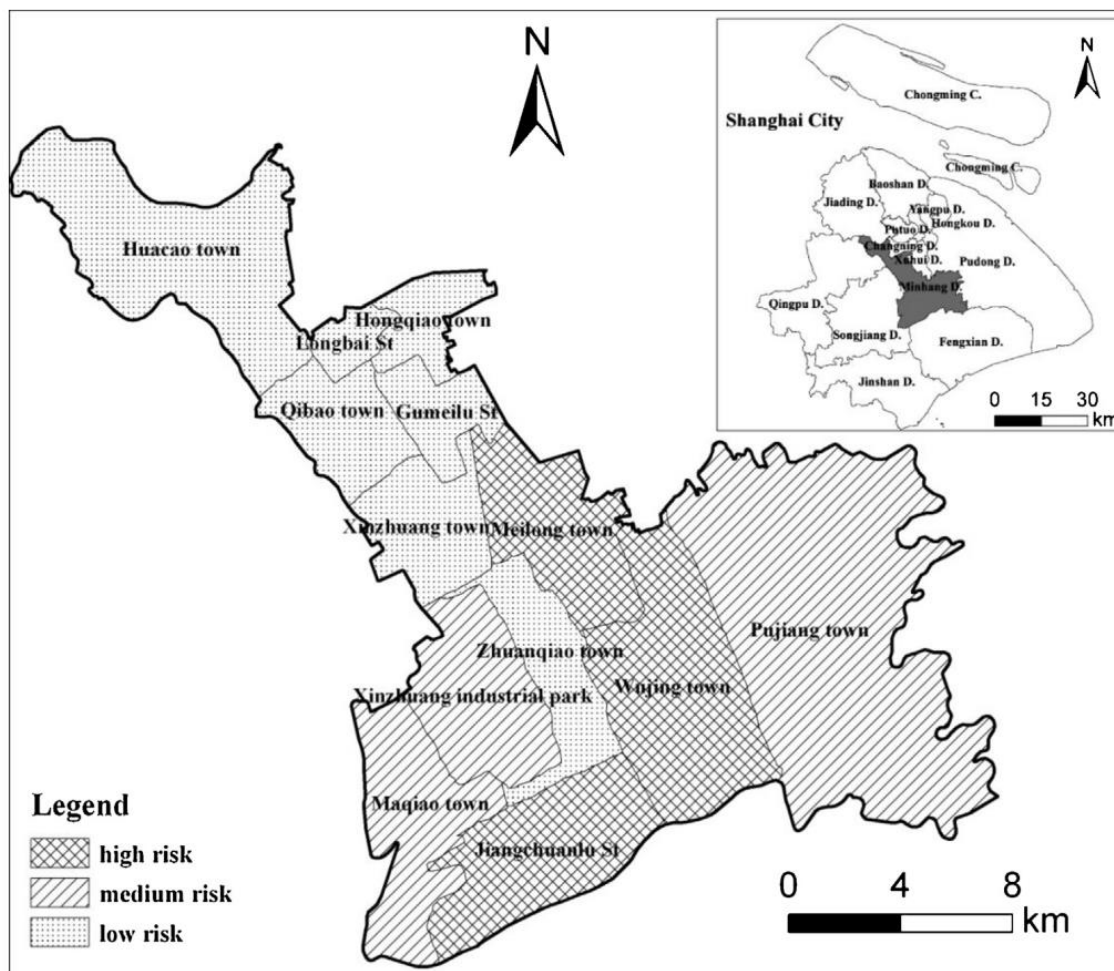
Slika 5.2. Primjer rezultata analize rizika od onečišćenja vodnih tijela prema WPRS metodologiji (Peng i sur., 2013.).

EPARM metodologija (Liu i sur., 2013.) definirana je za urbana područja, a okolišni rizik definiran je kao kombinacija opasnosti od onečišćenja i ranjivosti receptora (slika 5.5.3). Pritom, procjena opasnosti zanemaruje vjerojatnost pojave, a sastoji se od ocjene:

- karakteristika potencijalnih izvora onečišćenja (svojstva i količine skladištenih opasnih tvari, stanje opreme, starost infrastrukture i izloženost prirodnim katastrofama),
- kontrole potencijalnih izvora onečišćenja (nadzor, održavanje opreme, kontrolni sustav, sustav upravljanja okolišem, mjere sigurnosti, sustav postupanja u slučaju nesreće),
- kontrolnih sustava (lokalni planovi postupanja u slučaju nesreće te opremljenost službi za hitne intervencije).

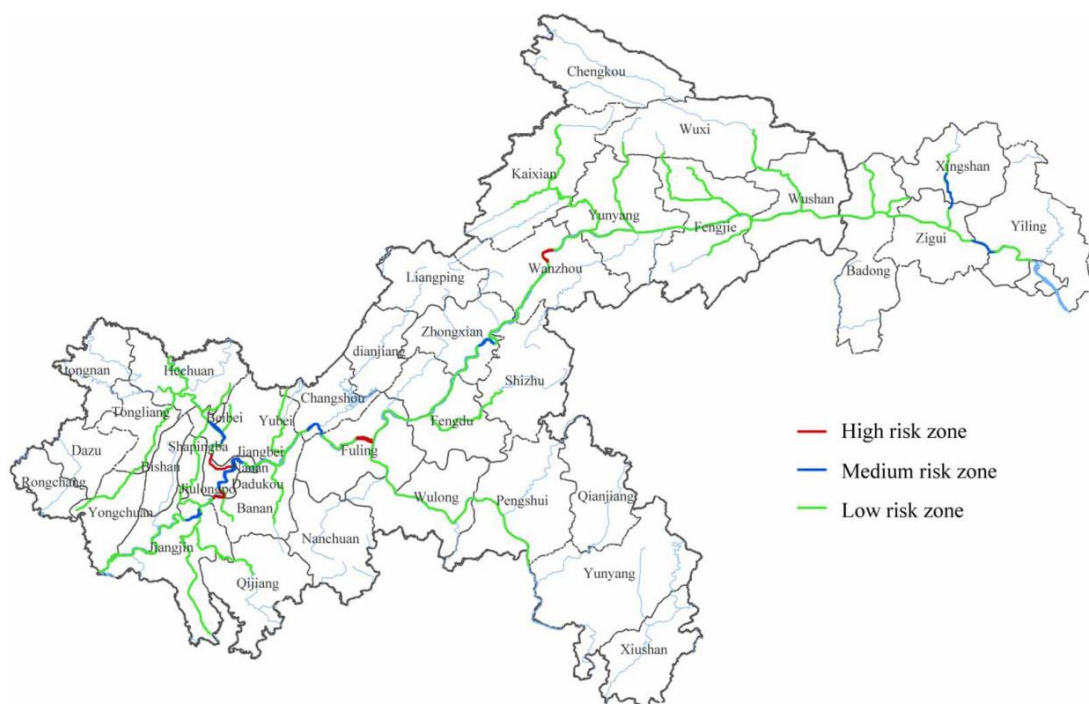
Procjena ranjivosti vodnih tijela sastoji se od ocjene:

- izloženosti (gustoća stanovništva, blizina naselja i industrijskih postrojenja, stupanj zaštite pitke vode),
- prilagodbe (BDP po stanovniku, sustav zdravstvene zaštite).



Slika 5.3. Primjer rezultata procjene okolišnog rizika za urbana područja prema EPARM metodologiji (Liu i sur., 2013.).

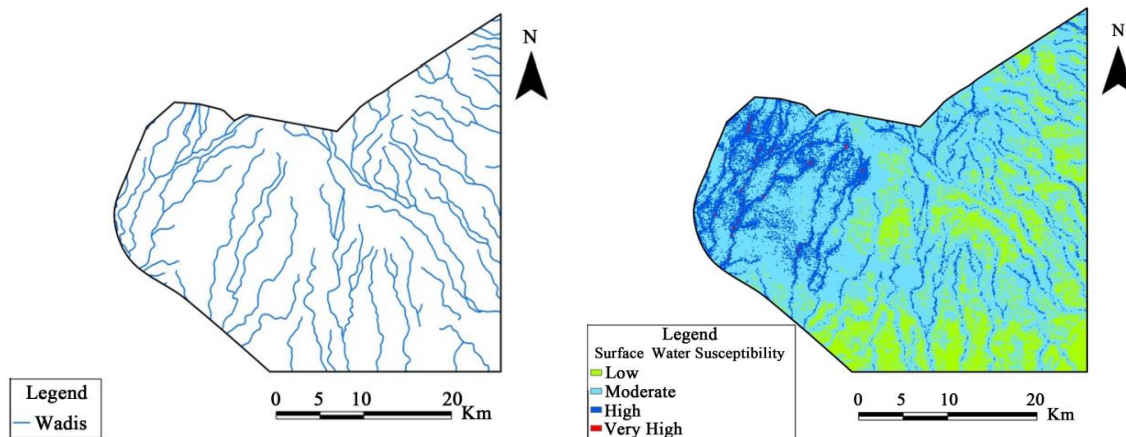
U radu Li i sur. (2015.) predložena je slična metodologija u okviru koje se procjenjuje rizik od iznenadnih onečišćenja za vodna tijela na razini sliva kombiniranjem izvora rizika, kontrole rizika i osjetljivosti/ranjivosti recipijenta pomoću višekriterijalne analize. Izvor rizika procjenjuje se na osnovu geografske lokacije i tipa izvora onečišćenja te svojstva i količine opasnih tvari. Kontrola rizika procjenjuje se na osnovu ocjene sustava kontrole skladištenja opasnih tvari, kontrole stanja infrastrukture (cijevi sustavi), kontrole ranžiranje vode te preventivnih mjera. Ranjivosti recipijenta ocjenjuje se na osnovu geografske lokacije osjetljivih područja te tipa i veličine vodnih tijela. Rizik se ocjenjuje za svako vodno tijelo kao zona niskog, umjerenog ili visokog rizika.



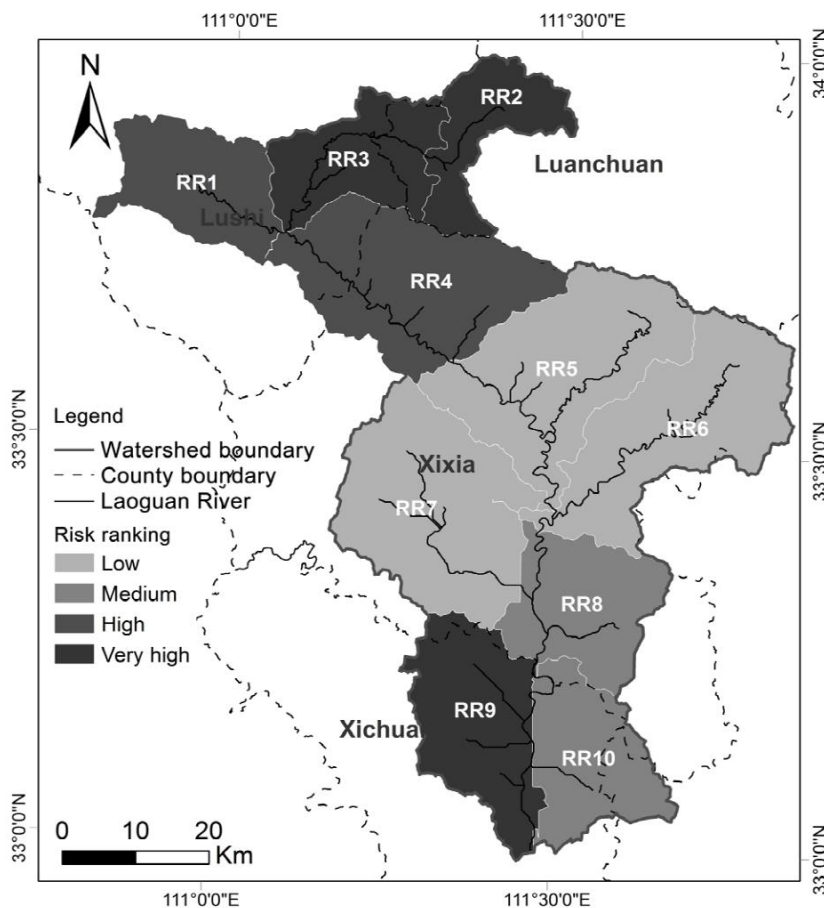
Slika 5.4. Primjer rezultata procjene rizika od iznenadnih onečišćenja za vodna tijela na razini sliva (Li i sur., 2015.).

U radu Al-Adamat i sur. (2017.) prezentirani su rezultati istraživanja sa ciljem razvoja novog GIS indeksa za istraživanje osjetljivosti (podložnosti) površinskih voda na onečišćenje (SWSi). U ovom indeksu, korištena je Weighted Linear Combination (WLC) tehnika unutar GIS okruženja za izračun ukupne osjetljivosti (podložnosti) površinskih voda na rezultate onečišćenja površinskih otvorenih vodotoka na temelju korištenja 6 faktora (3 prirodna i 3 vezana na čovjekove aktivnosti): nagib terena, udaljenost do vodotoka, glinoviti pokrov tla, udaljenost do poljoprivrednih zemljišta, udaljenost do urbanih područja i udaljenost do prometnica. Svakom faktoru dodijeljena je odgovarajuća ponderirana vrijednost, a zatim je izračunat i konačni SWSi indeks (slika 5.5.5).

U radu Liu i sur. (2018) predložena je WAPRA metodologija za procjenu rizika od iznenadnog onečišćenja voda na razini sliva. WAPRA je nadogradnja na model relativnog rizika (RRM) (Landis, 2005.), a sastoji se od pet korak: definicija podslivova, analiza pritiska i receptora koristeći višestruke kriterije, uspostava konceptualnog modela, analiza izloženosti i posljedica te proračun razine rizika za svaki podsliv. Pritom, razina rizika se računa kao umnožak razine opasnosti i razine ranjivosti te koeficijenta izloženosti i posljedica te se konačno klasificira kao niski, umjereni, visoki ili vrlo visoki rizik (slika 5.5.6).

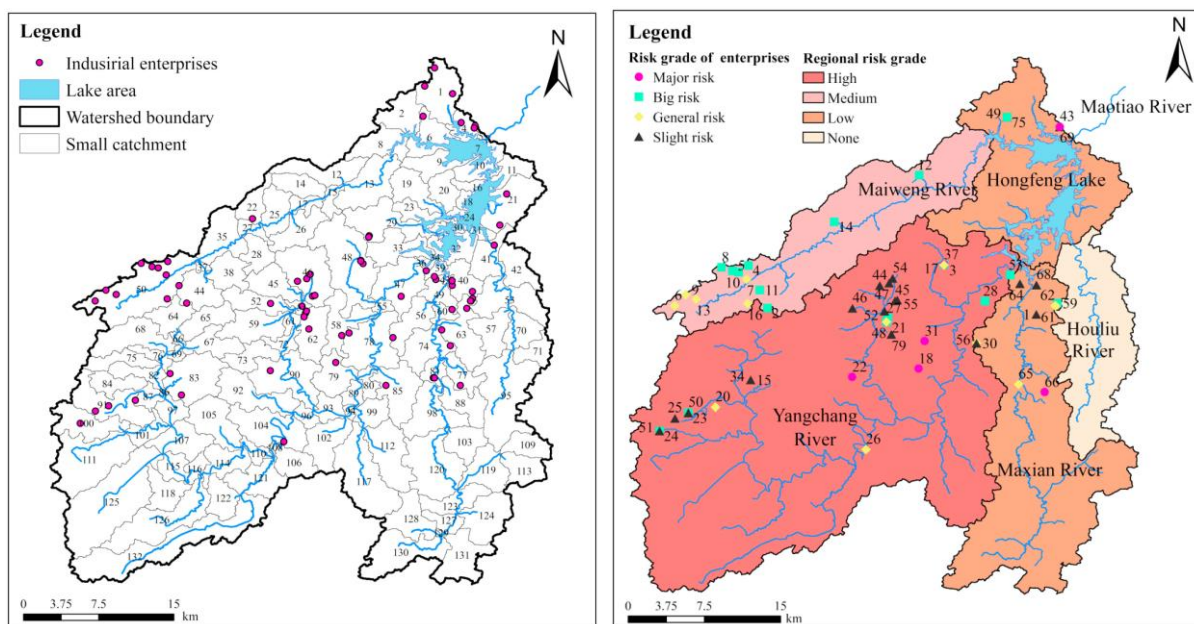


Slika 5.5. Primjer rezultata procjene indeksa podložnosti površinskih voda onečišćenju SWSi (Al-Adamat i sur., 2017.).



Slika 5.6. Primjer rezultata WAPRA metodologije za procjenu rizika od iznenadnog onečišćenja voda na razini sliva (Liu i sur., 2018.).

Recentna istraživanja kreću se u smjeru tranzicije sa kvalitativnih procjena rizika prema kvantifikaciji rizika. U radu Tian i sur. (2019.) predložena je metodologija za procjenu okolišnih rizika od iznenadnih onečišćenja vezanih uz izvore pitke vode na razini sliva. Razina opasnosti definirana je u skladu sa Seveso-III Direktivom s obzirom na A i B tipove opasnih tvari. Razina ranjivosti definira je s obzirom na korištenje voda za ljudsku potrošnju i povezana je s brojem korisnika/stanovnika i količinom zahvaćene vode. Primjetan napredak postignute je u kvantifikaciji pronosa/puta onečišćenja. Naime, ranjivost je kvantificirana koristeći hidrološke (SWAT) i hidrauličke model (MIKE 11), a slično prethodnim studijama svakom podslivu dodjeljuje se neznatna, niska, umjerena ili visoka razina rizika (slika 5.5.7). Treba naglasiti da je ovakav pristup primjeren za analize na razini sliva, ali je korištenje hidroloških i hidrauličkih modela prezahtjevno za primjenu na nacionalnoj razini.



Slika 5.7. Primjer rezultata procjene regionalnog rizika od onečišćenja voda na razini sliva (Tian i sur., 2019.).

U složenoj perspektivi rizici iznenadnog onečišćenja površinskih voda se mogu okarakterizirati i dvostrukom neizvjesnošću, odnosno neizvjesnosti vremena događanja (vjerojatnost) i neizvjesnosti ozbiljnih posljedica uzrokovanih događajem (gubici) (Dura i sur., 2006.). Procjena rizika je kvalitativna i kvantitativna analiza rizika u sustavu, a prilikom procjene rizika analizira se vjerojatnost i ozbiljnost rizika. Stoga je potrebno riješiti dva problema vezana uz procjenu rizika od iznenadnog onečišćenja voda. Prvi je kako opisati nesigurnost vezanu uz trajanje ispuštanja izvora rizika, a drugi je kako

kvantificirati nesigurnost ozbiljnih posljedica izazvanih incidentim izlivanjem iz izvora rizika. Jedna metoda karakterizacije nesigurnosti ne može u potpunosti razmotriti rizike na razini cjelokupnog vodnog okoliša zbog postojanja raznih nesigurnosti u samom sustavu vodnog okoliša. Stoga iznalaženje načina za učinkovito rješavanje raznih nesigurnosti u vodnim sustavima predstavlja izazov u novijim znanstvenim istraživanjima (kombinacije stohastičkih, neizrazitih (fuzzy), sivih i drugih metoda procjene rizika za iznenadno onečišćenje vode ; Dayong i sur., 2019.).

Ovom prilikom se još jednom navodi bitna referenca studija „Analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda“ (Ecosolutions, 2017.), koja je ustvari ključan dokument za uspostavu metodologije procjene rizika od iznenadnog onečišćenja voda uslijed havarija u sklopu ovog projekta. Budući da su detalji o predloženoj metodologiji u sklopu ove reference već dani u prethodnom poglavlju, ovdje se neće ponovno navoditi.

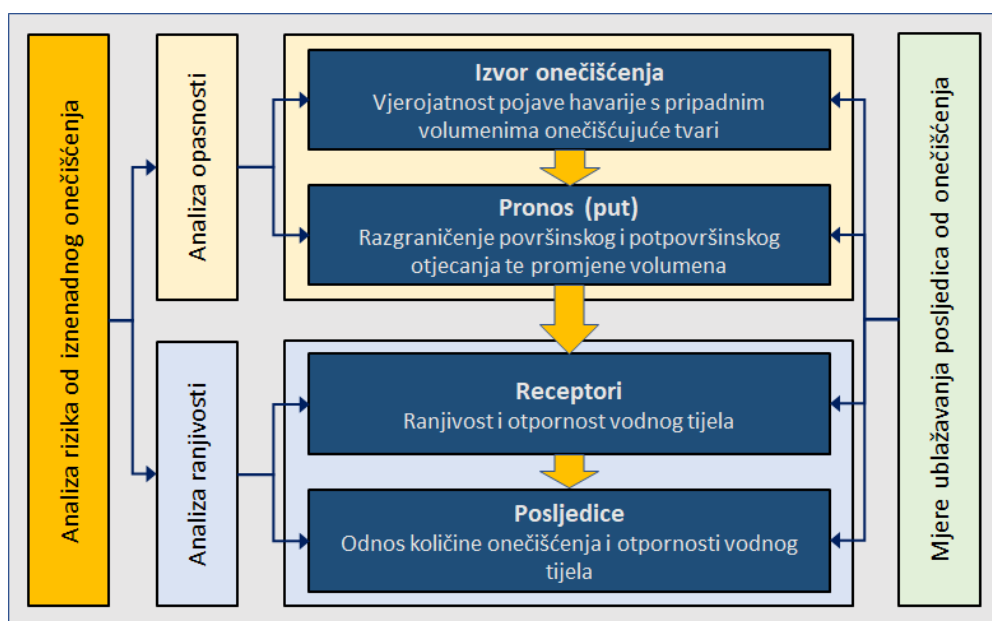
6. METODOLOGIJA PROCJENE RIZIKA OD IZNENADNOG ONEČIŠĆENJA USLIJED HAVARIJA

6.1. Osnovni koncept predložene metodologije

Analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda zasnovana je na konceptu „izvor“-„put“-„posljedica“, te se načelno oslanja na metodološki pristup izložen u studiji „Analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda“ (Ecosolutions, 2017.). Za svaki od navedenih elemenata (izvor, put, posljedica) prikupljene su potrebne podloge temeljem kojih se identifikaciju potrebne proračunske vrijednosti:

- za potencijalne izvore onečišćenja (vjerojatnosti pojave havarija ili vjerojatnosti uvjeta u kojima se aktivira pojedini izvor onečišćenja sa pripadnim volumenima onečišćujuće tvari);
- za put onečišćenja (razgraničenje površinskog i potpovršinskog otjecanja, te promjene volumena onečišćenja od izvora do vodnog tijela);
- za posljedice onečišćenja (definiranje indeksa otpornosti i mjerodavnog protoka).

Na slici 6.1 prikazan je dijagram konceptualnog modela rizika od iznenadnog onečišćenja voda u skladu s pristupom izvor-put-posljedica.



Slika 6.1 Konceptualni model rizika od iznenadnog onečišćenja voda.

Rizik se definira kao kombinacija posljedica iznenadnog događaja i povezanih vjerojatnosti pojave. Općenito se može napisati:

$$\text{RIZIK} = \text{POSLJEDICA} \times \text{VJEROJATNOST POJAVE}$$

Specifično za predmetnu analizu neželjena posljedica ovisi o količini onečišćenja, razblaženju onečišćenja te ranjivosti vodnog tijela. Tada se rizik može definirati kao i kombinacija opasnosti, izloženosti i ranjivosti. Pri čemu opasnost uključuje vjerojatnost i količinu pojave iznenadnog onečišćenja, izloženost uključuje analizu pronosa onečišćenja, dok je ranjivost umanjena za otpornost vodnog tijela. Stoga se može napisati:

$$\text{RIZIK} = \text{RANJIVOST} \times \text{IZLOŽENOST} \times \text{OPASNOST}$$

Zbog kompleksnosti procesa i nemogućnosti uspostave preciznih odnosa i odjeljivanja ranjivosti i otpornosti sa opterećenjem, a imajući u vidu da je osnovna namjena proračun rizika a ne simulacija stvarnog ekološkog i kemijskog stanja vodotoka, procjena ranjivosti se oslanja na primjenu **indeksa otpornosti „r“** koji u sebi sadrži implicitno i ranjivost (vezano uz zaštićena područja), a kojim se omogućuje relativno pouzdana usporedba vodnih tijela:

$$r_j = \frac{c_{gr,j}}{\left(1 + \frac{ZP_j}{4}\right)} \quad (1)$$

gdje je:

r_j - indeks otpornosti dionice vodnog tijela j ,

$c_{gr,j}$ - **mjera otpornosti** - granična vrijednost koncentracije dobrog stanja i dobrog/boljeg potencijala ekotipa dionice vodnog tijela j za BPK₅ prema Nacrtu prijedloga Uredbe o izmjenama i dopunama uredbe o standardu kakvoće voda,

ZP_j - **mjera ranjivosti** - broj vrsta relevantnih zaštićenih područja kojim pripada dionica vodnog tijela j (0-4).

j - indeks koji označava pojedinu dionicu vodnog tijela,

Indeks otpornosti r_j definiran na ovaj način vrijedi za sve kategorije voda, a odabrani parametar dobrog stanja i dobrog/boljeg potencijala voda (BPK₅) nema apsolutno značenje nego predstavlja „mjeru“ osjetljivosti pojedinog ekotipa na incidentno onečišćenje bilo kojeg kemijskog sastava. Dionice vodnog tijela koja imaju više vrijednosti $c_{gr,j}$ su manje osjetljiva, odnosno otpornija na onečišćenja. Također, dionice vodnog tijela koja imaju više vrijednosti ZP su više osjetljiva, odnosno ranjivija na onečišćenja.

Za procjenu **neželjenih posljedica** koristi se izraz kojim se opisuje odnos količine onečišćenja $V_{i,j}$ i otpornosti r_j na pojedinoj dionici vodnog tijela j (vidi jednadžbu 2), a imajući u vidu razblaženje koje nastaje uslijed protoka vodotoka Q_j , pa vrijedi:

$$I_{i,j} = \frac{1}{Q_j} \frac{\Delta V_{i,j}}{r_j} \quad (2)$$

gdje je:

i - indeks koji označava vezu sa izvorom onečišćenja ($i = 1$ za industrijske nesreće (E-PRTR), $i = 2$ za havarije skladišta i Seveso postrojenja, $i = 3$ za prometne nesreće, $i = 4$ za odlagališta otpada, $i = 5$ za crne točke, $i = 6$ za ispuste otpadnih voda, $i = 7$ za izvore navedene u Registru onečišćenja voda za razdoblje 2002.-2022.).

Q_j - karakteristični protok na pojedinoj dionici vodnog tijela j ,

$\Delta V_{i,j}$ - volumen onečišćenja iz izvora i na pojedinoj dionici vodnog tijela j .

NAPOMENA: U okviru ove metodologije za vrijednosti karakterističnog protoka Q_j korištene su klase protoka s logaritamskom skalom, a koje su vezane uz uprosječene vrijednosti protoka trajanja 50% za određeni ekotip, te se kao takve ne mogu preuzeti za druge potrebe, kao što su izrada projektne dokumentacije i/ili hidrauličkih proračuna.

Važan element ove metodologije je proračun količine onečišćenja $\Delta V_{i,j}$ koja se mijenja uzduž toka, ovisno o intenzitetu unosa onečišćenja sa porijeklom iz izvora i na dionici vodnog tijela j ($\Delta V_{i,j}$). Pri proračunu unesenih količina onečišćenja uzduž toka ($\Delta V_{i,j}$) posebna pažnja je dana na kvantifikaciju promjene inicijalne količine onečišćenja V_i pri pronosu od pojedinog mjesta izvora i do točke unosa u površinsko vodno tijelo. Korištena je distinkcija na površinski i potpovršinski pronos onečišćenja (površinsko i potpovršinsko otjecanje), pri čemu se količina onečišćujućih tvari smanjuje s udaljenosti od izvora

onečišćenja ($\Delta V_{i,j} < V_i$). Cjeloviti pristup je detaljno objašnjen u narednim poglavljima ovog izvještaja.

Temeljem prethodno iznesenog, procjena rizika R_j za dionicu j vodnog tijela u ovoj metodologiji se proračunava primjenom sljedećeg izraza koja kombinirana neželjene posljedice s vjerojatnosti pojave, a rizik se izražava po jedinici duljine dionice vodnog tijela:

$$R_j = \sum_{i=1}^n \frac{p_i L_{i,j}}{L_j} = \frac{1}{r_j Q_j L_j} \sum_{i=1}^n p_i \Delta V_{i,j} \quad (3)$$

gdje je:

p_i - vjerojatnost nastupa događaja kojim se inicira pokretanje onečišćenja na izvoru i , a L_i duljina dionice vodnog tijela (duljina vodotoka u slučaju tekućica ili duljina obale u slučaju stajaćica). Treba primijetiti da izraz $p_i \Delta V_{i,j}$ u jednadžbi (3) predstavlja **opasnost od onečišćenja** (kombinacija vjerojatnosti i količine onečišćenja).

Konačno, rizik se može procijeniti za cjelokupno vodno tijelo k prema sljedećem izrazu:

$$R_k = \frac{1}{r_k Q_k L_k} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n p_i \Delta V_{i,j} \quad (4)$$

gdje je:

$r_k = \overline{r_j}$ - otpornost vodnog tijela k koja se računa kao prosječna vrijednost otpornosti svih dionica j koje pripadaju vodnom tijelu k .

$Q_k = \overline{Q_j}$ - karakteristična mjera protoka vodnog tijela k koji se računa kao prosječna vrijednost karakterističnog protoka svih dionica j koje pripadaju vodnom tijelu k .

$L_k = \sum_j^m L_j$ - ukupna duljina vodnog tijela k koja se računa kao zbroj duljina svih dionica j koje pripadaju vodnom tijelu k .

Prema gornjoj definiciji, svako vodno tijelo k sastoji se od m dionica koje su potencijalno izložene $m \cdot n$ broju izvora onečišćenja. Pri određivanju rizika za cjelokupno vodno tijelo, određuju se prosječne vrijednosti otpornosti vodnog tijela i karakterističnog protoka vodnog tijela te ukupne zbrojene vrijednosti duljine vodnog tijela i opasnosti od onečišćenja na vodnom tijelu (umnožak vjerojatnosti i volumena onečišćenja)

Gornjom jednadžbom je provedena integracija indikatora jačine posljedica cijelim prostorom vjerojatnosti pa se u osnovi rizik promatra kao osrednjena ili očekivana veličina negativne posljedice po dionicama vodnog tijela tijekom jedne godine. Obzirom na uvedene pretpostavke ovako proračunati rizik nije informativan ukoliko se prikazuje kroz apsolutne vrijednosti. Stoga se za prikaz rezultata procjene rizika primjenjuje uobičajena kvalitativna mjera iskazana opisno kao **razina ili klasa rizika**.

Kvalitativna mjera rizika može se podijeliti u pet klasa:

- a) **Vrlo visoki rizik,**
- b) **visoki rizik,**
- c) **umjereni rizik,**
- d) **niski rizik i**
- e) **vrlo niski rizik.**

Same granice vrijednosti R_k za svaku pojedinačnu razinu rizika ovise o rezultatima analize te će se definirati nakon provedbe svih predviđenih aktivnosti. Daljnjom razradom omogućiti će se i sublimacija prethodno navedenih 5 grupa u 3 konačne grupe s odgovarajućim nazivljem za potrebe Plana upravljanja vodnim područjima. Pritom se vodnim tijelima koja nisu izložena niti jednom od izvora onečišćenja (koja se razmatraju u okviru predmetne studije) dodjeljuje zasebna klasa „zanemariv rizik“.

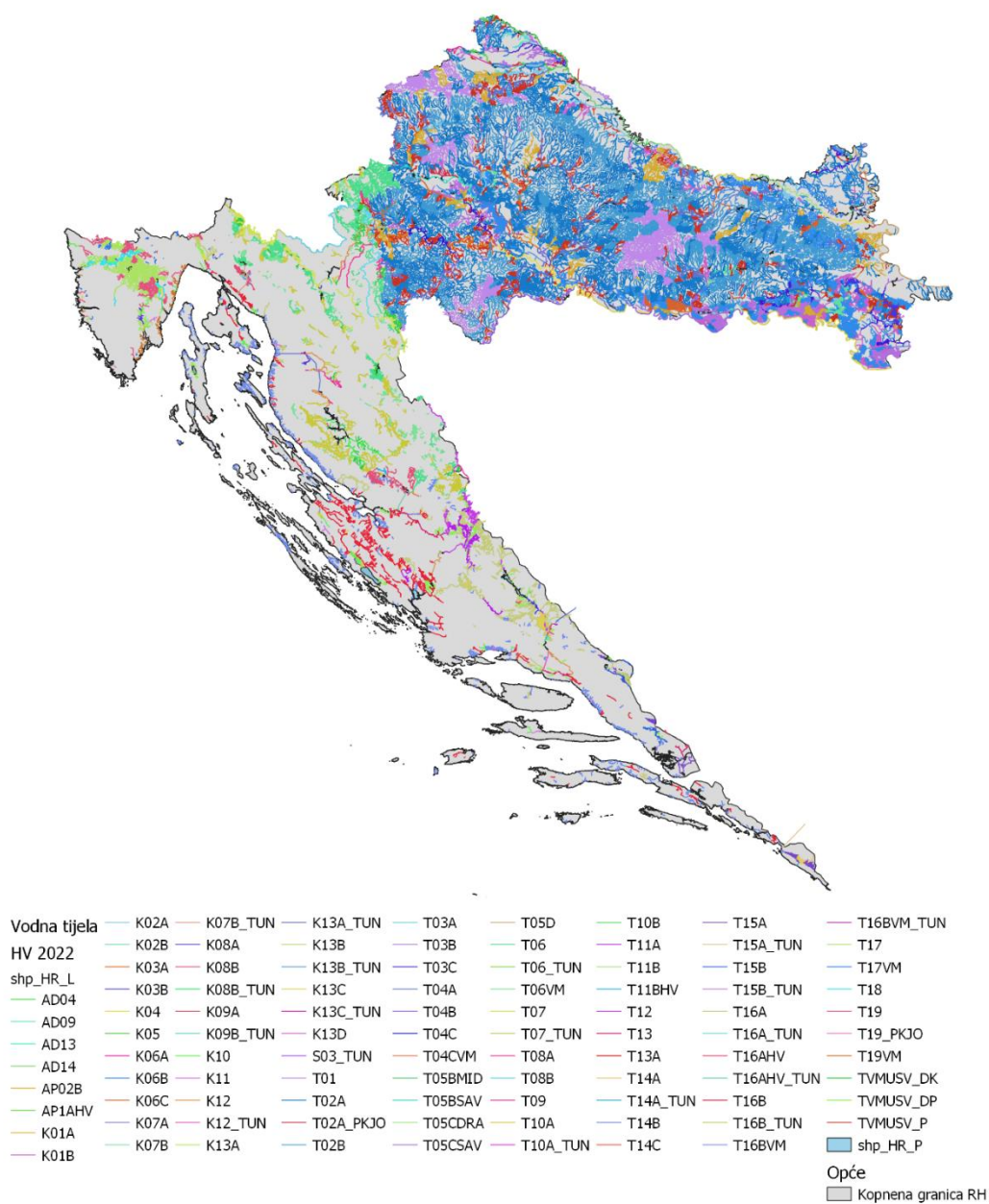
Obzirom da su u prethodno iznesenoj metodologiji uzeti u obzir najvažniji procesi i parametri, dobiveni rezultati se mogu relativno pouzdano koristiti na planskom nivou za potrebe odabira prioriternih aktivnosti kako na smanjenju rizika tako i na definiranju najvažnijih područja za daljnja unapređenja same metodologije.

6.2. Detaljni opis proračunskih koraka i korištenih podatkovnih podloga u metodologiji

U ovom poglavlju daju se detaljna objašnjenja o sukcesivnim koracima proračuna i korištenim podacima (preuzeti iz dostupne literature ili dostupnih baza podataka), te o procedurama koje se nastavno koriste pri implementaciji ove metodologije u GIS okruženje.

6.2.1. Određivanje indeksa otpornosti vodnog tijela r_j

Za proračun indeksa otpornosti dionice vodnog tijela r_j prvotno je potrebno usvojiti granične vrijednosti koncentracije dobrog stanja i dobrog/boljeg potencijala ekotipa vodnog tijela (slika 6.2) za BPK₅ iz Nacrta prijedloga Uredbe o izmjenama i dopunama uredbe o standardu kakvoće voda (tablice 6.1 - 6.3). Ovime su definirane vrijednosti c_{gr} korištene u izrazu (1) po dionicama pojedinog vodnog tijela j .



Slika 6.2. Eko tipovi tekućica i stajaćica iz nacrta Plana upravljanja vodnim područjima 2022.-2027.

Tablica 6.1. Granične vrijednosti koncentracije dobrog stanja i dobrog/boljeg potencijala ekotipa rijeka za BPK₅ prema Nacrtu prijedloga Uredbe o izmjenama i dopunama uredbe o standardu kakvoće voda (stanje za rijeke i potencijal za znatno promijenjene i umjetne rijeke)

| HR_TIP | KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA | BPK ₅ (mg O ₂ /l) | HR_TIP | KATEGORIJA EKOLOŠKOG POTENCIJALA | BPK ₅ (mg O ₂ /l) |
|-----------------------|-----------------------------------|--|----------|--|--|
| HR-R_1 | dobro | 2,7-4,1 | HR-K_1A | dobar i bolji | ≤ 4,1 |
| HR-R_2A | | 2,8-4,1 | HR-K_1B | | ≤ 4,1 |
| HR-R_2B | | 2,8-4,1 | HR-K_2A | | ≤ 3,4 |
| HR-R_3A | | 2,8-4,1 | HR-K_2B | | ≤ 3,4 |
| HR-R_3B | | 2,8-4,1 | HR-K_3A | | ≤ 3,5 |
| HR-R_3C | | 2,5-3,4 | HR-K_3B | | ≤ 3,5 |
| HR-R_3D | | 2,6-3,5 | HR-K_4 | | ≤ 2,9 |
| HR-R_4A | | 2,5-3,4 | HR-K_5 | | ≤ 2,9 |
| HR-R_4B | | 2,6-3,5 | HR-K_6A | | ≤ 2,9 |
| HR-R_4C | | 2,6-3,5 | HR-K_6B | | ≤ 4,1 |
| HR-R_5B ¹ | | 1,6-3,5 | HR-K_6C | | ≤ 4,1 |
| HR-R_5C ¹ | | 1,6-3,5 | HR-K_7B | | ≤ 1,9 |
| HR-R_5D ¹ | | 1,9-4,0 | HR-K_8A | | ≤ 2,4 |
| HR-R_6 | | 2,4-3,3 | HR-K_8B | | ≤ 2,4 |
| HR-R_7 | | 2,3-3,3 | HR-K_9A | | ≤ 2,4 |
| HR-R_8A | | 2,3-3,3 | HR-K_9B | | ≤ 2,4 |
| HR-R_8B ¹ | | 1,4-2,5 | HR-K_10 | | ≤ 1,9 |
| HR-R_9 | | 2,3-3,3 | HR-K_11 | | ≤ 1,9 |
| HR-R_10A ¹ | | 1,3-2,4 | HR-K_12 | | ≤ 1,9 |
| HR-R_10B ¹ | | 1,4-2,5 | HR-K_13A | | ≤ 2,4 |
| HR-R_11A | 1,4-1,9 | HR-K_13B | ≤ 2,4 | | |
| HR-R_11B ¹ | 1,7-3,4 | | | | |
| HR-R_12 | 1,6-2,4 | | | | |
| HR-R_13 | 1,6-2,4 | | | | |
| HR-R_13A | 1,6-2,4 | | | | |
| HR-R_14A | 1,4-1,9 | | | | |
| HR-R_14B | 1,6-2,4 | | | | |
| HR-R_14C ¹ | 1,7-3,4 | | | | |
| HR-R_15A | 1,4-1,9 | | | | |

| | | |
|----------|--|---------|
| HR-R_15B | | 1,6-2,4 |
| HR-R_16A | | 1,5-1,9 |
| HR-R_16B | | 1,5-1,9 |
| HR-R_17 | | 1,4-1,9 |
| HR-R_18 | | 1,6-2,4 |
| HR-R_19 | | 1,5-1,9 |

Tablica 6.2. Granične vrijednosti koncentracije dobrog stanja ekotipa jezera za BPK₅ prema Nacrtu prijedloga Uredbe o izmjenama i dopunama uredbe o standardu kakvoće voda (stanje za jezera)

| HR_TIP | KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA | BPK ₅ (mg O ₂ /l) | KPK-Mn (mg O ₂ /l) |
|--|-----------------------------------|--|----------------------------------|
| Plitvička jezera, jezero Kozjak HR-J_1A | dobro | 0,9-1,3 | 1,3-2,0 |
| Plitvička jezera, Prošćansko jezero HR-J_1B | | 0,9-1,3 | 1,3-2,0 |
| Vransko jezero, Cres HR-J_2 | | 0,7-1,0 | 1,3-2,0 |
| Baćinska jezera, jezero Crniševo i jezero Oćuša HR-J_3 | | 1,2-2,2 | 2,1-3,1 |
| Vransko jezero, Biograd na Moru HR-J_4 | | 2,7-7,6 | 6,4-13,9 |
| Visovačko jezero HR-J_5 | | 0,9-1,5 | 1,4-1,9 |
| jezero Kutu HR-J_6 | | 0,8-1,6 | 2,2-3,6 |

Tablica 6.3. Granične vrijednosti koncentracije dobrog stanja ekotipa znatno promijenjenih i umjetnih jezera za BPK₅ prema Nacrtu prijedloga Uredbe o izmjenama i dopunama uredbe o standardu kakvoće voda (potencijal za znatno promijenjena i umjetna jezera)

| HR_TIP | KATEGORIJA EKOLOŠKOG POTENCIJALA | BPK ₅ (mg O ₂ /l) | KPK-Mn (mg O ₂ /l) |
|--|--|--|----------------------------------|
| HR-AP_1A, HR-AP_1B, HR-AP_2A, HR-AP_2B, HR-AP_2C | dobar i bolji | ≤5,4 | ≤8,4 |
| HR-AP_3A, HR-AP_3B, HR-AP_4A | | ≤4,3 | ≤8,1 |
| HR-AP_4B, HR-AP_4C | | ≤2,5 | ≤2,9 |
| HR-AP_5A | | ≤3,5 | ≤4,4 |
| HR-AP_6 | | ≤2,6 | ≤2,8 |
| HR-AD_1, HR-AD_3, HR-AD_6, HR-AD_7, HR- AD_8, HR-AD_9, HR-AD_10, HR-AD_15A, HR- AD_15B, HR-AD_19 | | ≤2,3 | ≤2,8 |
| HR-AD_2 | | ≤1,5 | ≤1,9 |

| | | | |
|-------------------------------|--|------|------|
| HR-AD_11, HR-AD_16B, HR-AD_18 | | ≤3,2 | ≤3,3 |
| HR-AD_12 | | ≤1,5 | ≤1,9 |
| HR-AD_14 | | ≤2,3 | ≤2,6 |
| HR-AD_16A | | ≤3,2 | ≤3,3 |
| HR-AD_17 | | ≤2,3 | ≤2,6 |

Za usvajanje odgovarajuće vrijednosti broja vrsta zaštićenih područja ZP (od 0 do 4) prikupljeni su podaci iz Registra zaštićenih područja - područja posebne zaštite voda. Područja posebne zaštite vode su ona područja gdje je radi zaštite voda i vodnoga okoliša potrebno provesti dodatne mjere zaštite, a određuju se na temelju Zakona o vodama i posebnih propisa. Relevantna područja zaštite za ovaj projekt su A, B, C, E (područja D i F se isključuju iz predmetne analize jer nisu relevantni za površinske kopnene vode):

- A. područja zaštite vode namijenjene ljudskoj potrošnji (zaštićena područja površinskih voda, zaštićena područja podzemnih voda, zone sanitarne zaštite izvorišta, područja namijenjena zahvaćanju vode za ljudsku potrošnju),
- B. područja pogodna za zaštitu gospodarski značajnih vodenih organizama (područja voda pogodnih za život slatkovodnih riba, područja voda pogodnih za život i rast školjkaša),
- C. područja za kupanje i rekreaciju (na kopnenim površinskim vodama - kupališta, na moru - morske plaže),
- D. područja podložna eutrofikaciji i područja ranjiva na nitrata (eutrofna područja, sliv osjetljivog područja, područja ranjiva na nitrata poljoprivrednog porijekla),
- E. područja namijenjena zaštiti staništa ili vrsta gdje je održavanje ili poboljšanje stanja voda bitan element njihove zaštite sukladno Zakonu o vodama i/ili propisima o zaštiti prirode (ekološka mreža Natura 2000, zaštićene prirodne vrijednosti, zaštićena područja prirode),
- F. područja loše izmjene voda priobalnim vodama, osjetljivost kojih se ocjenjuje u odnosu na ispuštanje komunalnih otpadnih voda.

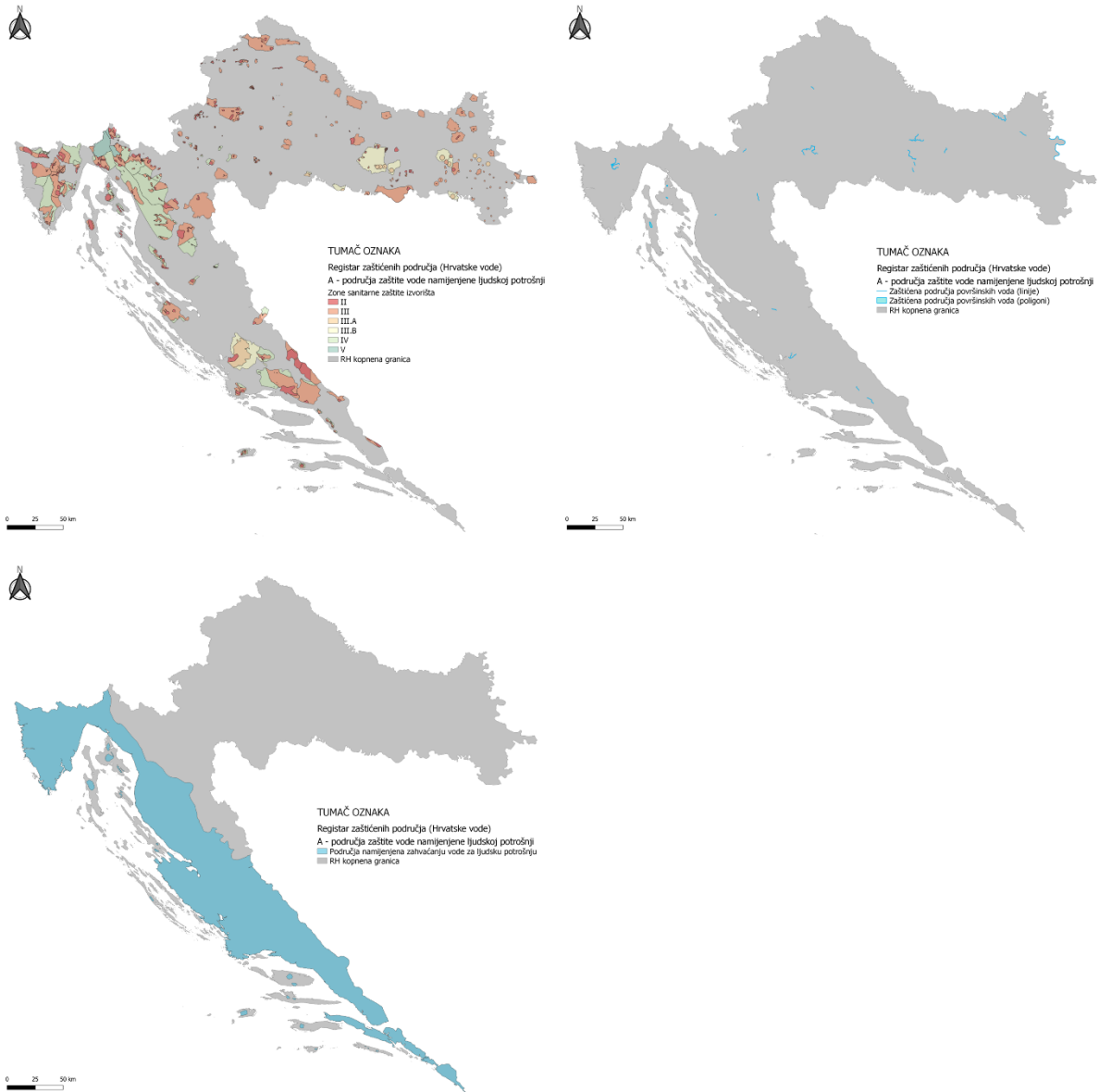
Pojedine stavke nisu relevantne za predmetne analize stoga se izostavljaju iz daljnjih razmatranja. Iz tematskog područja A izostavljaju se zaštićena područja podzemnih voda obzirom da je fokus predmetnih analiza ovog projekta na površinskim vodama. Iz tematskog područja B izostavljaju se područja voda pogodna za život i rast

školkjaša obzirom da je fokus predmetnih analiza ovog projekta dan na kopnene površinske vode. Iz istog razloga se izostavljaju i morske plaže iz tematskog područja C.

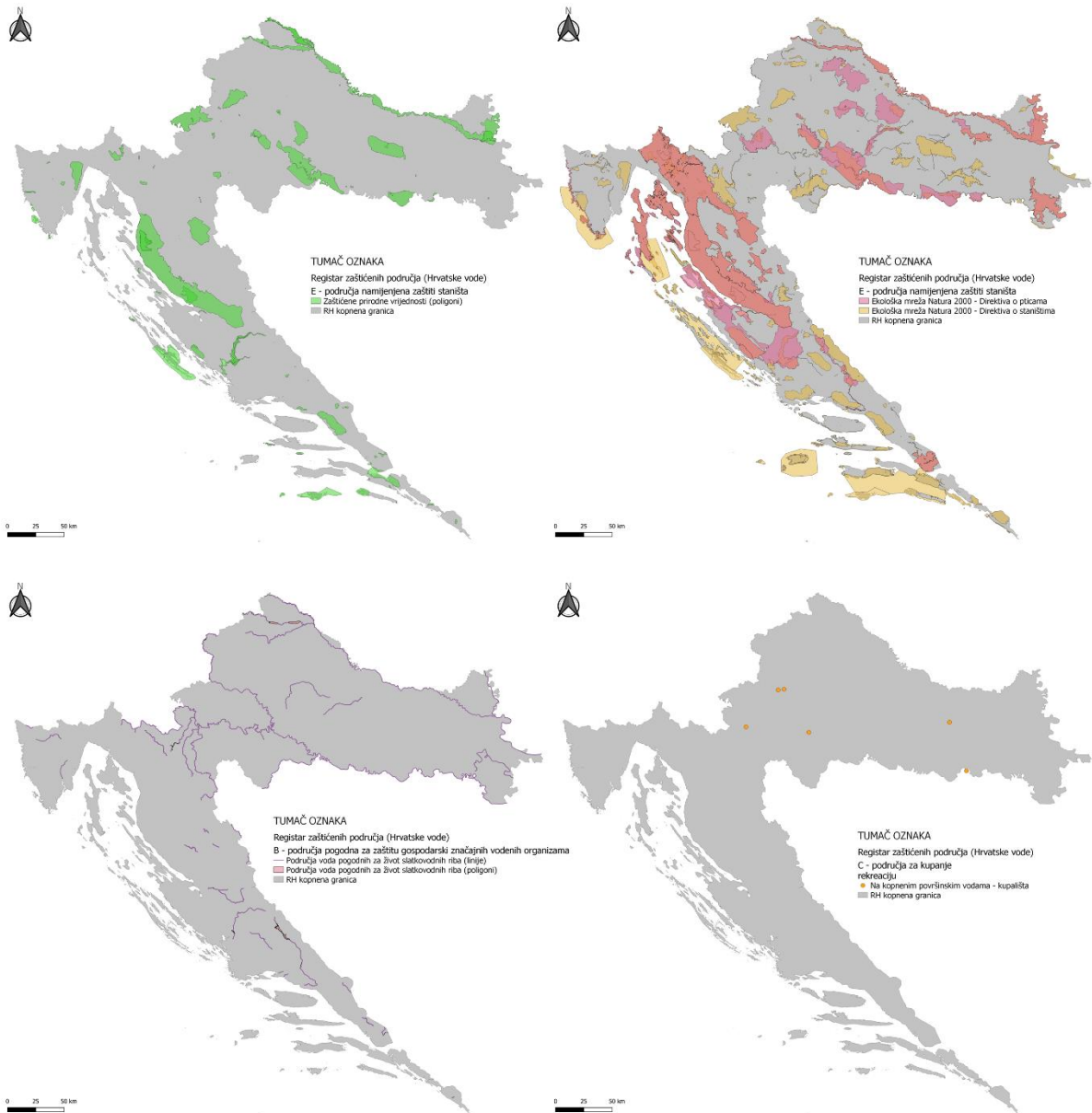
Dakle, ukoliko pojedina promatrana dionica vodotoka pripada *j* jednom od relevantnih područja zaštite A, B, C, E vrijednost ZP_j je 1, odnosno ukoliko pripada svim relevantnim područjima zaštite vrijednost ZP_j je 4.

Na slici 6.3 prikazane su karte područja zaštite vode namijenjene ljudskoj potrošnji i to zone sanitarne zaštite, zaštićena područja površinskih voda te područja namijenjena zahvaćanju vode za ljudsku potrošnju (A). Sva površinska vodna tijela koja se nalaze unutar ovih područja će se u daljnjim analizama smatrati ranjivijima, odnosno imati će minimalno vrijednost $ZP_j = 1$ i time će se umanjiti njihova otpornost. Zone sanitarne zaštite (A) definirane su za ukupno 356 izvorišta, pri čemu se prikazuju II, III, IV i V zona. Zaštićena područja površinskih voda definirana su na četiri akumulacije, jednom jezeru te 19 vodotoka. Područje namijenjeno zahvaćanju vode za ljudsku potrošnju (A) obuhvaća veći dio kopnenog dijela Jadranskog sliva površine 18.180 km² te 21 manje područje na otocima.

Na slici 6.4 prikazane su karte područja namijenjena zaštiti staništa ili vrsta (E), područja pogodna za zaštitu gospodarski značajnih vodenih organizama (B) te područja za kupanje i rekreaciju (C). Područja zaštićenih prirodnih vrijednosti (E) sadrže područja osam nacionalnih parkova, 11 parkova prirode, 3 park šume, 39 posebnih rezervata, dva regionalna parka, 13 spomenika prirode, dva stroga rezervata te 54 značajna krajobraza. U okviru ekološke mreže Natura 2000 (E), uključeno je 27 područja prema Direktivi o pticama te 646 područja prema Direktivi o staništima. Područja voda pogodnih za život slatkovodnih riba (B) je 54, a na kopnenim površinskim vodama registrirano je šest kupališta (C).



Slika 6.3. Karta područja zaštite vode namijenjene ljudskoj potrošnji (zone sanitarne zaštite izvorišta, zaštićena područja površinskih voda, područja zahvaćanja vode za ljudsku potrošnju)



Slika 6.4. Karta područja zaštićene prirodne vrijednosti, ekološke mreže Natura 2000, područja pogodna za život slatkovodnih riba te kupališta.

6.2.2. Proračun količine onečišćenja V_i na pojedinom mjestu izvora i pripadne vjerojatnosti p_i

Sljedeće grupe izvora onečišćenja razmatrane su u okviru predmetnih analiza:

- **Industrijska (E-PRTR) postrojenja,**
- **Rizična industrijska postrojenja,**
- **SEVESO postrojenja,**
- **Prometne nesreće (cestovne, željezničke, na unutrašnjim plovnim putevima),**
- **Odlagališta otpada,**
- **Crne točke,**
- **Izvori iz Registra onečišćenja i**
- **Ispusti.**

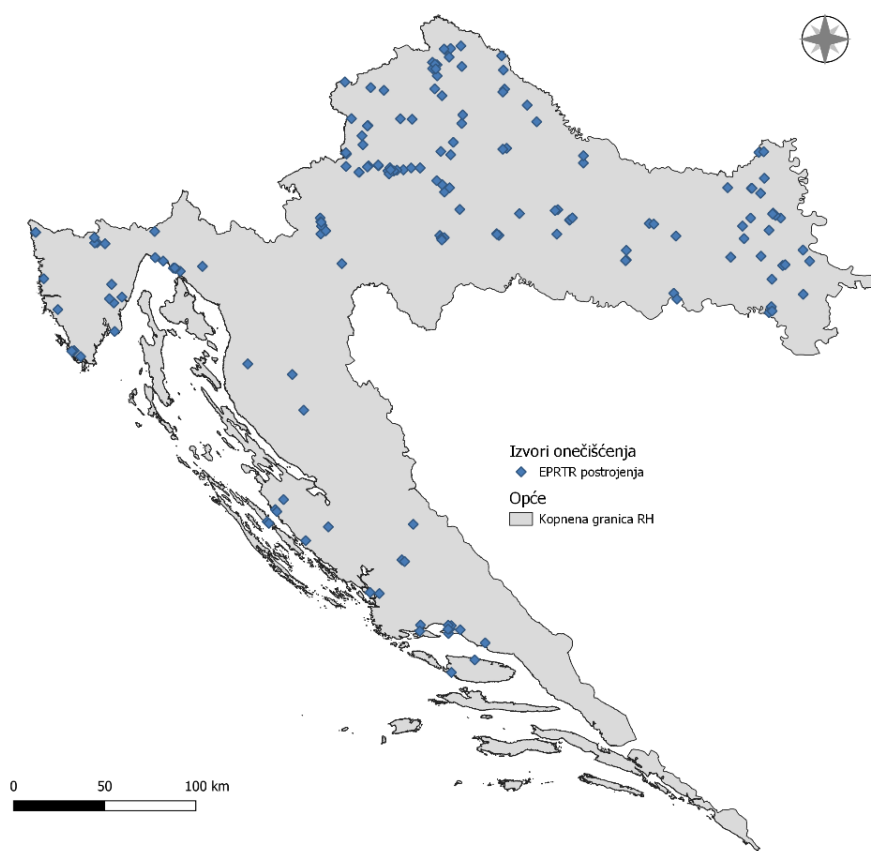
U tablici 6.4 pregledno su prikazane vjerojatnosti nastupa događaja kojim se inicira pokretanje onečišćenja na pojedinom izvoru iz prethodno navedenih grupa.

Tablica 6.4. Vjerojatnosti nastupa događaja kojim se inicira pokretanje onečišćenja na pojedinom izvoru u pripadnoj grupi izvora onečišćenja

| Grupa izvora onečišćenja | Vjerojatnost nastupa događaja i aktivacije pronosa onečišćenja (p) |
|---------------------------------------|--|
| Industrijska (E-PRTR) postrojenja | $4,2 \cdot 10^{-5}$ [dva standardna čelična spremnika po 210 l na godinu] |
| Rizična industrijska postrojenja | varijabilno (prema dostupnoj dokumentaciji), 10^{-4} spremnik (>450m ³) godina |
| Seveso postrojenja | $4,2 \cdot 10^{-5}$ [dva standardna čelična spremnika po 210 l na godinu] |
| Prometne nesreće (cestovne) | $2,2 \cdot 10^{-7}$ po km prometnice godišnje |
| Prometne nesreće (željezničke) | $1,5 \cdot 10^{-8}$ po km prometnice godišnje |
| Prometne nesreće (unutarnja plovidba) | $1,2 \cdot 10^{-9}$ po km plovnog puta godišnje |
| Odlagališta otpada | 10^{-4} do 10^{-2} ovisno o dreniranosti tla. |
| Izvori iz Registra onečišćenja | $5,0 \cdot 10^{-2}$ godišnje |
| Ispusti | $2,8 \cdot 10^{-3}$ godišnje |

U nastavku su dana detaljnija objašnjenja vezana uz procjenu inicijalnog volumena onečišćenja, mehanizma pronosa onečišćenja sa posljedičnim smanjenjem volumena onečišćenja i korištenih podloga za parametrizaciju procesa pronosa.

Za **industrijska (E-PRTR) postrojenja** (GIS podloga koja je pripravljena od strane Zavoda za zaštitu okoliša i prirode pri Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja, slika 6.5) dostupni su samo podaci o nazivu, tvrtki i tipu postrojenja (E-PRTR ili Non E-PRTR). Za ovaj projekt su od značaja samo E-PRTR postrojenja, kojih ukupno ima 174. Veći dio ovih postrojenja već je uključen u bazu podataka SEVESO postrojenja, gdje su i dostupni detaljniji podaci o količinama opasnih tvari. Za preostala područja, koja nisu navedena u okviru SEVESO baze i za koje nisu dostupni podaci o količinama opasnih ili onečišćujućih tvari, koristi se količina 81 m^3 koja odgovara 50-percentilu od E-PRTR postrojenja koja su obuhvaćena u okviru SEVESO baze. Obzirom da se vrste skladištenih tvari nalaze u širokom rasponu vrijednosti, svim postrojenjima dodjeljuje se potencijalni volumen onečišćenja $V_{i=\text{ePRTR}} = 0,63 \text{ m}^3$ (volumen tri standardna spremnika od 210 l). Vjerojatnost izlivanja opasne tvari (onečišćenja) iz dva standardna čelična spremnika po 210 l procjenjuje se na $4,2 \cdot 10^{-5}$ [na godinu] (HSE, 2017.), što iznosi $p_i = 8,1 \cdot 10^{-3}$ [na godinu] za ukupnu količinu. Za put onečišćenja usvojeno je površinsko i/ili potpovršinsko otjecanje (ovisno o karakteristikama pokrovnog sloja okolnog terena). Sva E-PRTR postrojenja koja se nalaze u obalnoj zoni nisu relevantna za predmetne analize.



Slika 6.5. Prostorna raspodjela točkastih podataka za industrijska E-PRTR postrojenja.

Za slučaj rizičnih industrijskih postrojenja podaci su preuzeti sa stranice Ministarstva gospodarstva i održivog razvoja (<https://mingor.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug/uprava-za-procjenutu-utjecaja-na-okolis-i-odrzivo-gospodarenje-otpadom-1271/rizicna-postrojenja/izvjesca-o-sigurnosti-postupci/1334>), na kojoj je ukupno predočeno 35 izvještaja. Za ovaj projekt od značaja su samo oni izvještaji koji se ne odnose na postrojenja izgrađena u samom priobalju. U izvještajima je naveden popis opasnih tvari i vrsta opreme u kojoj se nalazi opasna tvar, maksimalna količina i lokacija opreme, te opis i analiza rizika od nesreća sa načinom sprječavanja. Provedeno je sažimanje podataka na način da su isključeni događaji koji nisu relevantni za predmetnu analizu, a vezani su uz onečišćenja u plinovitoj fazi, te događaji koji se zaključno dešavaju u krugu samog postrojenja (eksplozija i slično). Iz rezultata izračuna u poglavlju „Posljedica nastanka nesreće“ preuzete su proračunate vrijednosti ukupnih potencijalno ispuštenih količina onečišćenja u okoliš (samo vrste u permanentno tekućoj fazi). Količine onečišćenja koje se pri havariji iz jednog djela procesne linije industrijskog postrojenja prebacuju u drugi izgrađeni sigurnosni dio ili na odvod do UPOV ne uzimaju se u obzir jer su takvi sustavi izgrađeni upravo za slučaj nastupa havarije i stoga nisu relevantni za predmetne analize. Onečišćenje koje može dospjeti u okoliš putem nesreće uzrokovane elementarnom nepogodom ili djelovanjem treće strane ne uzima se u obzir jer to nije relevantno za predmetne analize. Za ovakav događaj pripadna vjerojatnost je usvojena s vrijednosti $p_i = 10^{-4}$ [spremnik godina] (“major” event za spremnike > 450 m³ ; HSE, 2017.). Daljnji pronos konačne količine onečišćenja koja je dospjela u okoliš ($V_{i=industrija}$) odvija se samo potpovršinski (kroz vodonosnik) do površinskog vodnog tijela (detaljnije u narednim poglavljima).

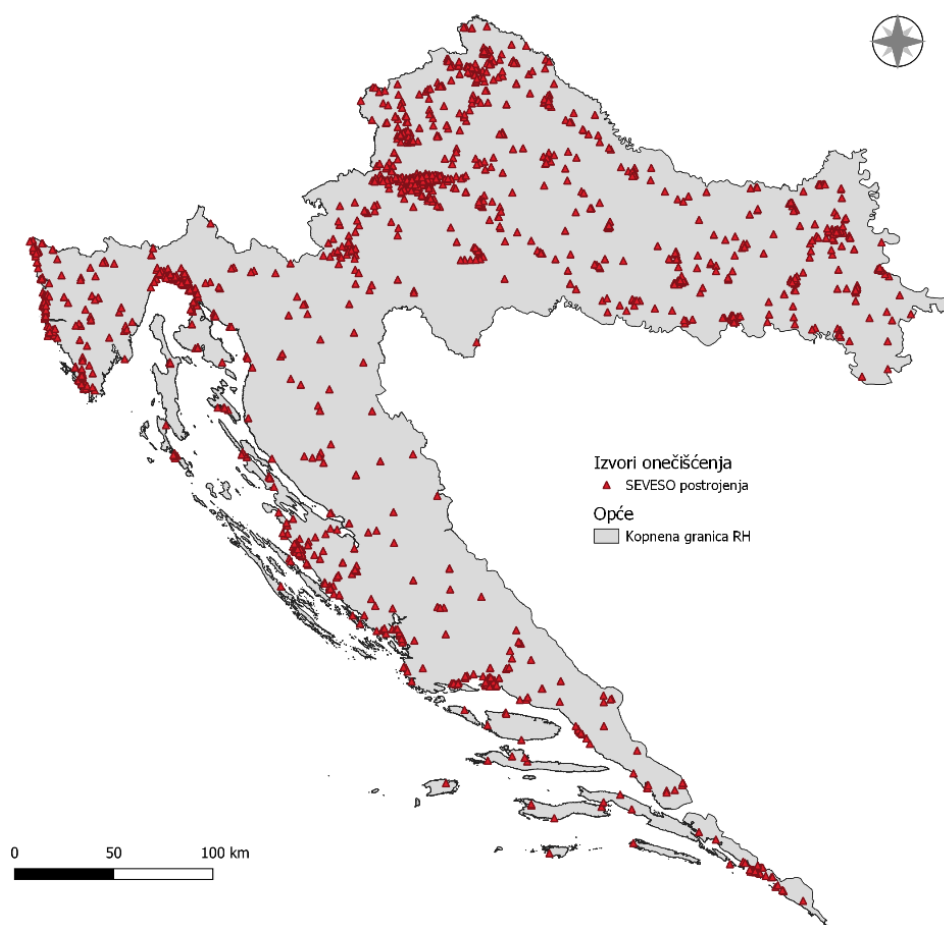
U Tablici 6.5. prikazan je sažetak izvješća za relevantna postrojenja. Navedena postrojenja i pripadajuće količine onečišćenja integrirane su u SEVESO podatke u kojima su već sadržani osnovni podaci o svim ovdje analiziranim postrojenjima.

Tablica 6.5. Količine onečišćenja u rizičnim industrijskim postrojenjima.

| Izvješća o sigurnosti | Onečišćujuće tvari u tekućem obliku | CAS broj | Maksimalna količina | Jedinica |
|---|--|--|---------------------|----------------|
| | | | | |
| Skladište i punionica plina Unešić | Dizelsko gorivo (smjesa ugljikovodika) | 68334-30-5 | 0.43 | t |
| Podzemno skladište plina d.o.o. Pogon PSP Okoli | Antifriz AL 40, Dizelsko gorivo, Metanol, Trietilen-glikol | 107-21-1 68334-30-5 67-56-1 112-27-6 | 46 | m ³ |
| Terminal Žitnjak - JANAF d.d. | Dizelsko gorivo , lož ulje, benzin | | 100000 | t |

| | | | | |
|---|---|-----------|---------|----|
| Skladište i pretakalište naftnih dervata Zabok - TIFON d.o.o. | Dizelsko gorivo, enzin | | 29661 | t |
| Rafinerija nafte Sisak | benzini, kerozin, plinska ulja, teška loživa ulja | | 560.8 | m3 |
| INA-INDUSTRIJA NAFTE d.d., Zagreb - Objekti frakcionacije Ivanić Grad | mix od tri | | 1360 | t |
| Termoelektrana - toplana Osijek (TE-TO Osijek) | loživo ulje, HCl, loživo ulje ekstra lako | | 386900 | t |
| Otpremna stanica Jamarice | nafta | 8002-05-9 | 5000 | m3 |
| | | 8002-05-9 | 5000 | m3 |
| | | | 1000 | m3 |
| | nafta | 8002-05-9 | 100 | m3 |
| | | 8002-05-9 | 100 | m3 |
| Otpremna stanica Šandrovac | nafta | 8002-05-9 | 5000 | m3 |
| | | 8002-05-9 | 5000 | m3 |
| Otpremna stanica Stružec | nafta | 8002-05-9 | 5000 | m3 |
| | | | 5000 | m3 |
| | | | 5000 | m3 |
| | | | 5000 | m3 |
| Otpremna stanica Žutica | nafta | 8002-05-9 | 9000 | t |
| Otpremna stanica Graberje | smjesa nafte i plinskog kondenzata | - | 15650 | t |
| | nafta (Moslavina) | 8002-05-9 | 1774.5 | t |
| | | | 211.2 | t |
| Otpremna stanica Beničanci | nafta (Slavonija) | 8002-05-9 | 5000 | m3 |
| Mjerno otpremna stanica Đeletovci | nafta (Slavonija) | 8002-05-9 | 5000 | m3 |
| Terminal Sisak - JANAF d.D. | nafta (smjesa ugljikovodika) | 8002-05-9 | 435000 | t |
| Terminal Virje - JANAF d.d. | nafta (smjesa ugljikovodika) | 8002-05-9 | 34800 | t |
| PLIVA HRVATSKA d.o.o. - lokacija Savski Marof | Mix svega | | 1181 | t |
| Petrokemija d.d., Kutina | MIX svega | | 34662.9 | t |

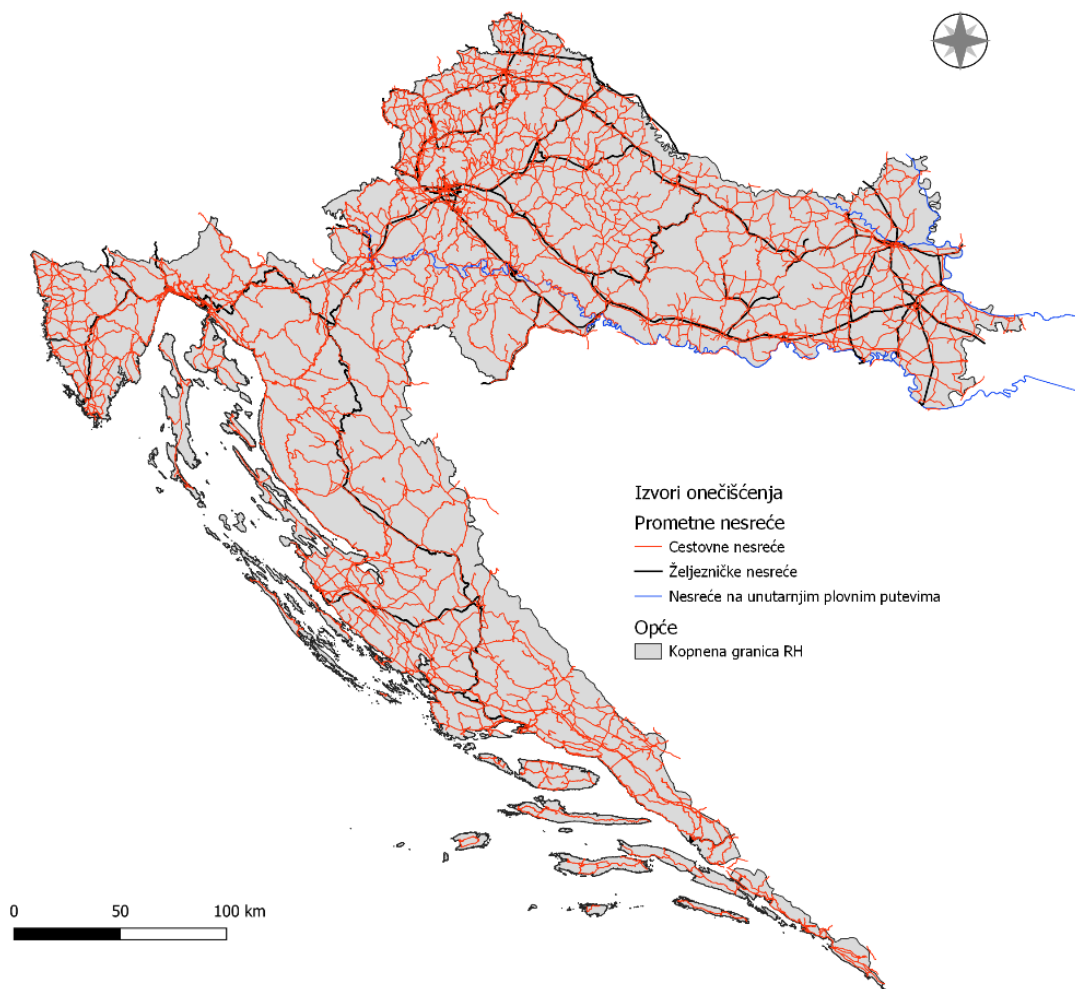
U podlozi o **Seveso postrojenjima** (GIS podloga koja je pripremljena od strane Zavoda za zaštitu okoliša i prirode pri Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja, slika 6.6) dostupni su podaci o broju i volumenu skladištenih opasnih tvari. Vjerojatnost izlijevanja ukupne količine opasne tvari (onečišćenja) iz dva standardna čelična spremnika po 210 l (smješteni na drvenoj paleti bez pričvršćenja i posebnog ventila na otvoru, prosječno sa dvije manipulacije u skladištu godišnje) iznosi $p_i = 4,2 \cdot 10^{-5}$ [na godinu] (HSE, 2017.). Obzirom da se količine skladištenih opasnih tvari nalaze u širokom rasponu vrijednosti, usvaja se podjela na razrede. U prvom razredu su postrojenja sa skladištenjem od $1,0 \text{ m}^3$ do 50 m^3 opasne tvari i njima se dodjeljuje potencijalni volumen onečišćenja $V_{i=Seveso} = 0,42 \text{ m}^3$ (volumen dva standardna spremnika od 210 l). U preostalim razredima do 500 m^3 skladištene opasne tvari vrijednost $V_{i=Seveso}$ linearno raste sa korakom $0,42 \text{ m}^3$ na svakih 50 m^3 skladištene opasne tvari (npr. za skladištenje 75 m^3 opasne tvari $V_{i=Seveso} = 75 \cdot (3,78/450) = 0,63 \text{ m}^3$, za skladištenje 125 m^3 opasne tvari $V_{i=Seveso} = 125 \cdot (3,78/450) = 1,05 \text{ m}^3$, te za skladištenje 325 m^3 opasne tvari $V_{i=Seveso} = 325 \cdot (3,78/450) = 2,73 \text{ m}^3$).



Slika 6.6. Prostorna raspodjela točkastih podataka za postrojenja u kojima su prisutne opasne tvari (Seveso postrojenja).

Za postrojenja koja imaju više od 500 m³ skladištene opasne tvari pretpostavlja se da je njihovo skladištenje u odgovarajućem broju spremnika pojedinačne veličine od 500 m³, te se primjenjuje isti princip kao i u prethodno navedenim rizičnim postrojenjima, uključujući primjenu iste vrijednosti za vjerojatnost havarije spremnika ($p_i = 10^{-4}$ [spremnik godina]). Iako Seveso postrojenja imaju priključenje na sustav javne odvodnje sa UPOV ili imaju tehnološki-individualni ispušt otpadnih voda sa odgovarajućim stupnjem onečišćenja, za put onečišćenja usvojeno je površinsko i/ili potpovršinsko otjecanje (ovisno o karakteristikama pokrovnog sloja okolnog terena). Sva Seveso postrojenja koja se nalaze u obalnoj zoni nisu relevantna za predmetne analize.

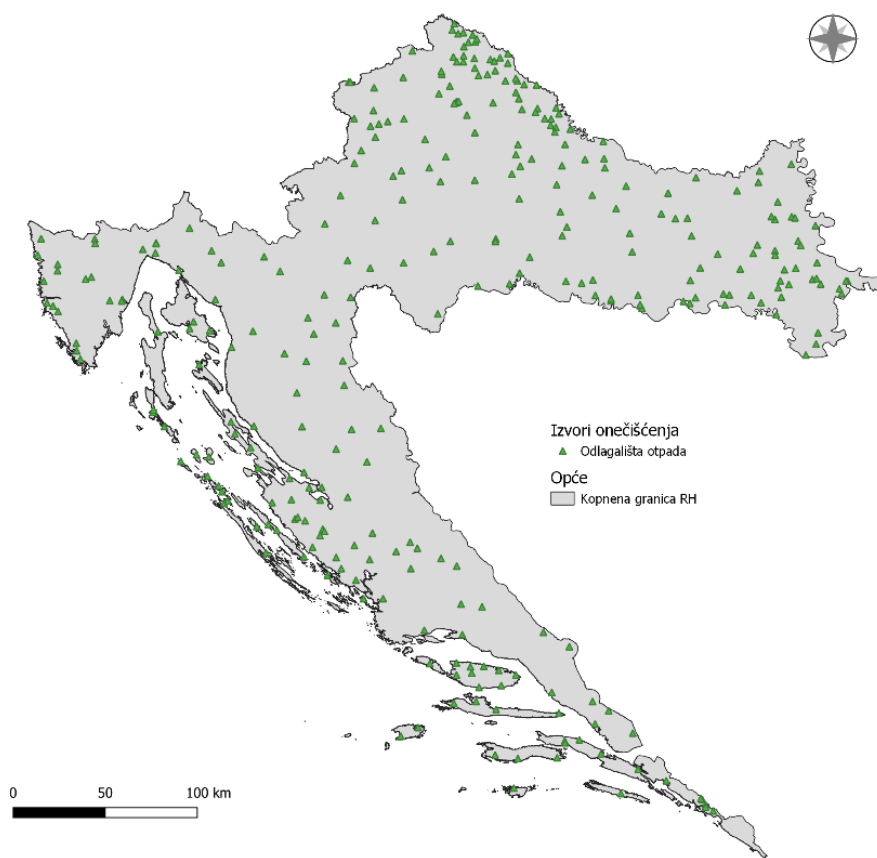
Za **prometne nesreće** napravljena je podjela na 3 kategorije (cestovni promet, željeznica, unutarnja plovidba, slika 6.7). U slučaju **cestovne nesreće** usvaja se količina onečišćenja od 25 t (30.000 l, standardna cisterna; $V_{i=promet-cesta} = 30 \text{ m}^3$). Za ovakav događaj pripadna vjerojatnost je usvojena s vrijednosti $p_i = 2,2 \cdot 10^{-7}$ [za svaki km prometnice godišnje] (HSE, 2017.). Daljnji pronos onečišćenja ($V_{i=promet-cesta}$) može se odvijati površinski i/ili potpovršinski, ovisno o karakteristikama pokrovnog sloja okolnog terena (detaljnije u narednim poglavljima). U slučaju **željezničke nesreće** usvaja se ista količina onečišćenja kao i u slučaju cestovnog prometa ($V_{i=promet-željeznica} = 30 \text{ m}^3$), no sa znatno manjom vjerojatnosti koja se usvaja s vrijednosti $p_i = 1,5 \cdot 10^{-8}$ [za svaki km prometnice godišnje] (PIANC, 1999.). Daljnji pronos onečišćenja ($V_{i=promet-željeznica}$) može se odvijati površinski i/ili potpovršinski, ovisno o karakteristikama pokrovnog sloja okolnog terena. U slučaju **nesreće na unutarnjim plovnim putevima** usvaja se količina onečišćenja od $V_{i=promet-plovniput} = 6 \text{ m}^3$ (havarija jednog broda I klase sa jednim propelerom promjera 1m i jednom kobilicom te 300 t mrtvog tereta; 0,02 m³ mulja po toni tereta (MMPI, 2020.)), no sa usvojenom vjerojatnosti $p_i = 1,2 \cdot 10^{-9}$ [za svaki km plovnog puta godišnje] (PIANC, 1999.). Pri ovakvoj nesreći cjelokupna količina onečišćenja dolazi direktno u vodotok, zbog čega vrijedi $\Delta V_{i,j} = V_{i=promet-plovniput} = 6 \text{ m}^3$. Na slici 6.7 prikazana je mreža cestovne i željezničke infrastrukture prikupljene iz OpenStreetMap baze (OSM).



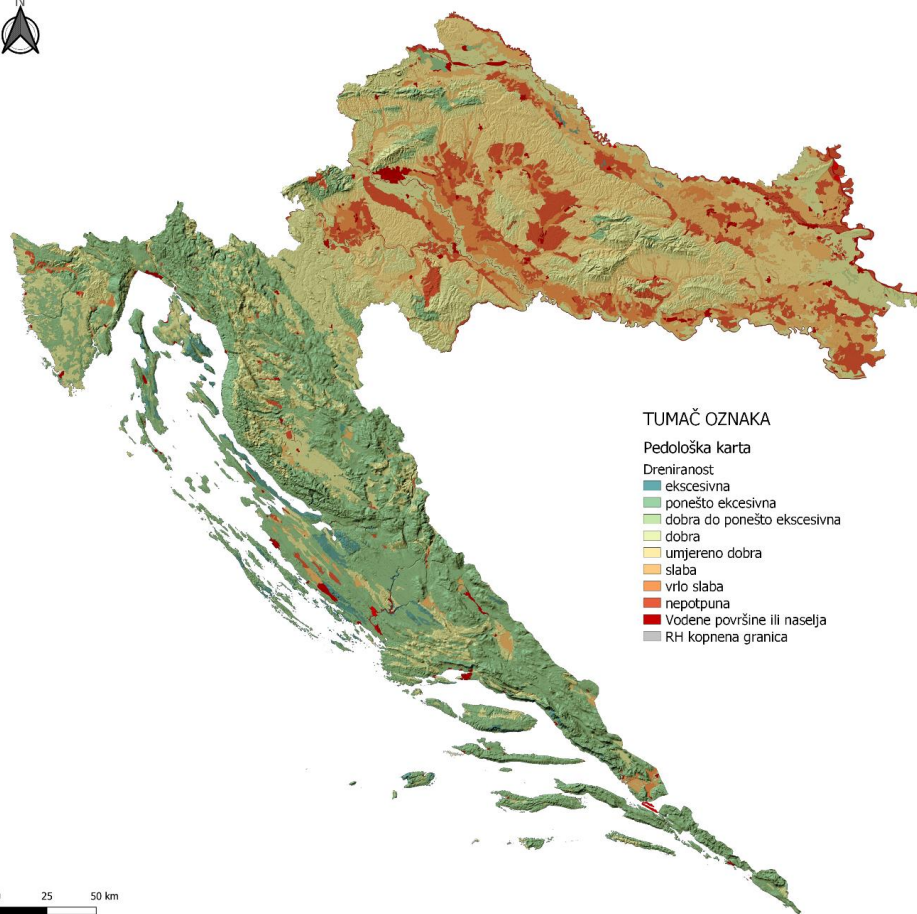
Slika 6.7. Prometna mreža republike Hrvatske prema OSM-u (prometnice i željeznice) i Hrvatskim vodama (unutarnja plovidba).

Za slučaj **odlagališta otpada** koristi se GIS podloga koja je pripremljena od strane Zavoda za zaštitu okoliša i prirode pri Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja (slika 6.8). Obzirom na rezultate eksperimentalnih istraživanja (Marzocchi i sur., 2009.) usvaja se scenarijo sa pojavom 3-5 rupa po hektaru površine odlagališta, te normiranim omjerom procjdnog protoka i volumena otpadne tvari na odlagalištu ($Q_{\text{procjdnog}}/V_{\text{otpada}} = 3,6 \cdot 10^{-7}$). Ovime se za svako registrirano odlagalište otpada sa statusom sanacije „priprema“ (ukupno 73 odlagališta sa rasponom volumena otpadne tvari na odlagalištu od 1000 do 100000 m³) može odrediti pripadni intenzitet procjeđivanja u vodonosnik. Primjerice za odlagalište otpada sa 30000 m³ otpadne tvari intenzitet procjeđivanja je $30000 \cdot 3,6 \cdot 10^{-7} = 0,011 \text{ m}^3/\text{s}$. Nadalje, za kontinuirano trajanje kiše od 24 sata, uz pretpostavku da se procjeđivanje razvija linearno od 0 do konačne vrijednosti tijekom prvih 12 sati, da se zadržava sa konstantnom vrijednost do kraja kiše (do 24 sata), te da jenjava kroz narednih 12 sati,

proračunava se volumen unesenog onečišćenja u vodonosnik $V_{i=\text{odlagalište}}$ kao umnožak $86400 * Q_{\text{procjeđivanja}}$. Primjerice za odlagalište otpada sa 30000 m^3 otpadne tvari to bi iznosilo $86400 * 0,011 \text{ m}^3/\text{s} = 942 \text{ m}^3$. Ovako izračunati volumen onečišćenja $\Delta V_{i=\text{odlagalište}}$ je inicijalna vrijednost koja se nastavno adekvatno umanjuje obzirom na reaktivne procese pri strujanju kroz poroznu sredinu vodonosnika do vodotoka (detaljnije objašnjeno u nastavku). Za procjenu vjerojatnosti nastupa ovog događaja korištena je GIS podloga o dreniranosti tla (Bogunović i sur., 1997., slika 6.9). Dreniranost tla podijeljena je u osam razreda, a u ovisnosti o pripadnom razredu usvojena je odgovarajuća vjerojatnost (gradacija s jednim redom veličine analogno klasama hidrauličke provodnosti prema Soil Survey Manualu, 2017.). Stoga je na području nepotpune dreniranosti usvojena vjerojatnost $p_i = 10^{-7}$, na području vrlo slabe $p_i = 10^{-6}$, na području slabe $p_i = 10^{-5}$, na području umjereno dobre $p_i = 10^{-4}$, na području dobre $p_i = 10^{-3}$, na području dobre do ponešto ekscesivne $p_i = 10^{-2}$, na području ponešto ekscesivne $p_i = 10^{-1}$, te na području ekscesivne dreniranosti $p_i = 10^0$.



Slika 6.8. Prostorna raspodjela točkastih podataka iz tematskog područja Otpad: lokacije odlagališta otpada



Slika 6.9. Dreniranost tla prema Namjenskoj pedološkoj karti Republike Hrvatske.

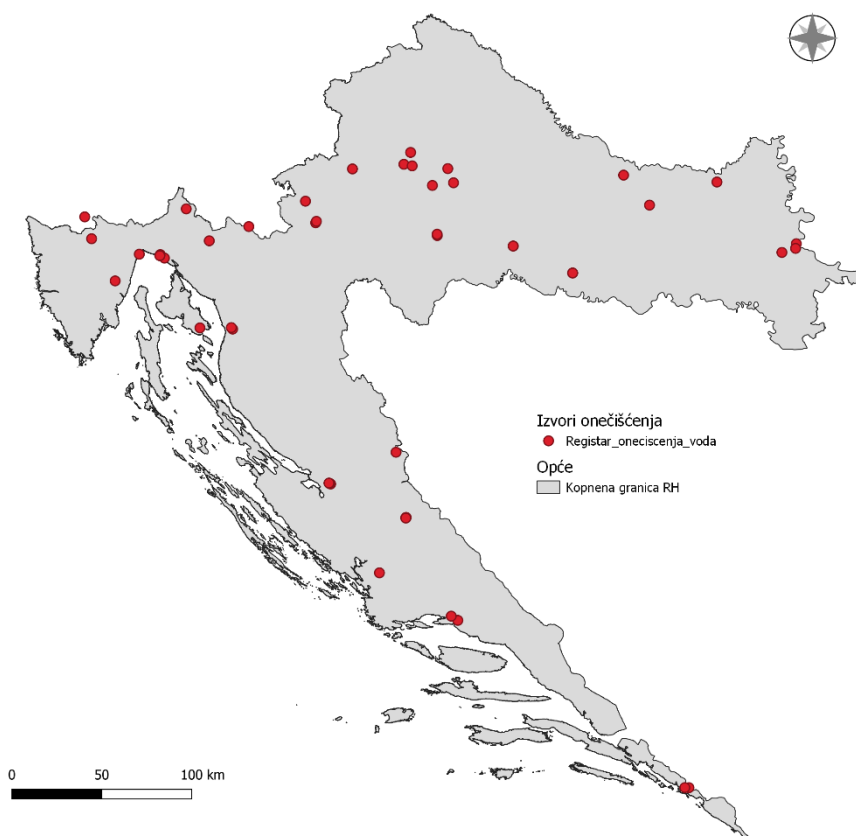
Za slučaj izvora „**crne točke**“ korištena je GIS podloga pripravljena od strane Zavoda za zaštitu okoliša i prirode pri Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja. Pregledom podataka iz tablice atributa zaključeno je da samo tri točke imaju karakter ugroze kvalitete voda za okolna vodna tijela, a obzirom da na njima nije provedena sanacija. To su: a) Bazeni crvenog mulja i otpadne lužine bivše tvornice glinice u Obrovcu (sanacija u tijeku), b) Lokacija praonice i dezinfekcijske stanice u Botovu (dokumentacija u izradi), c) Jama Sovjak kod Rijeke (sanacija u tijeku), d) Tvrtka DIV d.o.o. - mazut u sklopu tvornice vijaka TVIK u Kninu (dokumentacija u izradi) te e) Odlagalište fosfogipsa - Petrokemija Kutina (dokumentacija u izradi). Prema Izmjenama Plana gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje 2017-2022 (NN 1/2022) opis navedenih crnih točaka s procijenjenim vrijednostima količine otpada i površine onečišćenja dane su u tablici 6.6. S obzirom da su „crne točke“ jedne od najopasnijih izvora onečišćenja za vodna tijela, svim vodnim tijelima koji su najbliži ovim lokacijama dodijelit će se najviši stupanj rizika.

Tablica 6.6. Popis i status „crnih točaka“ koje potencijalno mogu predstavljati opasnost za vodna tijela (Izmjene Plana gospodarenja otpadom RH za razdoblje 2017-2022, NN 1/2022)

| »Crna točka« - naziv | Vrsta otpada | Status sanacije | Opis |
|--|------------------------------|------------------------|---|
| Bazeni crvenog mulja i otpadne lužine bivše tvornice glinice u Obrovcu | crveni mulj i otpadna lužina | sanacija u tijeku | Fond je u prosincu 2010. kao investitor prekinuo radove iako radovi na sanaciji nisu završeni zbog pravnog statusa dosadašnjih ugovora o izvođenju radova na predmetnoj sanaciji te kaznenog postupka koji je u tijeku. Planira se izrada projektne dokumentacije za završetak sanacije. Dijelom je provedena sanacija kojom je trebalo zbrinuti cca. 400.000 m ³ crvenog mulja i cca. 800.000 m ³ otpadne lužnate vode |
| Lokacija praonice i dezinfekcijske stanice u Botovu | zauljeni muljevi | dokumentacija u izradi | Nema aktivnosti. Podjelom trgovačkog društva onečišćivača osnovana su nova trgovačka društva među kojima je potrebno odrediti nadležnost za sanaciju odnosno pravnog sljednika sanacije. Potrebno je provesti dodatne istražne radove kako bi se utvrdila točna količina onečišćenog tla (šljunka i pijeska), vrsta i stupanj onečišćenja te procijenio opseg onečišćenja podzemnih voda. |
| Jama Sovjak kod Rijeke | otpadni katran | sanacija u tijeku | Donesena je odluka o odabiru za ugovor za projektiranje i radove na sanaciji. Potrebno je sanirati 8.000 m ² površine |
| Tvrtka DIV d.o.o. - mazut u sklopu tvornice vijaka TVIK u Kninu | mazut | dokumentacija u izradi | U nadležnosti vlasnika DIV-a d.o.o. Procijenjeno je onečišćenje katranom unutar tvornice Tvik u Kninu na površini od 47.940 m ² |
| Odlagalište fosfogipsa - Petrokemija Kutina | fosfogips i kisela voda | dokumentacija u izradi | Kutinska tvrtka Flamtron d.o.o. kupila je državnu tvrtku DE-FOS d.o.o. koju je ranije VRH osnovala za zbrinjavanje neopasnog otpada. Ukupna površina deponije je cca. 1.700.000 m ² , procijenjena količina odloženog neopasnog krutog otpada 8,5 milijuna t uz količinu procesne kisele vode od 2.000.000 m ³ |

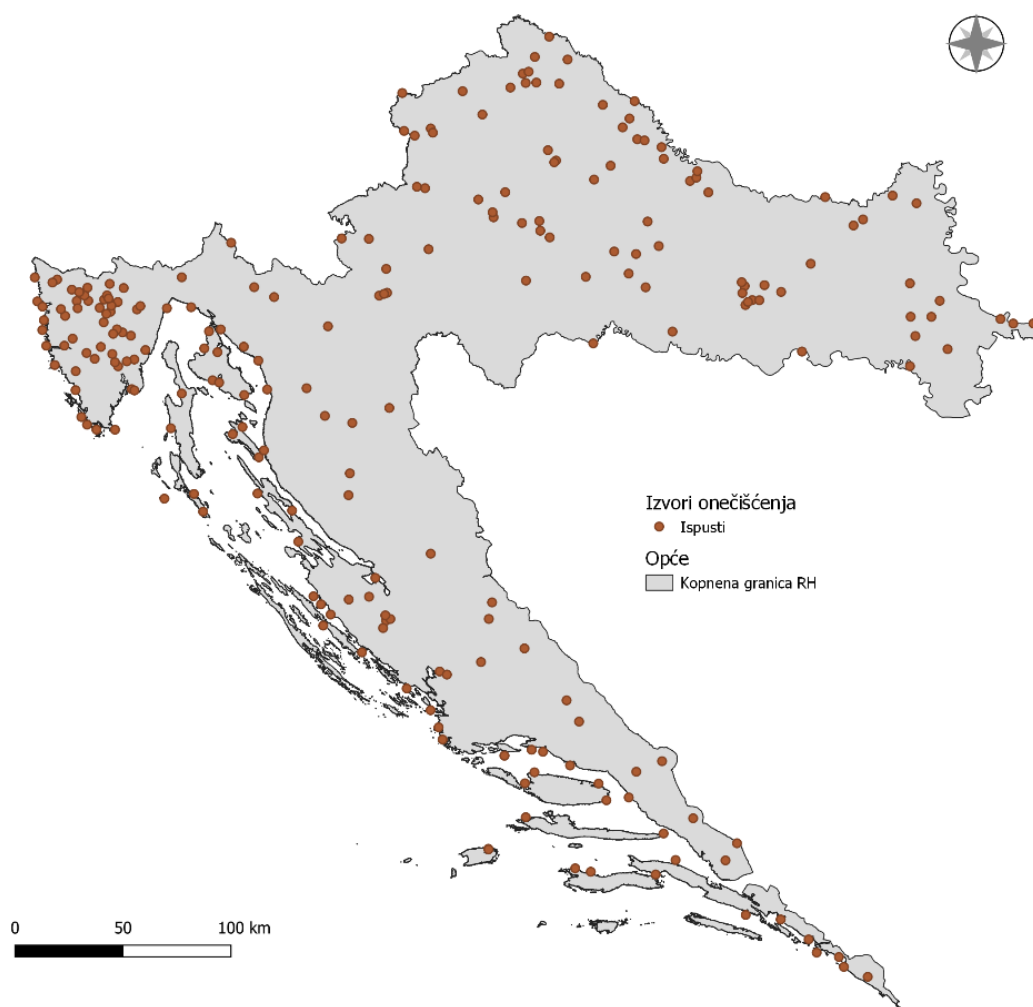
U Registru onečišćenja voda za razdoblje 2002.2022. (dobiveno od Naručitelja) predstavljeni su podaci o mjestu i vremenu prijave uočenog onečišćenja (sa parcijalnim navodima koordinata u HTRS sustavu), suspektom onečišćivaču-izvoru, uzroku onečišćenja sa klasifikacijom (1-13), procijenjenom količine onečišćenja, nazivom ugroženog vodnog tijela i opisom onečišćenja. Situacije koje su u stupcu „uzrok onečišćenja“ navedene kao malovodne hidrološke prilike (šifra 11 - izvanredna onečišćenja) nisu relevantne za provedbu predmetnih analiza u ovom projektu. Osim toga skup podataka se skraćuje i za sve prijave u kojima je procijenjena količina onečišćujuće tvari < 0,1 m³, ili je ugroženo

vodno tijelo karakterizirano kao „more“ ili „Jadransko more“, što također nije relevantno za predmetne analize. Preostale situacije onečišćenja uzimaju se u obzir na način da se onečišćenje unosi direktno u vodotok na mjestu navedenom u registru (ukoliko nije navedeno onda u najbliže vodno tijelo), sa količinom koja je također navedena u registru ($V_{i=\text{registar}} = \Delta V_{i,j}$). Za one situacije u kojima nisu navedene količine onečišćenja, koristi se vrijednost $V_{i=\text{registar}} = \Delta V_{i,j} = 3,5 \text{ m}^3$ (50% percentil od navedenih podataka količine onečišćenja). Obzirom da se onečišćenje unosi direktno u vodotok element površinskog i/ili potpovršinskog pronosa tvari ovdje nema ulogu. Kako su se navedene situacije dogodile na različitim lokacijama i zbog različitih uzroka onečišćenja jednom u razdoblju registriranja od 20 godina, osim kod situacija izlivanje ugljikovodika u Orašnicu i Krku sa istima uzrokom i izvorom onečišćenja (DIV, d.o.o ;12 situacija), svakoj od njih dodijeljena je vjerojatnost pojave $p_i = 0,05$. Za onečišćenje Orašnice iz DIV, d.o.o usvojena je vjerojatnost pojave $p_i = 0,6$. Navedeni tablični podaci su georeferencirani i prikazani na slici 6.10.



Slika 6.10. Prostorni točkasti podaci o pozicijama ispusta sustava javne odvodnje i tehnoloških

Za slučaj **ispusti** koristi se GIS podloga koja je dobivena od strane Naručitelja (slika 6.11) te podaci prikupljeni u Registru onečišćenja voda za razdoblje 2002.2022. Iz Registra je prepoznato 9 situacija iznenadnog onečišćenja voda (bez mora), a koje se povezuju sa havarijama na UPOV i pripadnim ispustima. Stoga se ovoj grupi izvora onečišćenja dodjeljuje vjerojatnost pojave $p_i = [(broj\ situacija\ 9 / ukupni\ broj\ ispusta\ 163\ u\ vodna\ tijela,\ bez\ mora) / (broj\ godina\ registriranja\ 20)] = 0,0028$. Informacije o količini onečišćenja nisu navedene niti za jednu situaciju. Za potrebe proračuna količine unesenog onečišćenja u vodno tijelo usvaja se pretpostavka o nekontroliranom radu UPOV (propuštanje projektiranog radnog protoka UPOV bez ikakvog pročišćavanja) tijekom jednog sata, pri čemu se direktno u vodno tijelo unosi količina onečišćenja $V_{i=ispust} = \Delta V_{i,j} = 3600 * Q_{UPOV-projekt}$.



Slika 6.11. Prostorni točkasti podaci o pozicijama ispusta sustava javne odvodnje i tehnoloških ispusta.

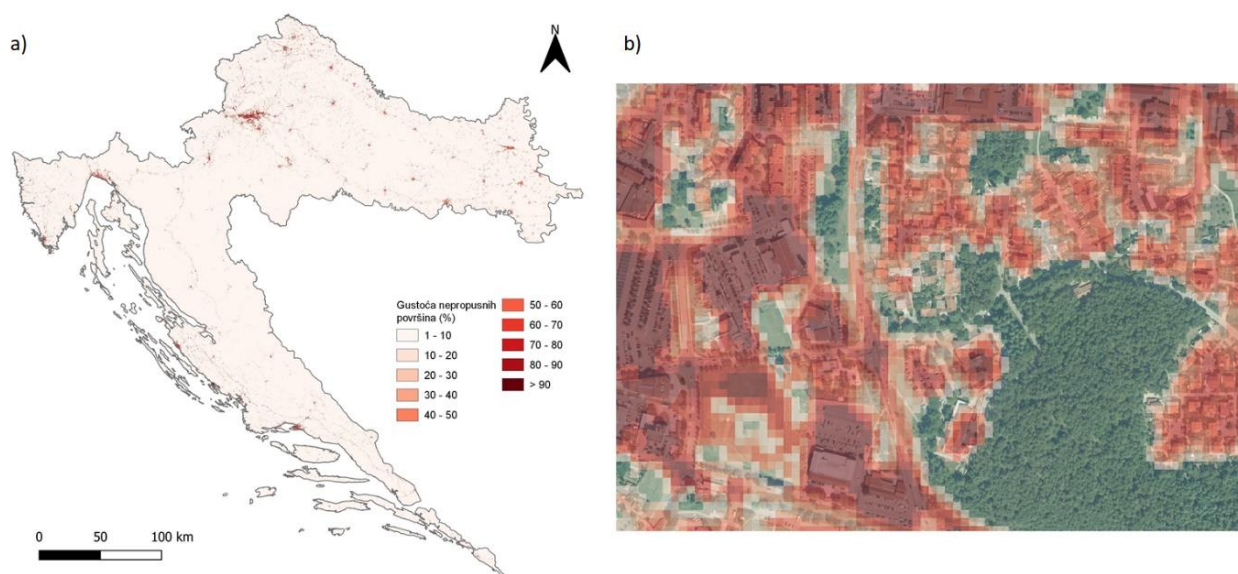
6.2.3. Proračun smanjenja količine onečišćenja na putu od izvora „i“ do vodnog tijela

Kako je prethodno navedeno, generirano onečišćenje na pojedinom izvoru ima mogućnost površinskog i/ili potpovršinskog pronosa do vodnog tijela. Za potrebe procjene raspodjele površinskog i podzemnog otjecanja onečišćenja pribavljena je Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske u mjerilu 1:300.000 (Slika 1.9). Procjena je zasnovana na podacima o dreniranosti tla, pri čemu je dreniranost podijeljena u osam razreda: a) nepotpuna, b) vrlo slaba, c) slaba, d) umjereno dobra, e) dobra, f) dobra do ponešto ekscesivna, g) ponešto ekscesivna h) ekscesivne dreniranosti. Svakom razredu je dodijeljena vrijednost raspodjele na površinski i potpovršinski pronos onečišćenja nastalog na pojedinom izvoru. Za slučaj nepotpune dreniranosti onečišćenje se pronosi samo površinskim putem, a za slučaj ekscesivne dreniranosti onečišćenje se pronosi samo potpovršinskim putem. U tablici 6.7. dane su vrijednosti raspodjele za sve razrede dreniranosti.

Tablica 6.7. Vrijednosti raspodjele na površinsku i potpovršinsku komponentu pronosa onečišćenja prema razredima dreniranosti.

| | nepotpuna | vrlo slaba | slaba | umjereno dobra | dobra | dobra do ponešto ekscesivna | ponešto ekscesivna | ekscesivna |
|------------------------------------|-----------|------------|-------|----------------|-------|-----------------------------|--------------------|------------|
| Površinski pronos C_{pov} (%) | 100 | 86 | 71 | 57 | 43 | 29 | 14 | 0 |
| Potpovršinski pronos C_{pod} (%) | 0 | 14 | 29 | 43 | 57 | 71 | 86 | 100 |

Pored pedološke karte, za procjenu raspodjele površinskih i podzemnih voda u urbaniziranim sredinama dodatno se koristiti i karta gustoće nepropusnih površina (IMD) visoke rezolucije (slika 6.12). Indeks nepropusnosti C_{IMD} prikazuje stupanj nepropusnosti površine i izražen je u postocima (0-100 %, nepropusnost 100% znači samo površinski pronos a 0% samo potpovršinski pronos), a njegova se procjena temelji na klasifikaciji vegetacijskog indeksa NDVI (eng. *Normalized Difference Vegetation Index*) izvedenog iz podataka prikupljenih daljinskim istraživanjima. Općenito, u nepropusne površine svrstani su objekti CLC razine 1 (izgrađene površine) s izuzetkom rudokopa i kamenoloma, odlagališta i gradilišta, željezničkih tračnica izvan izgrađenih područja, plastenika i zelenih površina unutar gradskih područja namijenjenih sportskim i rekreativnim aktivnostima.



Slika 6.12. Gustoća nepropusnih površina na teritoriju RH te detalj karte na DOF podlozi.

Konačna raspodjela površinskog i podzemnog indeksa otjecanja stoga se računa prema indeksu površinskog otjecanja I_{pov} i indeksu podzemnog otjecanja I_{pod} :

$$I_{pov} = C_{IMD} + (1 - C_{IMD})C_{pov} \quad (5)$$

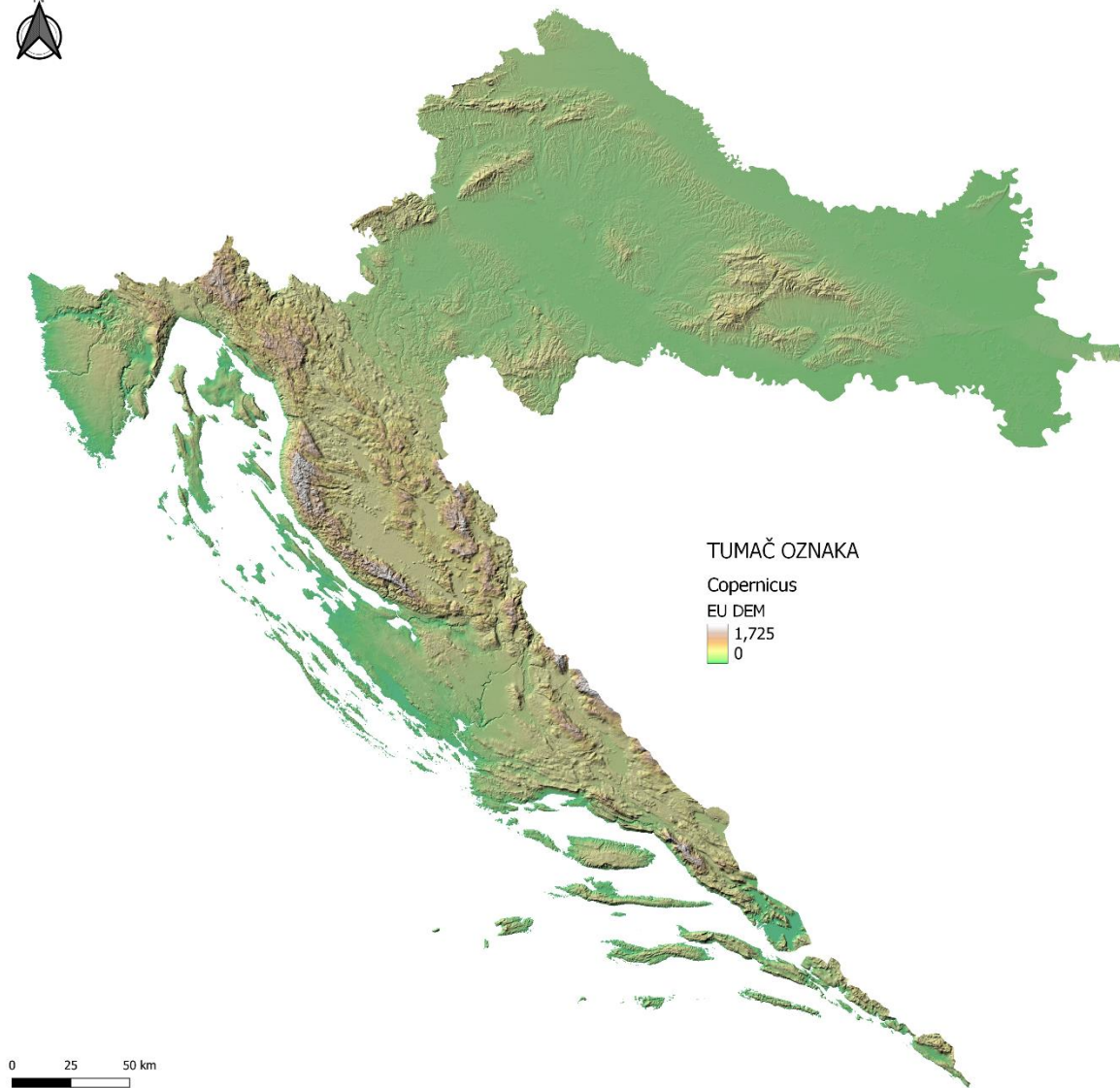
$$I_{pod} = (1 - C_{IMD})(1 - C_{pov}) \quad (6)$$

Pritom uvijek vrijedi $I_{pov} + I_{pod} = 1$. Za površinsku komponentu pronosa usvojeno je nulto smanjenje količine onečišćenja na putu od izvora onečišćenja do vodnog tijela. Kako bi se definirala pozicija vodnog tijela na kojoj se unosi onečišćenje (pozicija j) korištena je podloga u vidu digitalnog modela terena RH sa horizontalnom rezolucijom 25 m (EU-DEM iz Copernicus Land Service platforme, slika 6.13). U obzir se uzimaju svi izvori onečišćenja u radijusu 2 km od najbliže dionice vodnog tijela. Pritom je pridodana funkcija koja uključuje gubitke tijekom dužih površinskih pronosa onečišćenja:

$$K_{pov}(L) = -\tanh\left(-\frac{2000 - L}{500}\right) \quad (7)$$

Količina onečišćenja koja površinskim putem dospije u vodotok j sa porijeklom iz izvora i računa se prema izrazu:

$$\Delta V_{pov,i,j} = K_{pov}(L) * V_i * I_{pov} \quad (8)$$



Slika 6.13. Digitalni model terena Republike Hrvatske (EU-DEM)

Procjena potpovršinske komponente pronosa onečišćenja je složenija obzirom da uključuje i procese razgradnje, te uzima u obzir i karakteristike strujanja podzemnih voda u različitim geološkim sredinama. U tu svrhu pribavljena je Hidrogeološka karta Republike Hrvatske u mjerilu 1:300.000 (Biondić i sur., 1996., slika 6.14). Predmetna karta pored hidrogeoloških jedinica sadržava informacije o poroznosti i propusnosti vodonosnika, a ista je izrađena za Hrvatske vode u svrhu izrade Vodnogospodarske osnove RH (dio Podzemne vode) te kasnije Strategije upravljanja vodama (NN 91/2008).



TUMAČ OZNAKA

Hidrogeološka karta

Propusnost

VRLO DOBRA

DOBRA

OSREDNJA

KVARTARNE NASLAGE S VODONOSNICIMA VRLO DOBRE PROPUSNOSTI POKRIVENE SLABO PROPUSNIM NASLAGAMA

SLABA

VRLO SLABA

PRETEZNO VRLO SLABA

KVARTARNE NASLAGE S VODONOSNICIMA VRLO DOBRE PROPUSNOSTI POKRIVENE SLABO PROPUSNIM NASLAGAMA PRAKTIČKI BEZ VODONOSNIKA

NEMA VODONOSNIKA



RH kopnena granica

Slika 6.14. Karta propusnosti prema Hidrogeološkoj karti Republike Hrvatske

Podjela propusnosti napravljena je na 9 razreda. Obzirom da je razred „vrlo dobre“ propusnosti dodijeljen samo aluvijalnim bazenima na kraćim dionicama uokolo rijeke Save i Drave, potrebno je dodatno uvažiti i podjelu na hidrogeološke grupe, među

kojima krško geološko podneblje ima poseban značaj u perspektivi mogućeg brzog pronosa onečišćenja sa minimalnim doprinosom hidrauličko/kemijskih i ostalih reaktivnih procesa koji bi mogli smanjiti inicijalno unesenu količinu tvari ili njenu koncentraciju. Shodno tome, hidrogeološka grupa 13 (kaverozno-pukotinska poroznost) predstavlja kršku sredinu koja je u kartama karakterizirana sa razredom „dobre“ propusnosti, no potrebno ju je tretirati kao sredinu u kojoj se odvija pronos sa brzinama $v_{\text{potpovršinski}} = 5 \text{ cm/s}$ (Lončar i sur., 2018.). Nadalje, na području razreda „kvartarnih naslaga s vodonosnicima vrlo dobre propusnosti pokrivene slabo propusnim naslagama“ pronos tvari podzemnim vodama se može uključiti samo kod izvora „odlagališta otpada“ i „crne točke“, dok na području razreda „kvartarnih naslaga s vodonosnicima vrlo dobre propusnosti pokrivene slabo propusnim naslagama praktički bez vodonosnika“ i razreda „vrlo slabe propusnosti“ potpovršinski pronos onečišćenja ne uzima u obzir.

Na području razreda „pretežito vrlo slabe propusnosti“ potpovršinski pronos onečišćenja uključuje smanjenje koncentracije i količine onečišćenja uzduž toka podzemne vode kroz pripadni vodonosnik. Stoga je količina onečišćenja na mjestu unosa u vodno tijelo umanjena u odnosu na inicijalno unesene u vodonosnik ($V_1 > \Delta V_{i,j}$). Usvajaju se brzine strujanja podzemne vode $v_{\text{potpovršinski}} = 10^{-6} \text{ cm/s}$.

Na području razreda „slabe propusnosti“ također se uključuju reakcije koje doprinose smanjenju količine onečišćenja pri njegovom potpovršinskom pronosu, no sa očekivano manjim smanjenjem količine onečišćenja na putu od pozicije izvora u vodonosnik do pozicije vodnog tijela. Usvajaju se brzine strujanja podzemne vode $v_{\text{potpovršinski}} = 10^{-5} \text{ cm/s}$.

Na području razreda „osrednje propusnosti“ usvajaju se brzine strujanja podzemne vode $v_{\text{potpovršinski}} = 10^{-4} \text{ cm/s}$ (GFZ, 1992.; GFZ, 1999.), uz sudjelovanje reaktivnog procesa razgradnje onečišćenja pri njegovom pronosu kroz vodonosnik od mjesta izvora do samog vodnog tijela.

„Vrlo dobra“ propusnost je definirana na području Savskog i Dravskog aluvija (Zagrebački i Varaždinski bazen), u kojima je za razliku od krških vodonosnika pronos izraženo povezan s mehanizmima koji rezultiraju smanjenjem koncentracije i količine onečišćenja. Brzine strujanja podzemne vode su usvojene sa $v_{\text{potpovršinski}} = 10^{-3} \text{ cm/s}$ (GFZ, 1992.; GFZ, 1999.).

Kako bi se kvantificirao utjecaj reaktivnih procesa razgradnje pri pronosu onečišćujuće tvari od mjesta upuštanja u vodonosnik (izvora) do vodnog tijela korišteni su

podaci iz rada Lawrence (2006., tablica 6.8). Za sve gore navedene razrede, u kojima je razgradnja uzeta u obzir, korištena je ista vrijednost razgradnje $k = 0,0035 \text{ dan}^{-1}$.

Tablica 6.8. Usvojeni koeficijenti razgradnje za onečišćujuće tvari u procesu pronosa kroz vodonosnik na putu od mjesta unosa (odlagališta otpada, „crne točke“, industrija ...) do vodotoka prema Lawrence (2006.)

| vrsta tvari (onečišćenje) | aerobno k (dan^{-1}) | anaerobno k (dan^{-1}) |
|--|-----------------------------------|-------------------------------------|
| klorobenzen | 0,0063 | 0,00161 |
| 1,2-diklorbenzen ; 1,4- diklorbenzen ; 1,2,4-triklorbenzen | 0,0066 | 0,00165 |
| benzen,toulen,etilbenzen,m-,p-,o-ksilen, metil tert-butil eter | 0,00291 | |
| srednja vrijednost | 0,0035 | |

Za razliku od površinske komponente pronosa onečišćenja, u potpovršinskom pronosu onečišćenja putanja nije uvjetovana gradijentom terena, već gradijentom vodnog lica u saturiranoj zoni vodonosnika. U provedbi proračuna usvaja se pretpostavka da se potpovršinski pronos odvija u smjeru pravca, od pozicije izvora do najbliže točke okolnog vodnog tijela (duljina puta $L_{\text{potpovršinski}}$). Nakon iznalaženja duljine puta $L_{\text{potpovršinski}}$, i prepoznavanja razreda propusnosti s pripadnom usvojenom brzinom strujanja podzemne vode $v_{\text{potpovršinski}}$, određuje se vrijeme potrebno za prevaljivanje puta od pozicije izvora do najbliže točke okolnog vodnog tijela ($t_{\text{potpovršinski}} = L_{\text{potpovršinski}}/v_{\text{potpovršinski}}$). Proračunata vrijednost $t_{\text{potpovršinski}}$ omogućuje definiranje smanjenja količine onečišćenja u potpovršinskoj komponenti pronosa, od izvora do vodnog tijela, kroz primjenu sljedećeg izraza:

$$\Delta V_{\text{pod},i,j} = e^{(-k * t_{\text{potpovršinski}})} V_i I_{\text{pov}} \quad (9)$$

čime je dobivena količina onečišćenja koja se unesi u vodno tijelo (putem potpovršinskog pronosa) na poziciji j sa porijeklom iz izvora i .

Konačno, ukupni volumen koji doprije do vodotoka j sa porijeklom iz izvora i računa se kao veća vrijednost između površinskog i podzemnog volumena:

$$\Delta V_{i,j} = \max(\Delta V_{\text{pov},i,j}, \Delta V_{\text{pod},i,j}) \quad (10)$$

6.2.4. Procjena karakterističnog protoka u vodnom tijelu Q_j

Procjena karakterističnog protoka Q_j provedena je za sva vodna tijela, zasebno za tekućice, a zasebno za stajaćice.

U slučaju tekućica (T i K ekotipovi), od Naručitelja su pribavljeni podaci srednjeg godišnjeg protoka i protoka trajanja 50 % na 74 hidrološke postaje u slivu Save. Svakoj navedenoj hidrološkoj postaji potom su pridruženi podaci ekotipa prema dionici vodotoka na kojoj se nalaze te postaje te je provedena statistička analiza. Određene su prosječne, minimalne i maksimalne vrijednosti protoka trajanja 50 % ($Q_{t50\%}$) za svaku od četiri osnovne kategorije veličine tekućica prema ekotipu (tablica 6.9). Koristeći ove vrijednosti, svakoj dionici vodotoka na cjelokupnom području RH dodijeljena je vrijednost karakterističnog protoka koristeći prosječne vrijednosti za pripadajuću kategoriju veličine vodotoka prema ekotipu (male, srednje velike, velike i vrlo velike tekućice). S obzirom na vrijednosti prikazane u tablici 6.9., malim tekućicama je dodijeljena vrijednost $Q_j = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$, srednje velikima $Q_j = 3,3 \text{ m}^3/\text{s}$, velikima $Q_j = 44,0 \text{ m}^3/\text{s}$, a vrlo velikima $Q_j = 530,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Pritom je svim tekućicama koje su prema ekotipu kategorizirane kao „vrlo male“, „jako male“ ili „povremene“ dodijeljena vrijednost $Q_j = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tablica 6.9. Rezultati statističke analize vrijednosti protoka trajanja 50 % ($Q_{t50\%}$) na hidrološkim postajama u slivu Save za četiri kategorije veličine tekućica prema ekotipu.

| Veličina vodotoka | N | Prosjek | Std | Minimalno | Maksimalno |
|-------------------|----|---------|-------|-----------|------------|
| male | 31 | 0.45 | 0.59 | 0.01 | 2.53 |
| srednje velike | 21 | 3.3 | 3.5 | 0.5 | 15.0 |
| velike | 13 | 43.7 | 57.9 | 1.9 | 185.9 |
| vrlo velike | 9 | 529.5 | 256.6 | 200.8 | 865.4 |

U slučaju stajaćica (S, A, B i R ekotipovi) karakteristični protok je određen s obzirom na procijenjeni volumen vode. Pritom je volumen određen s obzirom na stvarnu površinu jezera/akumulacije/ribnjaka te njihovu prosječnu dubinu s obzirom na kategorizaciju ekotipova (plitka jezera $d=1,5 \text{ m}$, srednje dubina jezera $d=9,0 \text{ m}$, duboka jezera $d=15,0 \text{ m}$; vrlo plitke akumulacije $d=1,0 \text{ m}$, plitke akumulacije $d=1,5 \text{ m}$, srednje duboke akumulacije $d=6,0 \text{ m}$, duboke akumulacije $d=10,0 \text{ m}$). Potom je iz volumena određen karakteristični protok pod pretpostavkom kompletne izmjene vode tijekom jednog mjeseca $Q = V / 30 \text{ dana} / 86400 \text{ s}$.

7. REZULTATI PROCJENE RIZIKA OD ONEČIŠĆENJA VODA

7.1. Rezultati procjene ranjivosti i otpornosti vodnih tijela

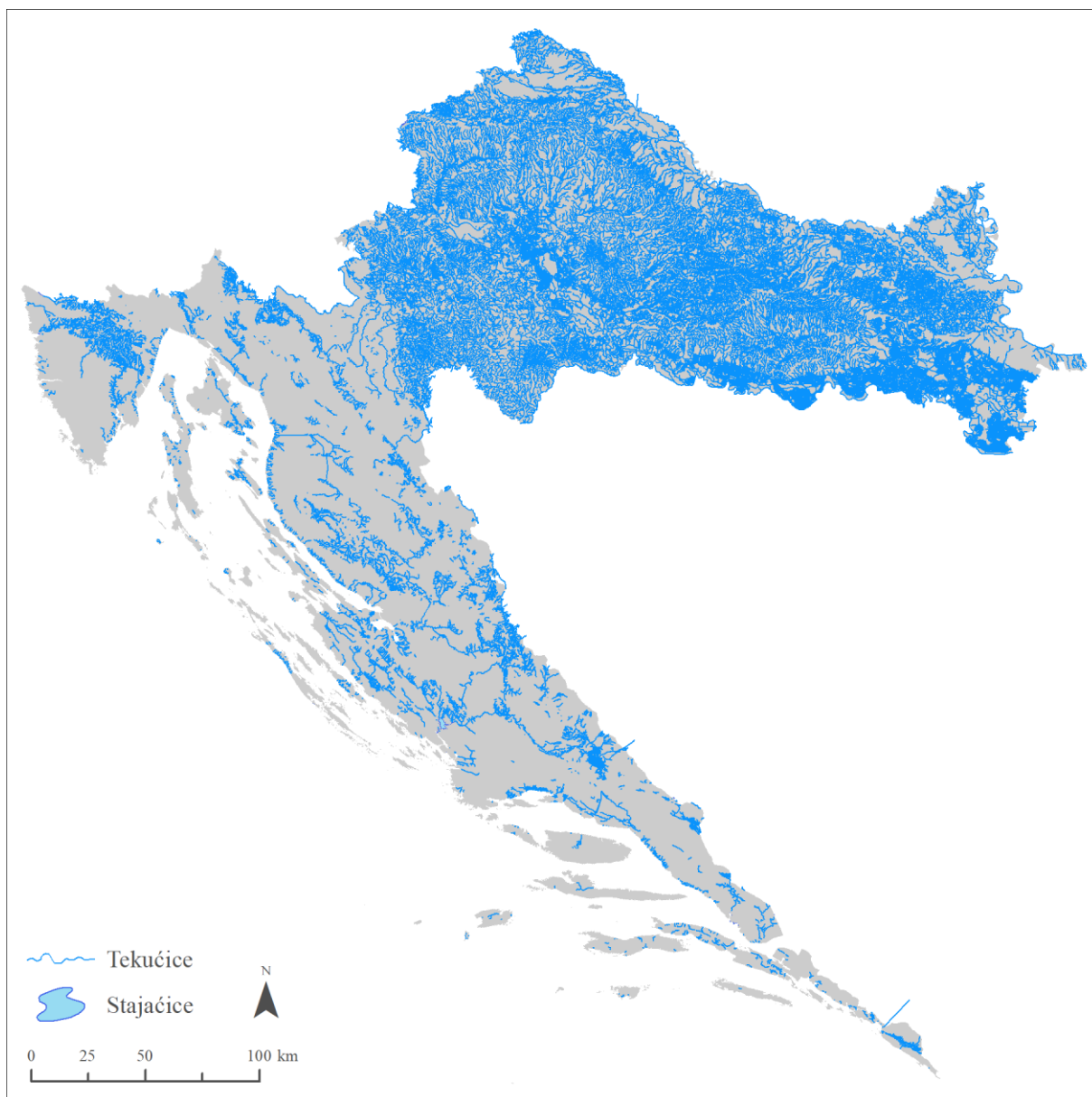
Procjena ranjivosti, odnosno otpornosti vodnih tijela na području Republike Hrvatske (RH) provedena je za sva površinska vodna tijela obuhvaćena Planom upravljanja vodnim područjima (2022.-2027.) prema metodologiji prikazanoj u poglavlju 6.2.1. Vodna tijela obuhvaćena predmetnom analizom prikazana su na slici 7.1. Sva vodna dijela predstavljena su nizom linija (segmenti tekućica) i poligona (pretežito stajaćice), ukupno je 161.193 linija, odnosno segmenata tekućica te 364 poligona, odnosno stajaćica. Površinskih vodnih tijela je ukupno 4730.

Indeks otpornosti implicitno sadrži i ranjivost, a ovisi o: a) graničnoj vrijednosti koncentracije dobrog stanja i dobrog/boljeg potencijala ekotipa vodnog tijela za BPK₅ prema Nacrtu prijedloga Uredbe o izmjenama i dopunama uredbe o standardu kakvoće voda te b) broju vrsta relevantnih zaštićenih područja kojim pripada vodno tijelo.

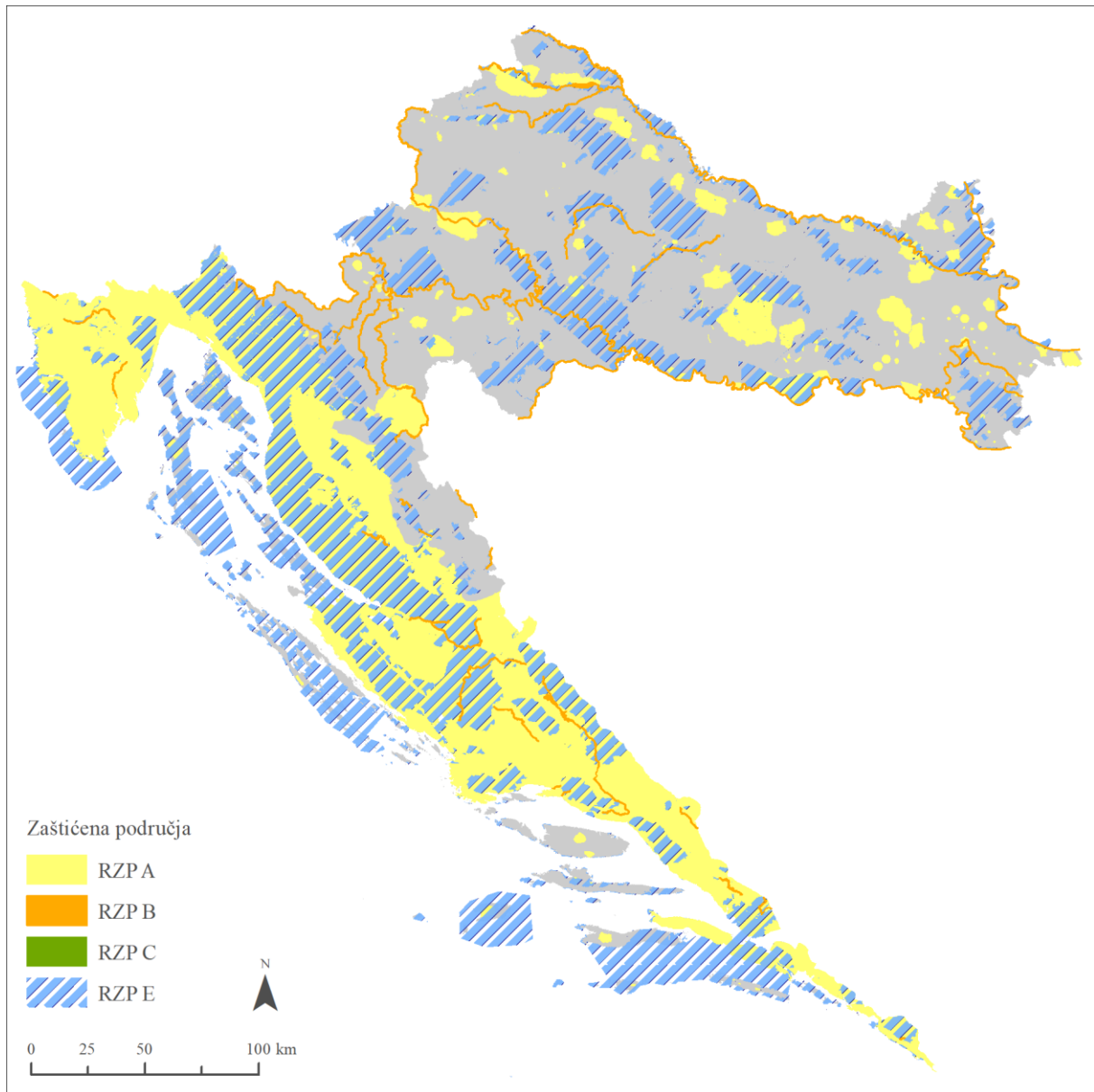
Na slici 7.2. prikazana su zaštićena područja grupirana u četiri klase vezane uz područja zaštite vode namijenjene ljudskoj potrošnji (A), područja pogodna za zaštitu gospodarski značajnih vodenih organizama (B), područja za kupanje i rekreaciju (C) te područja namijenjena zaštiti staništa ili vrsta (E). Prikazana područja potom su pridružena vodnim tijelima te je svaki segment vodnog tijela određena odgovarajuća vrijednost ZP, koja može poprimiti vrijednosti od 0 do 4. Vrijednosti parametra ZP_j po segmentima vodnih tijela prikazane su na slici 7.3.

Na slici 7.4. prikazane su granične vrijednosti koncentracije dobrog stanja i dobrog/boljeg potencijala ekotipa vodnih tijela c_{gr} za BPK₅ za sva vodna tijela obuhvaćena predmetnom analizom. Treba još jednom napomenuti da ovaj parametar nema apsolutno značenje nego predstavlja „mjeru“ osjetljivosti pojedinog ekotipa na incidentno onečišćenje bilo kojeg kemijskog sastava.

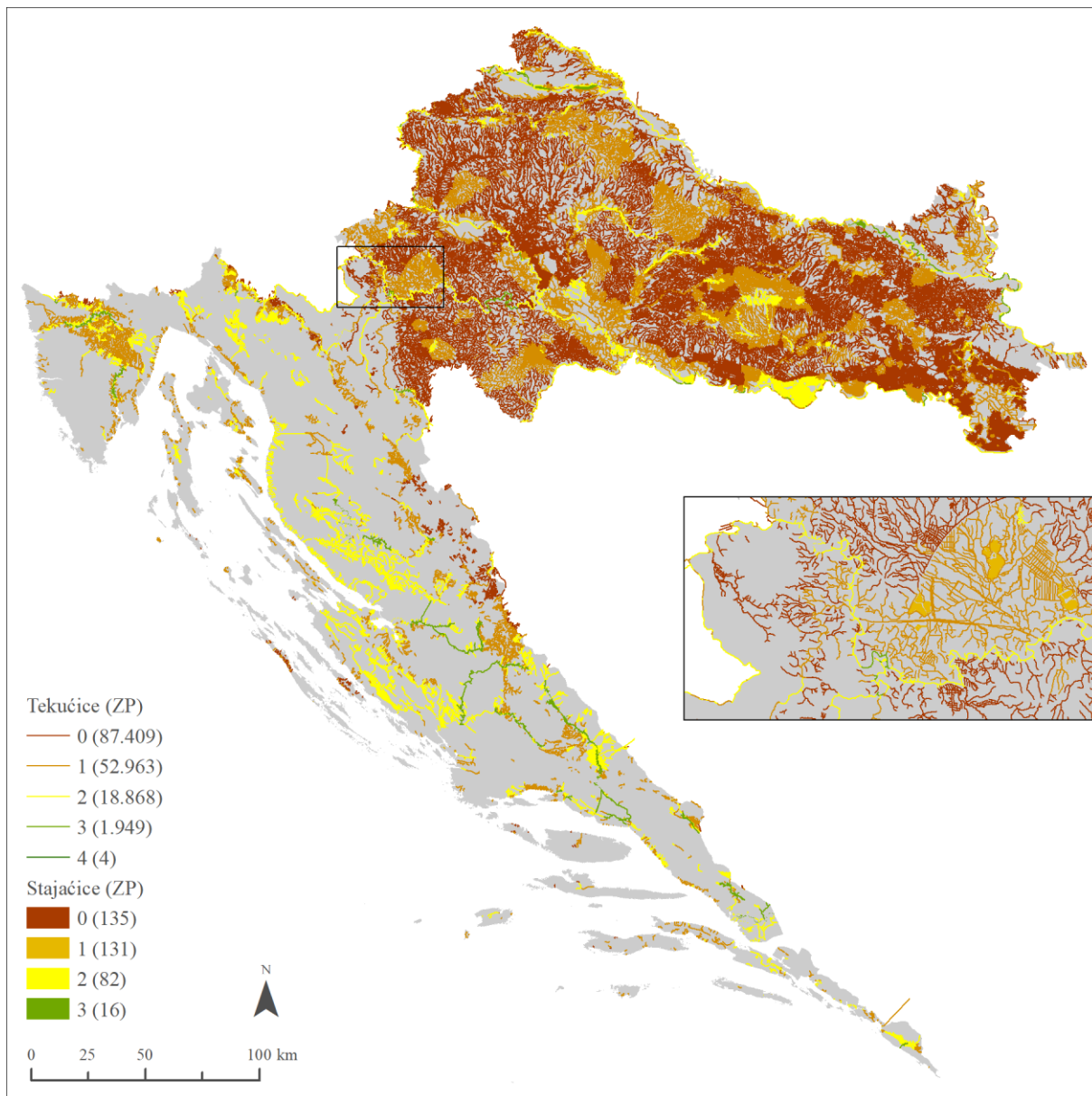
Konačno, na slici 7.5. prikazane su izračunate vrijednosti indeksa otpornosti vodnih tijela na onečišćenja. Može se primijetiti da generalno niži indeks otpornosti imaju vodna tijela u jadranskom vodnom području, dok tijela u vodnom području rijeke Dunav imaju višu vrijednosti indeksa otpornosti.



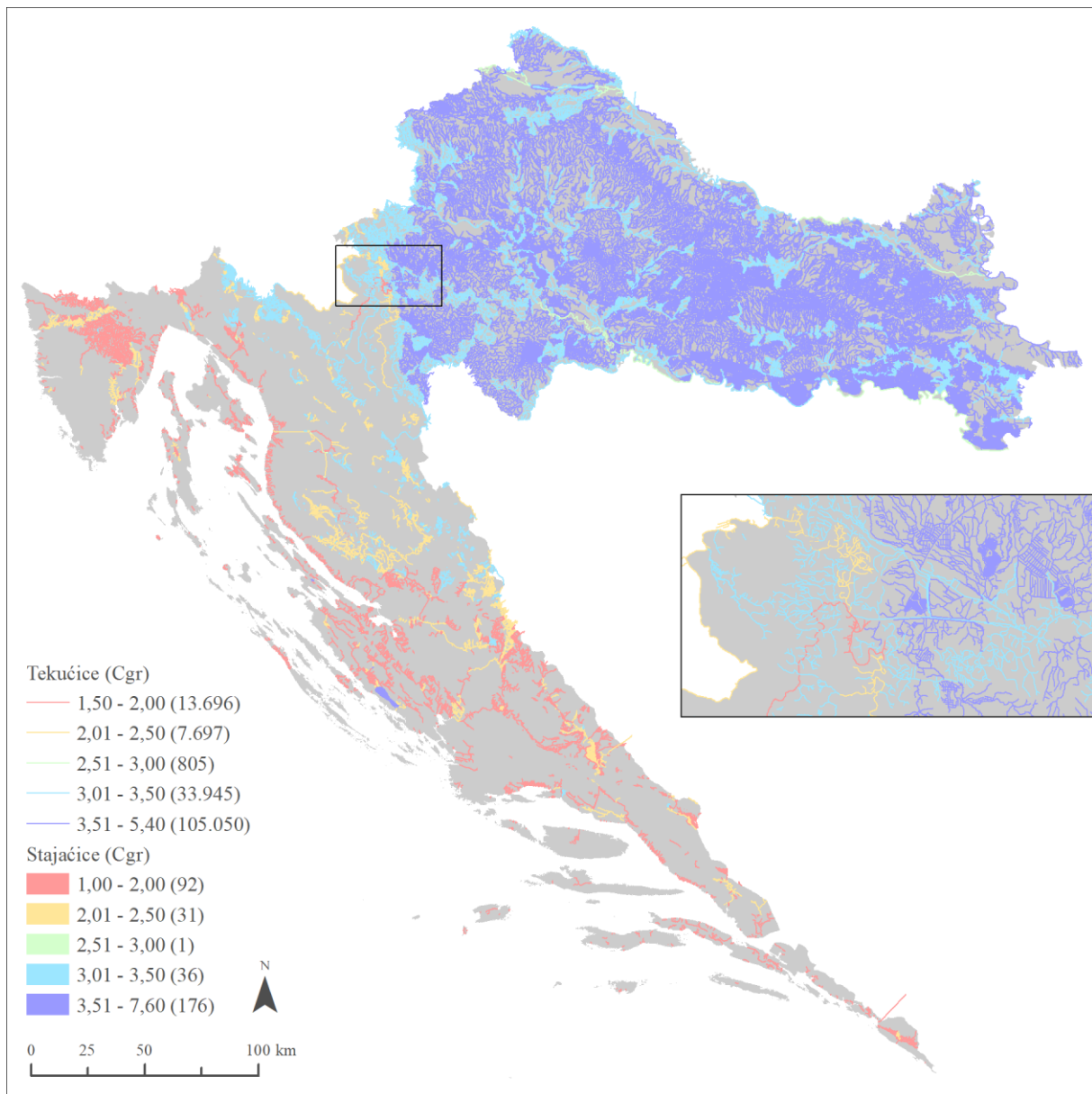
Slika 7.1. Sva površinska vodna tijela u RH za koje je provedena analiza rizika od onečišćenja voda.



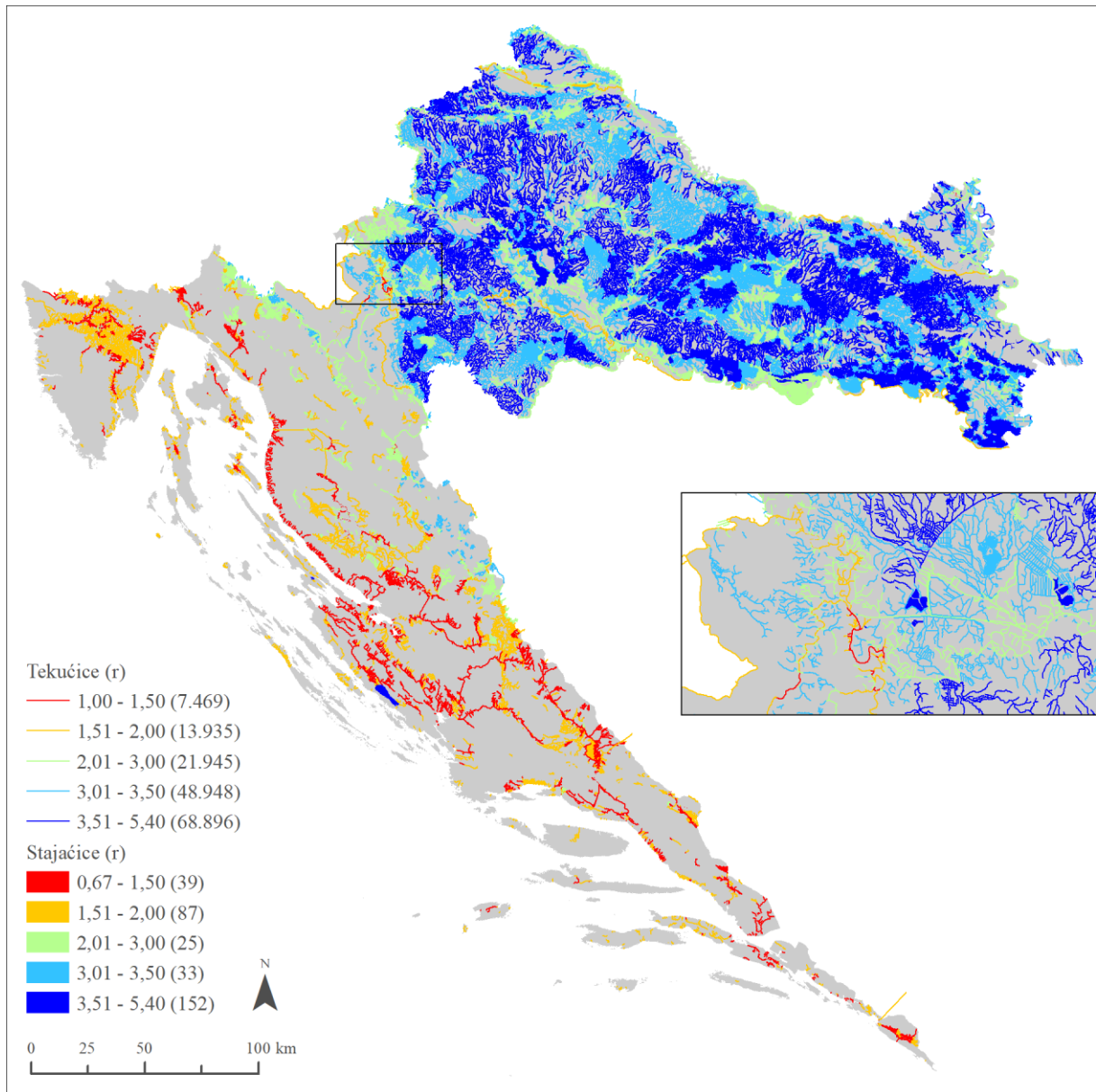
Slika 7.2. Područja posebne zaštite voda na području RH grupirana u A, B, C i E klase na temelju kojih je određena ranjivost dionica vodnih tijela.



Slika 7.3. Broj vrsta relevantnih zaštićenih područja ZP kojima pripadaju dionice vodna tijela na području RH.



Slika 7.4. Granične vrijednosti koncentracije dobrog stanja i dobrog/boljeg potencijala ekotipa dionice vodnih tijela c_{gr} za BPK_5 na području RH.



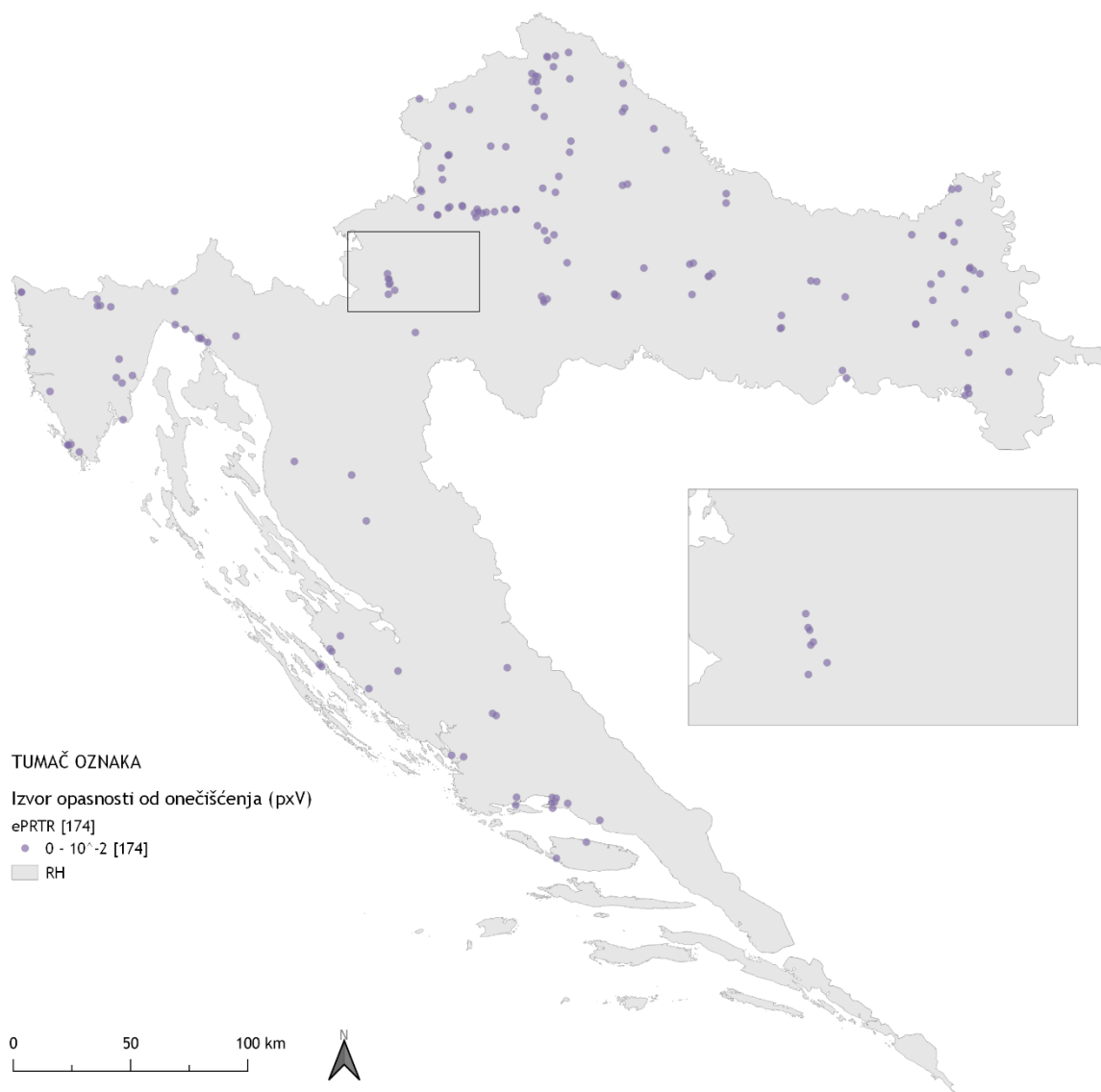
Slika 7.5. Indeks otpornosti r dionica vodnih tijela na području RH.

7.2. Rezultati procjene izvora opasnosti

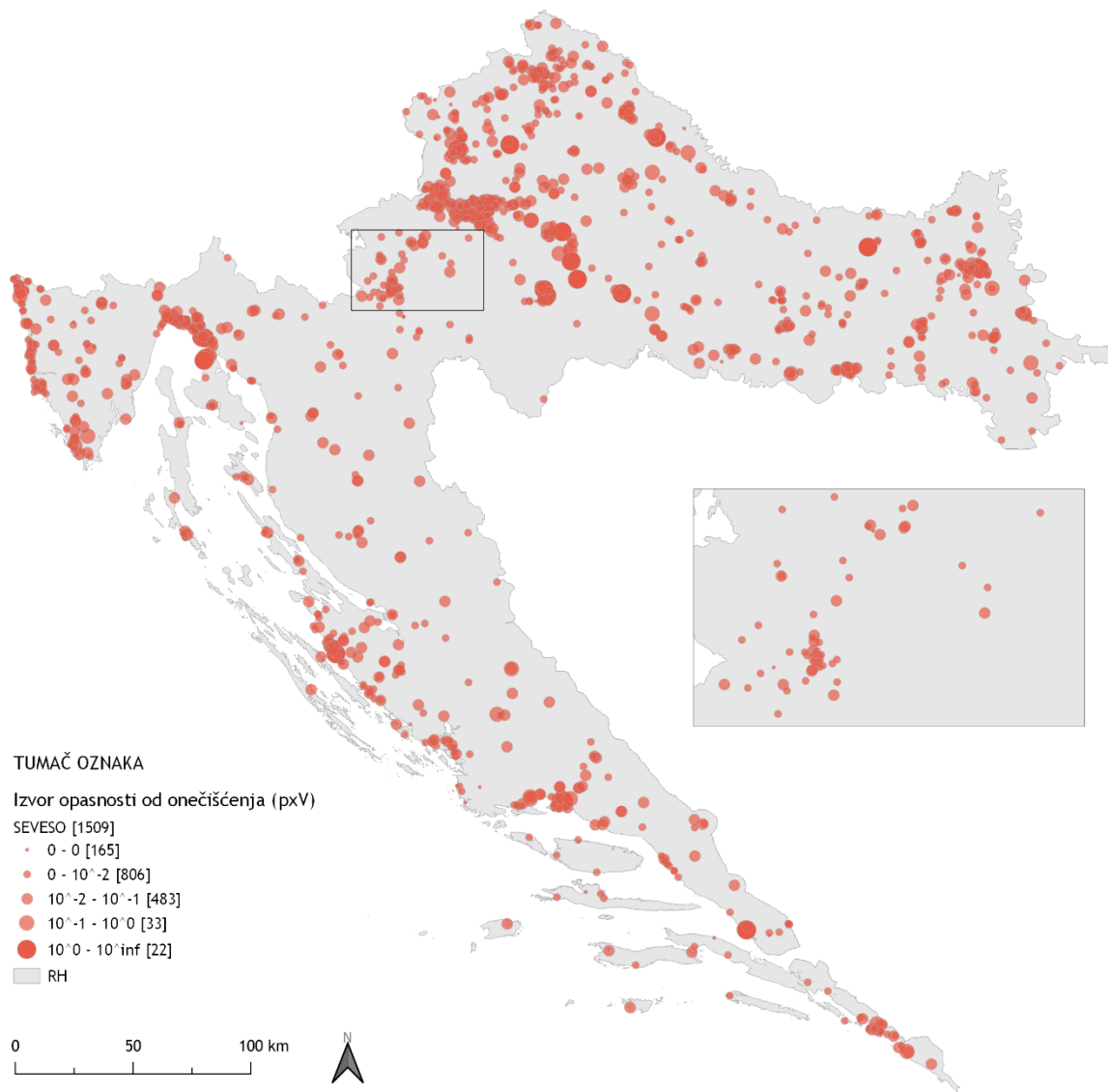
Nakon procjene indeksa otpornosti vodnih tijela, provedena je analiza izvora onečišćenja, odnosno kvantifikacija opasnosti od onečišćenja s obzirom na vjerojatnost nastupanja iznenadnog onečišćenja i količine onečišćenja koje se ispušta u okoliš i može dospjeti u vodno tijelo. Procjena vjerojatnosti p_i i volumena onečišćujuće tvari V_i provedena je u skladu s metodologijom prikazanom u poglavlju 6.2.2 za različite grupe izvora onečišćenja. Opasnost od onečišćenja u tom smislu predstavlja umnožak vjerojatnost i volumena $p_i V_i$. Treba napomenuti da iako umnožak vjerojatnosti i volumena može imati fizikalno značenje [m^3] godišnje, zbog nepouzdanosti ulaznih podataka, u kontekstu predmete analize ove vrijednosti predstavljaju samo relativnu razinu opasnosti.

Na slici 7.6. prikazane su opasnosti izvora onečišćenja - industrijska (E-PRTR) postrojenja - na području RH. Vrijednosti opasnosti $p_i V_i$ su iste za sva postrojenja i iznose $5,51 \cdot 10^{-3}$ s obzirom da su zbog nedostatka konkretnih podataka o količini tvari u okviru ove analize pretpostavljene prosječne vrijednosti ukupnog volumena onečišćujućih tvari. Treba napomenuti da određeni dio E-PRTR postrojenja nije prikazan na ovoj slici, jer je uključen i prikazan u okviru analize SEVESO postrojenja. Nakon izdvajanja onih lokacija koji se nalaze u SEVESO grupi, ukupno je preostalo 114 E-PRTR postrojenja.

Na slici 7.7. prikazane su opasnosti izvora onečišćenja - SEVESO postrojenja - na području RH. Maksimalne vrijednosti opasnosti $p_i V_i$ dosežu 123, iako za većinu postrojenja (njih 1483) opasnost ne prelazi 0,78. U usporedbi s E-PRTR postrojenjima, ovo su znatno više vrijednosti, što je i očekivano s obzirom na ukupne količine potencijalno opasnih tvari koje se nalaze u ovim postrojenjima.

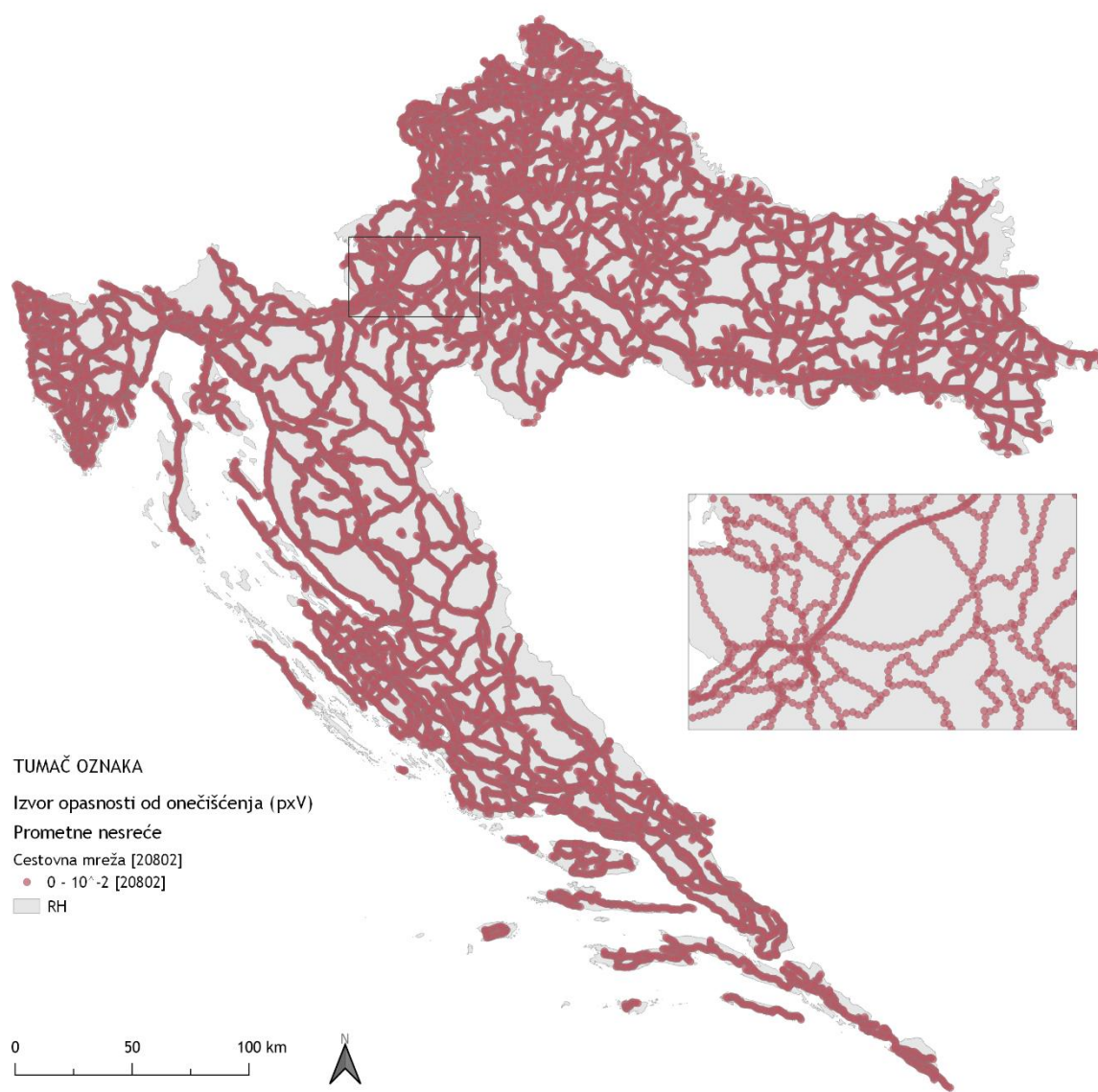


Slika 7.6. Karta opasnosti izvora onečišćenja - industrijska (E-PRTR) postrojenja - na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja V_i).



Slika 7.7. Karta opasnosti izvora onečišćenja - SEVESO postrojenja - na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja V_i).

Na slici 7.8. prikazane su opasnosti izvora onečišćenja - cestovne prometne nesreće, a na slici 7.9. željezničke nesreće i nesreće na plovnim putevima na području RH. Vrijednosti opasnosti $p_i V_i$ su $6,6 \cdot 10^{-6}$ za cestovne nesreće (20802 km), $4,5 \cdot 10^{-7}$ za željezničke nesreće (2933 km) i $7,2 \cdot 10^{-9}$ za nesreće na unutarnjim plovnim putevima (768 km). Iako su u usporedbi s ostalim izvorima onečišćenja ovo vrlo niske vrijednosti, prometne nesreće nisu zanemariv izvor s obzirom da se onečišćenje vrlo često direktno unosi u vodno tijelo te da su potencijalne lokacije vrlo gusto raspoređene u prostoru (posebno cestovne prometne nesreće).

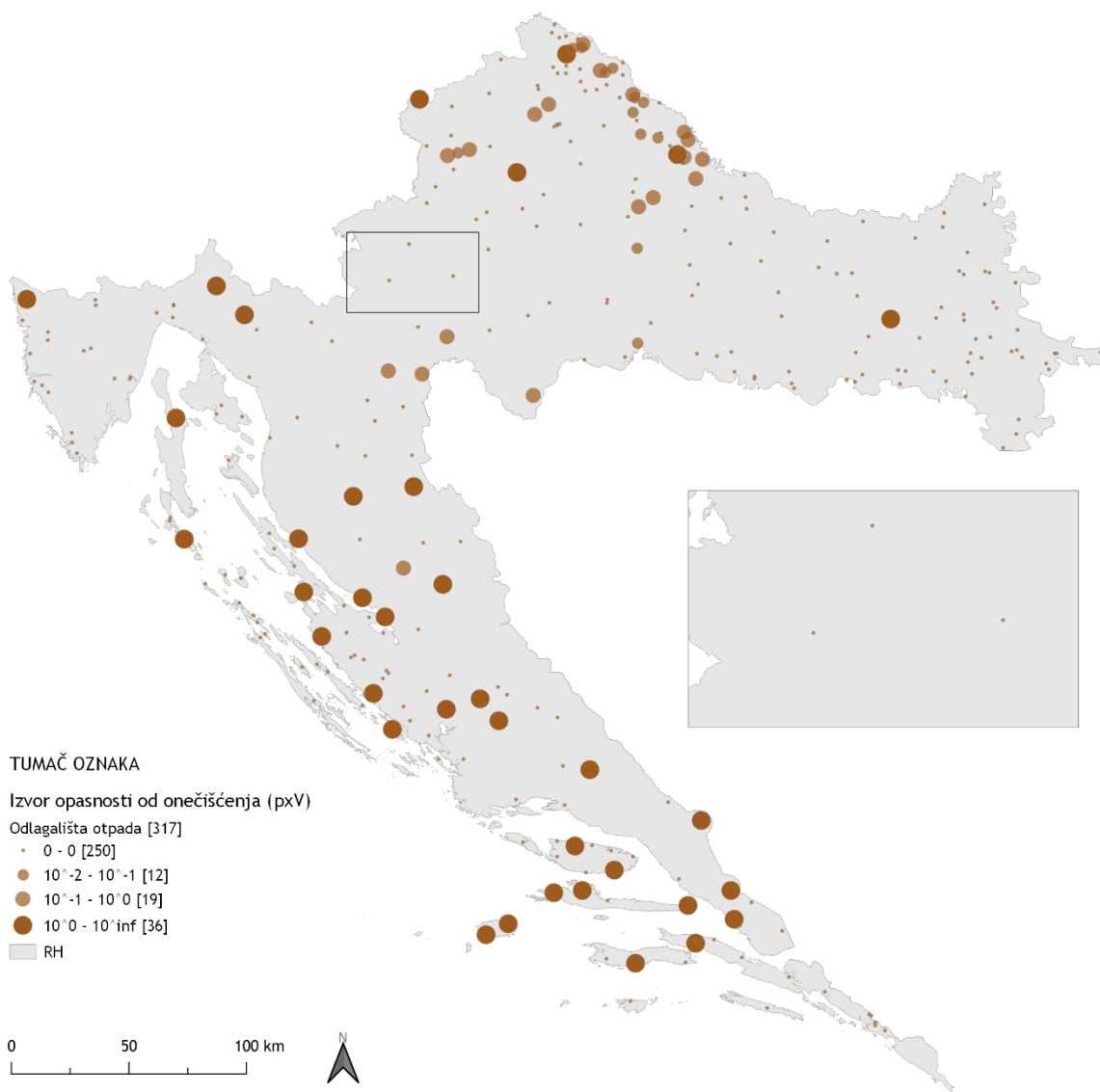


Slika 7.8. Karta opasnosti izvora onečišćenja - cestovne prometne nesreće - na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja V_i).



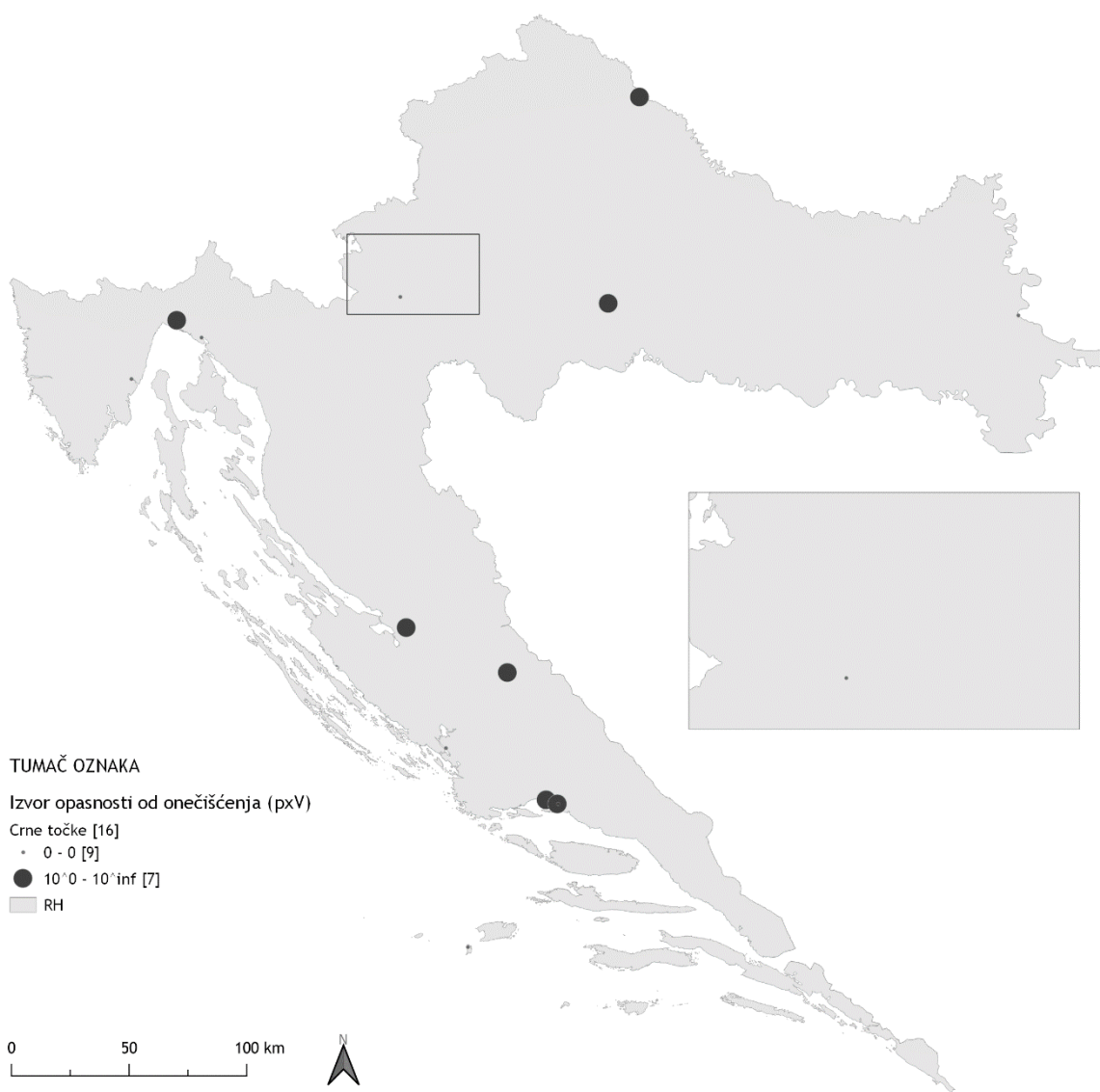
Slika 7.9. Karta opasnosti izvora onečišćenja - željezničke nesreće i nesreće na plovnim putevima - na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja V_i).

Na slici 7.10 prikazane su opasnosti izvora onečišćenja - nesaniranih odlagališta otpada - na području RH. Maksimalne vrijednosti opasnosti $p_i V_i$ dosežu 559, međutim većina izvora onečišćenja ima znatno niže $p_i V_i$ vrijednosti. Ovako visoke vrijednosti se mogu prvenstveno pripisati visokoj vjerojatnosti pojave onečišćenja. U usporedbi s ostalim izvorima onečišćenja, odlagališta otpada imaju visoki stupanj opasnosti.



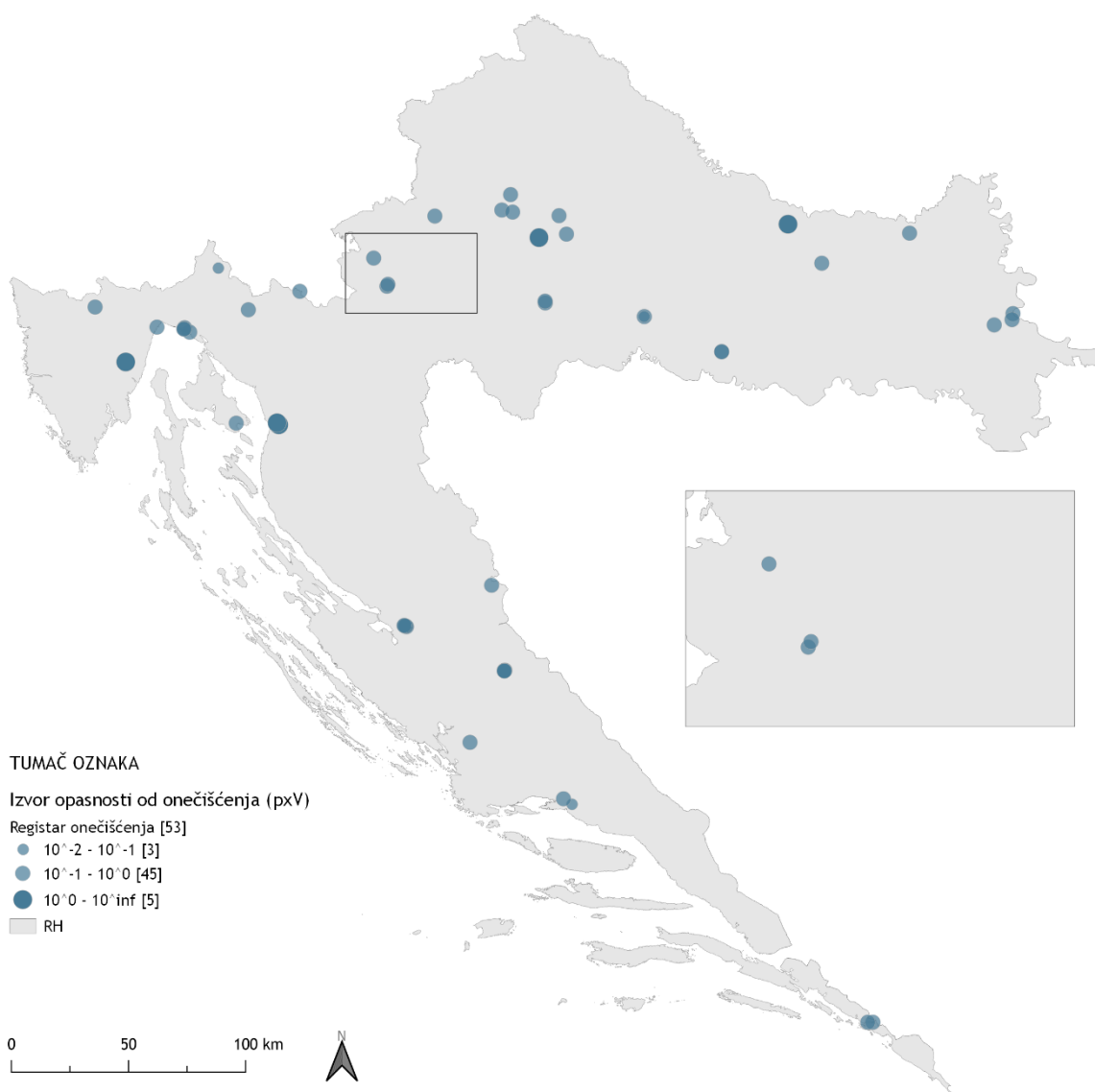
Slika 7.10. Karta opasnosti izvora onečišćenja - odlagališta otpada - na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja V_i).

Na slici 7.11 prikazane su opasnosti izvora onečišćenja - „crne točke” - na području RH. Za razliku od drugi izvora onečišćenja u ovom slučaju nisu procijenjene vjerojatnosti i volumeni zbog nedostatka podataka. Međutim za sve „crne točke“ koje nemaju status „sanirano“ i mogu se pridružiti određenoj dionici vodotoka dodjeljuje se u najviši stupanj opasnosti (999). Bazeni crvenog mulja i otpadne lužine bivše tvornice glinice u Obrovcu, lokacija praonice i dezinsekcijske stanice u Botovu, jama Sovjak kod Rijeke, mazut u sklopu tvornice vijaka TVIK u Kninu te odlagalište fosfogipsa - Petrokemija Kutina su lokacije relevantne za predmetne analize i predstavljaju najvišu razinu opasnosti.



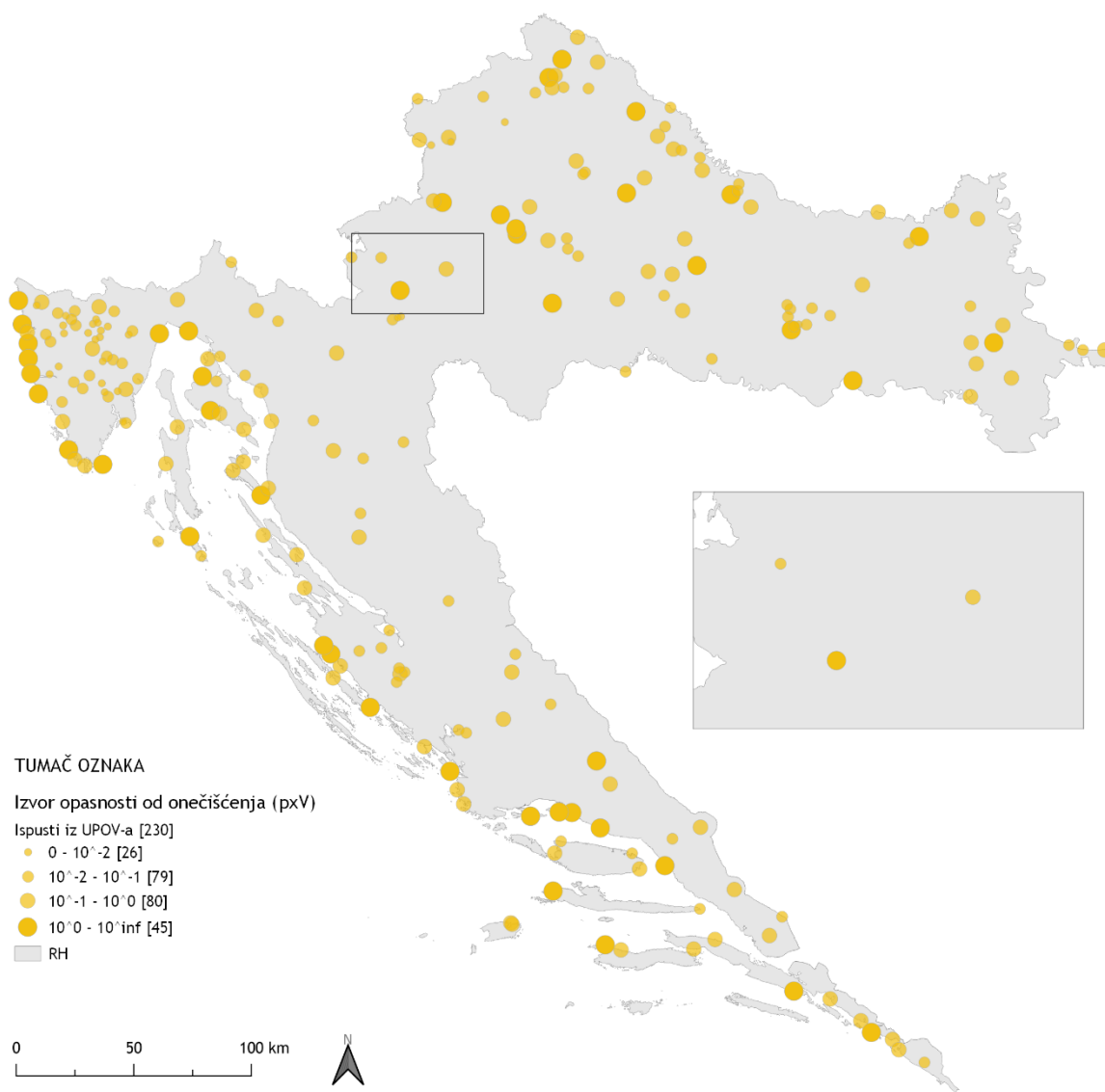
Slika 7.11. Karta opasnosti izvora onečišćenja - „crne točke“ - na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja V_i).

Na slici 7.12 prikazane su opasnosti izvora onečišćenja navedenih u Registru onečišćenja na području RH. Vrijednosti opasnosti $p_i V_i$ kreću se u rasponu od 0,03 do 5,0. S obzirom da je svim lokacijama pridružena ista vjerojatnost, razina opasnosti ovisi prvenstveno o procijenjenoj količini onečišćujućih tvari. Treba napomenuti da je na određenim vodotocima (Orašnica i Zrmanja) u Registru zabilježeno višestruko pojavljivanje onečišćenja, što rezultira i višom vjerojatnosti pojavljivanja onečišćenja i u budućnosti. Navedene lokacije nisu prikazane s višom vrijednosti opasnosti, već s višestrukim vrijednostima koje će biti sumirane u sljedećoj fazi procjene rizika.



Slika 7.12. Karta opasnosti izvora onečišćenja navedenih u Registru onečišćenja na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja V_i).

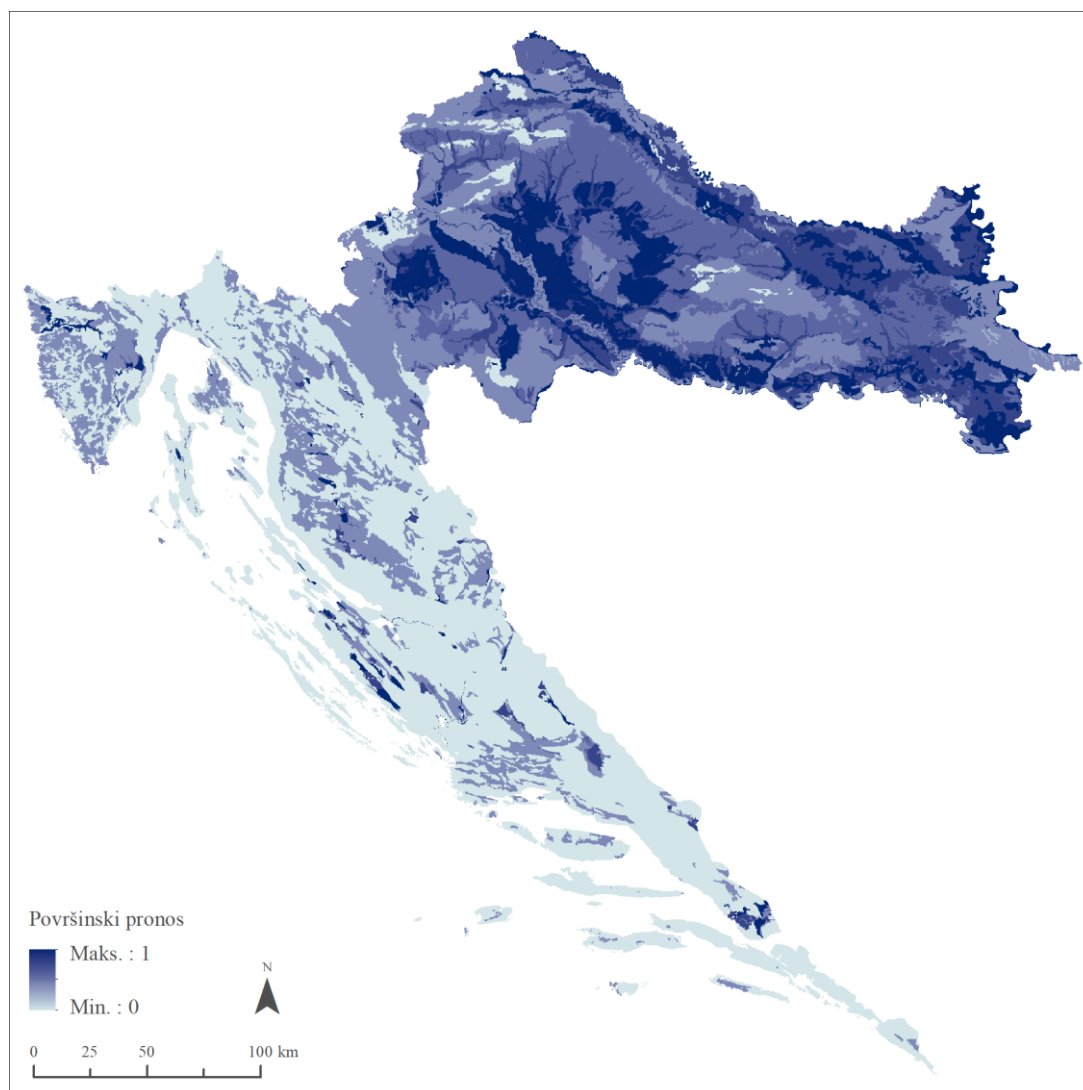
Na slici 7.13 prikazane su opasnosti izvora onečišćenja - ispusti - na području RH. Vrijednosti opasnosti $p_i V_i$ kreću se u rasponu do 59 (UPOV Zagreb), što prvenstveno ovisi o kapacitetu UPOV-a. Očekivano, najviše vrijednosti su vezane uz najveće UPOV-e, kao što su Zagreb, Rijeka, Split, Varaždin, Zadar, itd. Također treba voditi računa da se ove razine opasnosti direktno unose u vodno tijelo.



Slika 7.13. Karta opasnosti izvora onečišćenja - ispusti UPOV-a - na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja V_i).

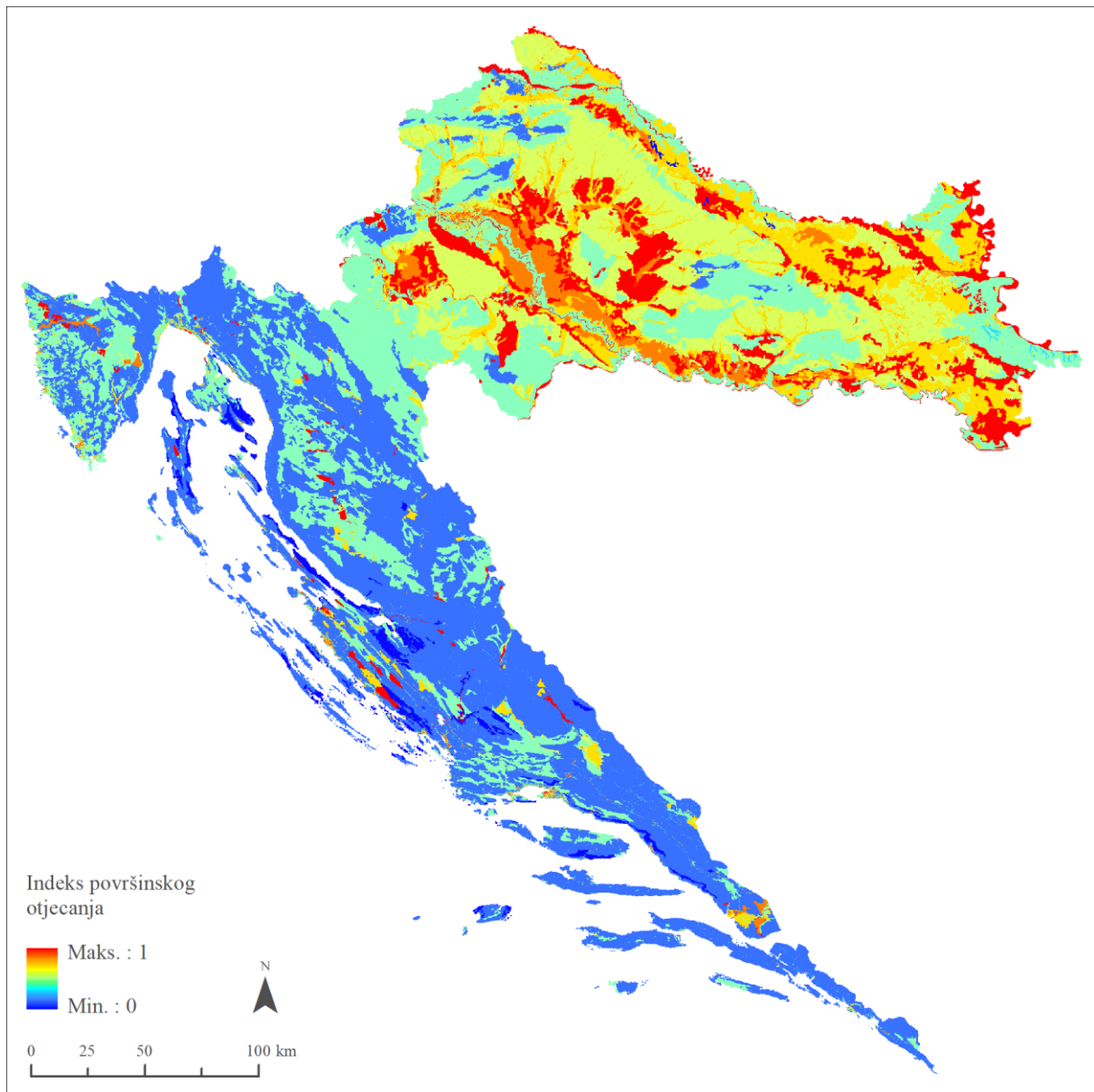
7.3. Rezultati procjene pronosa onečišćenja

Nakon analiza izvora opasnosti provedena je prostorna analiza pronosa onečišćenja od izvora do pojedine dionice vodnog tijela. Navedena procjena provodi se u skladu s metodologijom opisanom u poglavlju 6.2.3. U tu svrhu generirane su dodatne prostorne podloge. Pored karte gustoće nepropusnosti koja je direktno preuzeta sa Copernicus Land Monitor servisa (prostorna raspodjela koeficijenta C_{MD}), generirana je i karta raspodjele površinske i potpovršinske komponente pronosa onečišćenja prema razredima dreniranosti iz pedološke karte. Karta koeficijenta raspodjele površinskog otjecanja C_{pov} prikazana je na slici 7.14. Više vrijednosti C_{pov} upućuju na dominantno površinsko otjecanje, dok niže vrijednosti upućuju na dominantno potpovršinsko strujanje onečišćenja.

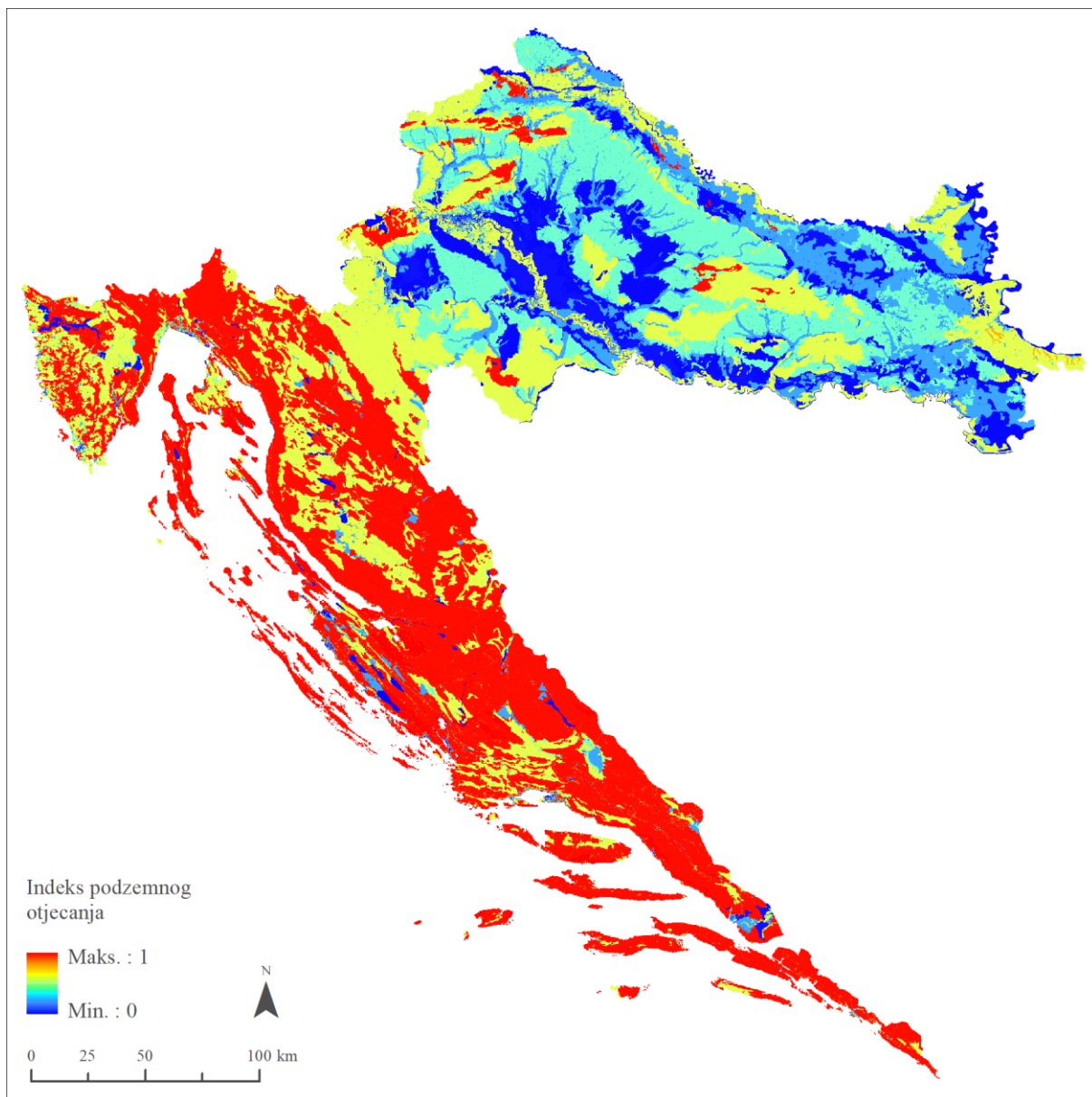


Slika 7.14. Karta koeficijenta C_{pov} raspodjele na površinsku i potpovršinsku komponentu pronosa onečišćenja na području RH.

Iz karte gustoće nepropusnosti i karte koeficijenta raspodjele površinskog i potpovršinskog pronosa onečišćenja generirane su karte indeksa površinskog otjecanja I_{pov} (slika 7.15) i indeksa podzemnog otjecanja I_{pod} (slika 7.16). Ove dvije vrijednosti su komplementarne i zbrojene uvijek daju vrijednost 100%. Može se primijetiti da na jadranskom vodnom području prevladava potpovršinsko otjecanje, dok na vodnom području rijeke Dunav prevladava površinsko otjecanje.

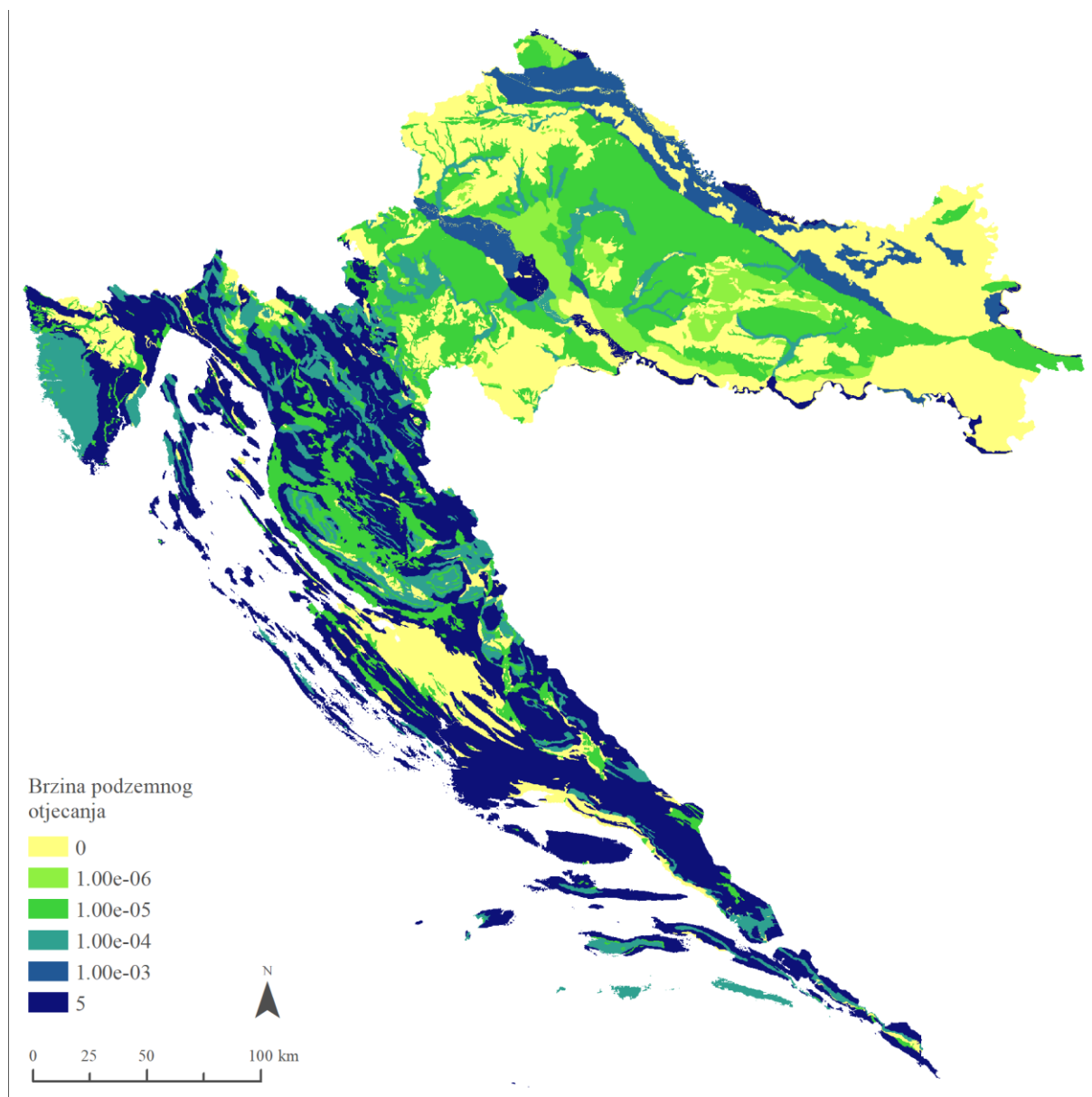


Slika 7.15. Karta indeksa I_{pov} površinskog otjecanja na području RH.



Slika 7.16. Karta indeksa I_{pod} podzmenog otjecanja na području RH.

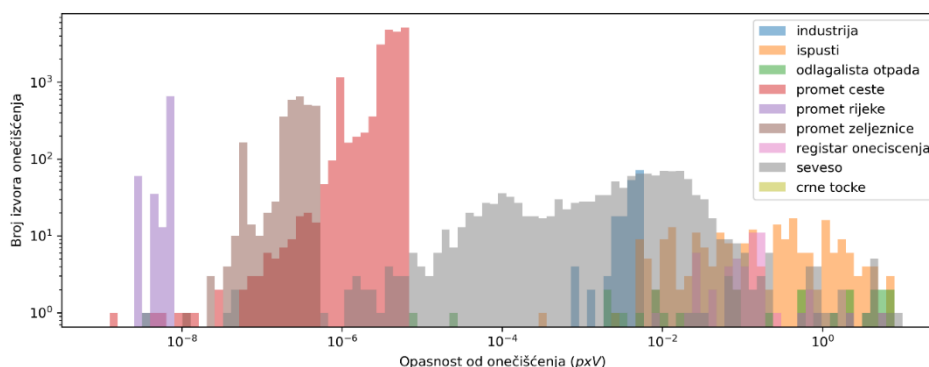
Na slici 7.17 prikazana je karta brzine strujanja podzemne vode na području RH za potrebe procjene smanjenja količine onečišćenja u potpovršinskoj komponenti pronosa od izvora onečišćenja do dionice površinskog vodnog tijela. Maksimalne brzine od 5 cm/s su karakteristične za područje krša, koje prevladava na jadranskom vodnom području.



Slika 7.17. Karta procijenjene brzine strujanja podzemne vode na području RH.

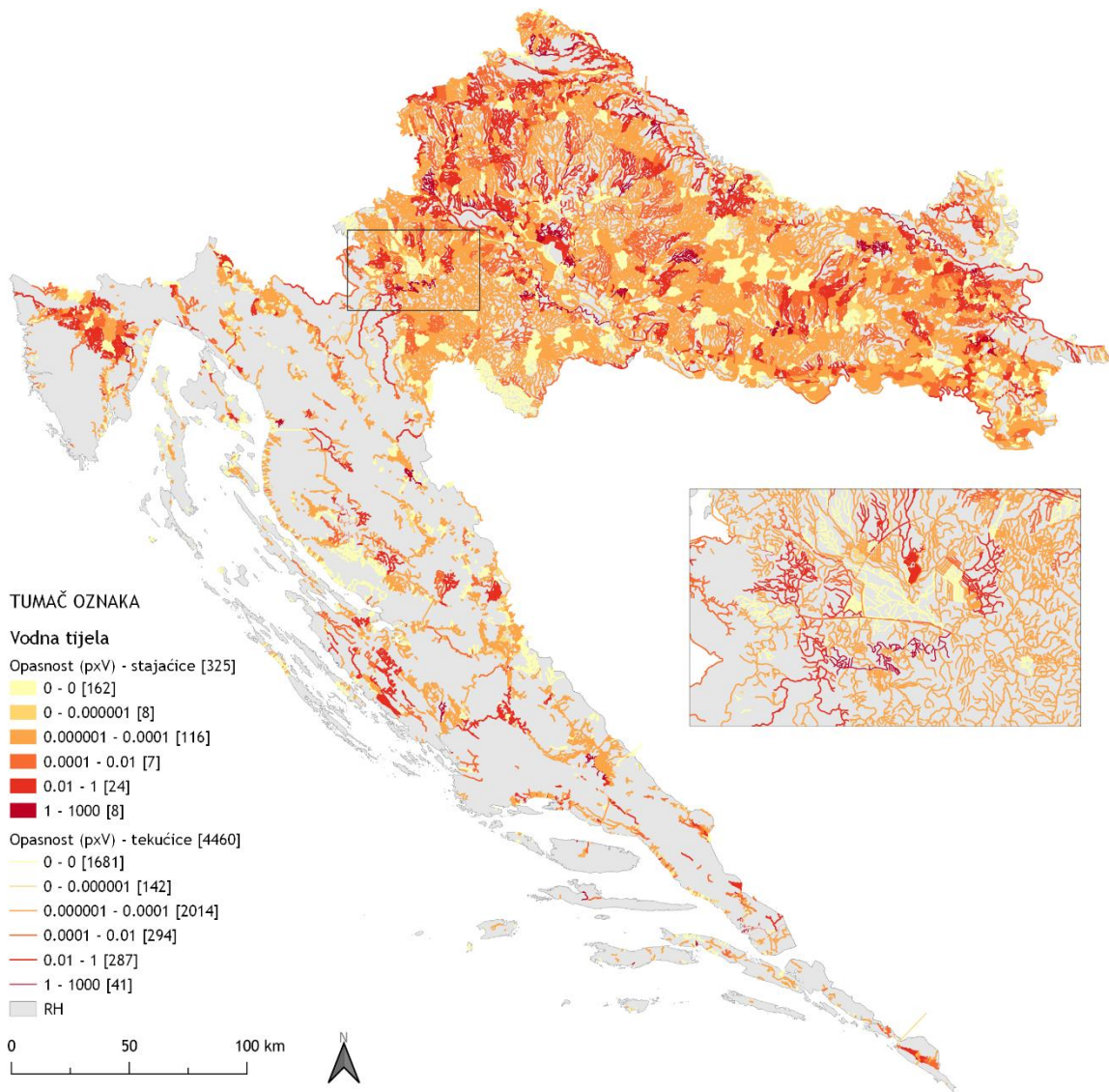
Svaki izvor onečišćenja povezan je s pripadajućim segmentom vodnog tijela putem GIS analize s obzirom na njihovu udaljenost. Koristeći prikazane podloge (slike 7.14 do 7.17) provedena je procjena promjene količine onečišćujuće tvari prilikom pronosa od izvor onečišćenja (V_i) do određenog segmenta vodnog tijela ($\Delta V_{i,j}$). Za svaki segment vodnog tijela određena je pripadajuća vrijednost opasnosti od onečišćenja $p_i \Delta V_{i,j}$ te su potom sve opasnosti agregirane na razinu vodnog tijela.

Na slici 7.18 prikazana je usporedba opasnosti od onečišćenja vodnih tijela iz svih obuhvaćenih kategorija potencijalnih izvora iznenadnog onečišćenja. Opasnosti od onečišćenja vodnih tijela poprimaju vrlo široki raspon vrijednosti, od 10^{-9} do 10^2 . Može se primijetiti kako najnižu razinu opasnosti predstavljaju prometne nesreće (iako su najbrojnije), potom SEVESO i industrijska postrojenja, dok najviše razine opasnosti predstavljaju ispusti iz UPOV-a, odlagališta otpada, izvori navedeni u registru onečišćenja te „crne točke“.



Slika 7.18. Opasnosti od onečišćenja vodnih tijela iz različitih kategorija izvora na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja ΔV_i).

Na slici 7.19 prikazana je karta opasnosti od onečišćenja površinskih vodnih tijela na području RH. Opasnosti od onečišćenja na vodnim tijelima vrlo su sličnih razina kao i opasnosti na izvoru onečišćenja, međutim nešto niže vrijednosti rezultat su pronosa onečišćenja od izvora do vodnog tijela pri čemu se dio volumena onečišćujućih tvari gubi. Od ukupno 4730 vodnih tijela, njih 1831 nije izloženo opasnostima koje su razmatrane u okviru predmetne studije.



Slika 7.19. Karta opasnosti onečišćenja vodnih tijela iz različitih kategorija na području RH (umnožak vjerojatnosti p_i i količine onečišćenja ΔV_i).

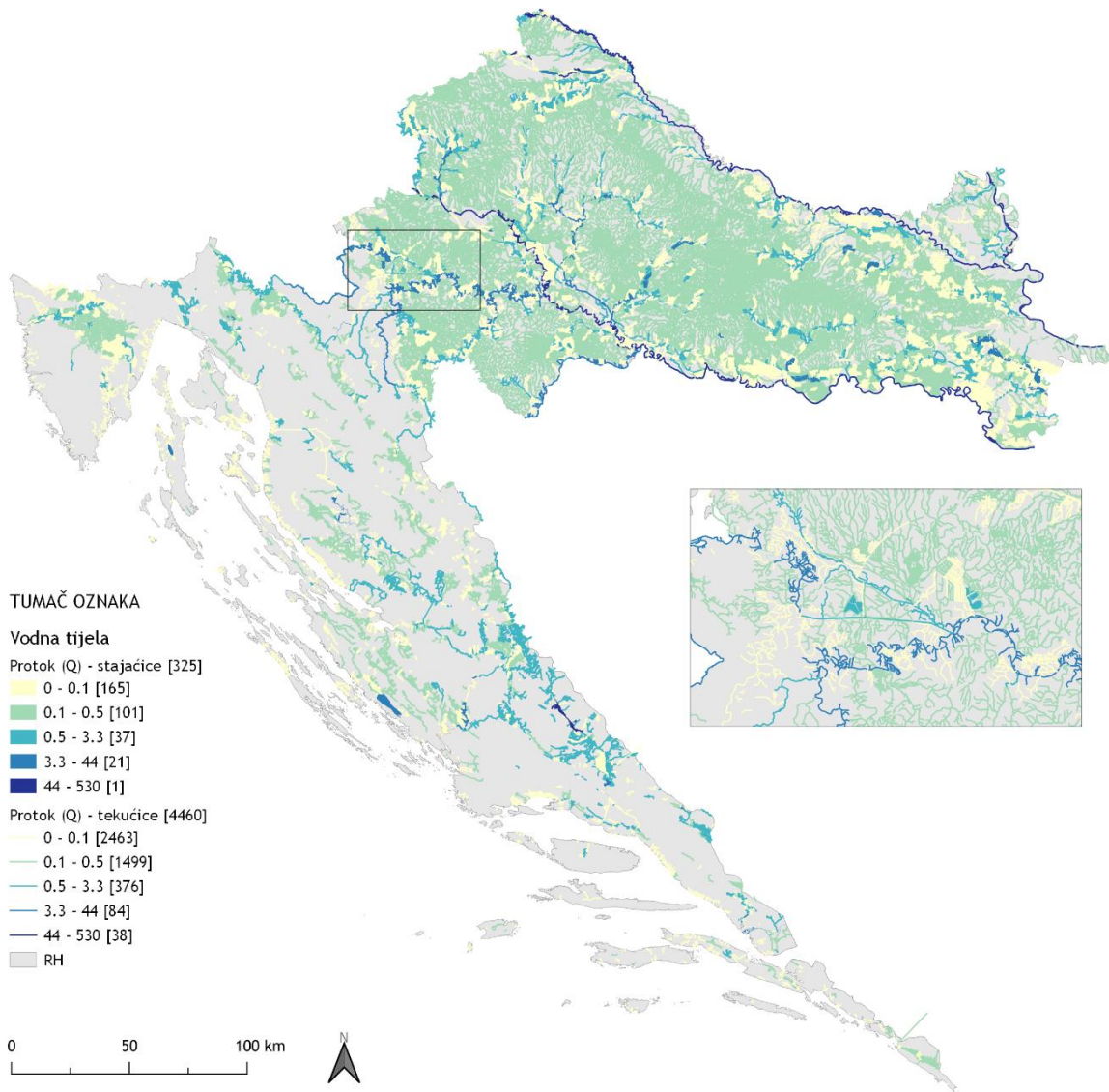
7.4. Rezultati procjene rizika od onečišćenja voda

Nakon što je provedena analiza pronosa onečišćenja te opasnosti od iznenadnih onečišćenja voda, provedena je i analiza izloženosti vodnih tijela iznenadnim onečišćenjima, analiza neželjenih posljedica od onečišćenja te konačno i analiza rizika od iznenadnih onečišćenja vodnih tijela.

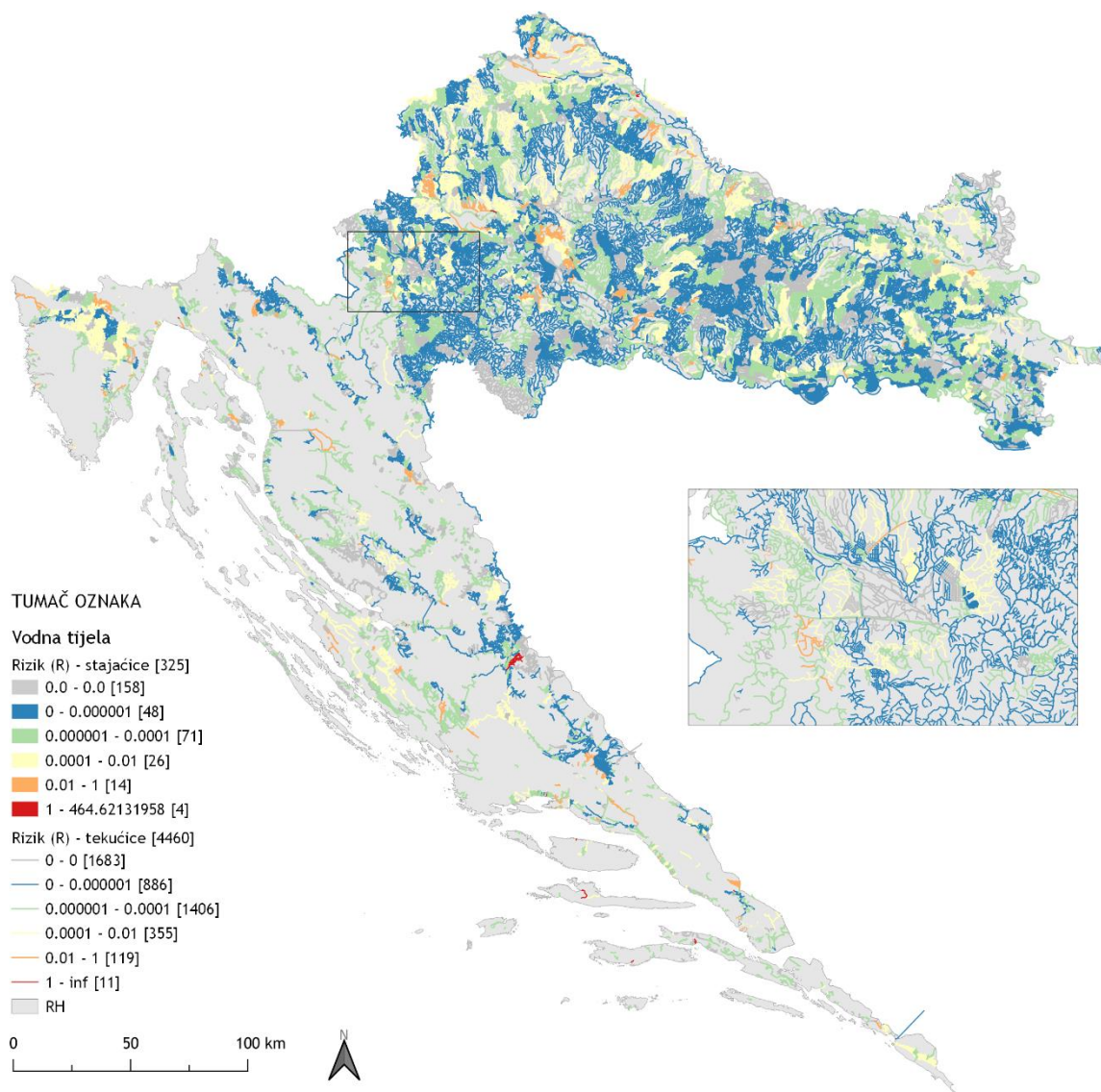
Rizik od iznenadnih onečišćenja vodnih tijela izračunat je prema izrazu (4) objedinjavanjem neželjenih posljedica i vjerojatnosti njihove pojave s obzirom na otpornost vodnih tijela (prikazano na slici 7.5), karakterističnih protoka vodnih tijela (prikazano na slici 7.20), duljine vodnih tijela te opasnosti od onečišćenja (prikazano na slici 7.19). Slika 7.21 prikazuje kartu rizika R_k od onečišćenja vodnih tijela, pri čemu maksimalne vrijednosti dosežu 464, dok većina segmenata vodnih tijela ima rizik nekoliko redova veličine manje.

S obzirom na vrlo široki raspon vrijednosti rizika (deset redova veličine), korištena je logaritamska skala za klasifikaciju vrijednosti rizika. U tablici 7.1. prikazane su odabrane granice vrijednosti rizika za svaku od pet opisnih klasa rizika, a konačni rezultati su prikazani na slici 7.22. Od 4730 vodnih tijela, 1833 vodnih tijela nije izloženo izvorima potencijalnog onečišćenja koja su razmatrana u okviru predmetne studije, stoga se ona mogu okarakterizirati kao „zanemariv rizik“. Nadalje, za 915 vodnih tijela procijenjena je vrlo niska razina rizika, za 1461 vodno tijelo niska razinu rizika, za 371 vodno tijelo umjerena razinu rizika, za 131 vodno tijelo visoka razinu rizika, dok je za 15 vodnih tijela procijenjena vrlo visoka razina rizika od iznenadnih onečišćenja. Vodna tijela s vrlo visokom razinom rizika su prvenstveno vezana uz crne točke i nesanirana odlagališta otpada.

Klase rizika prikazane u tablici 7.1 mogu se nadalje sublimirati u tri osnovne klase rizika: niski, umjereni i visoki rizik, što je prikazano u tablici 7.2 i na slici 7.23. Prema osnovne tri klase rizika, „niski rizik“ odgovara vrlo niskoj i niskoj razini rizika, „umjereni rizik“ odgovara umjerenoj i visokoj razini rizika, dok „visoki rizik“ odgovara vrlo visokoj razini rizika.



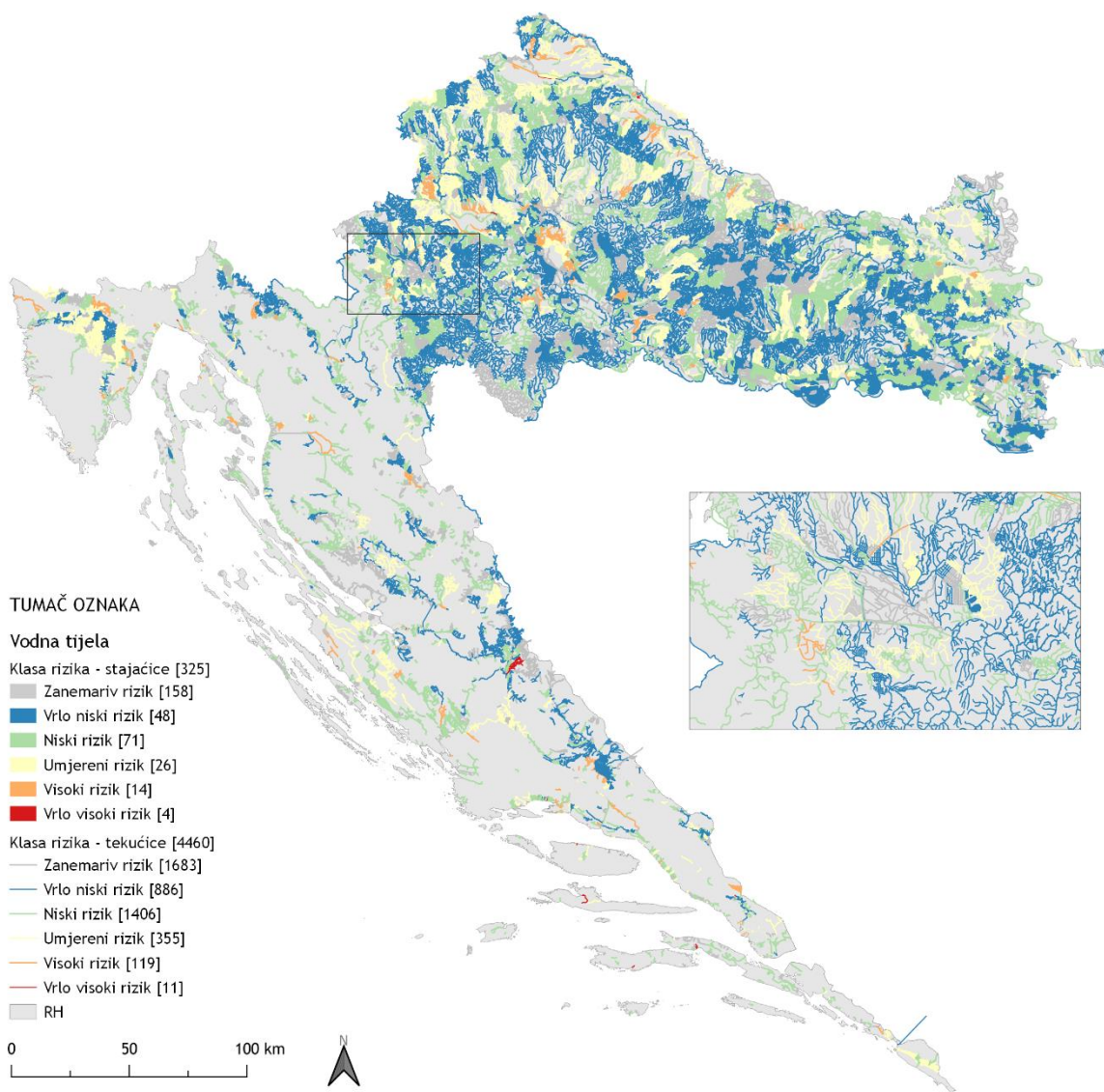
Slika 7.20. Karta karakterističnog protoka Q_k vodnih tijela na području RH.



Slika 7.21. Karta rizika R_k od iznenadnog onečišćenja vodnih tijela na području RH.

Tablica 7.1. Klase rizika i raspon pripadajućih vrijednosti rizika R_k .

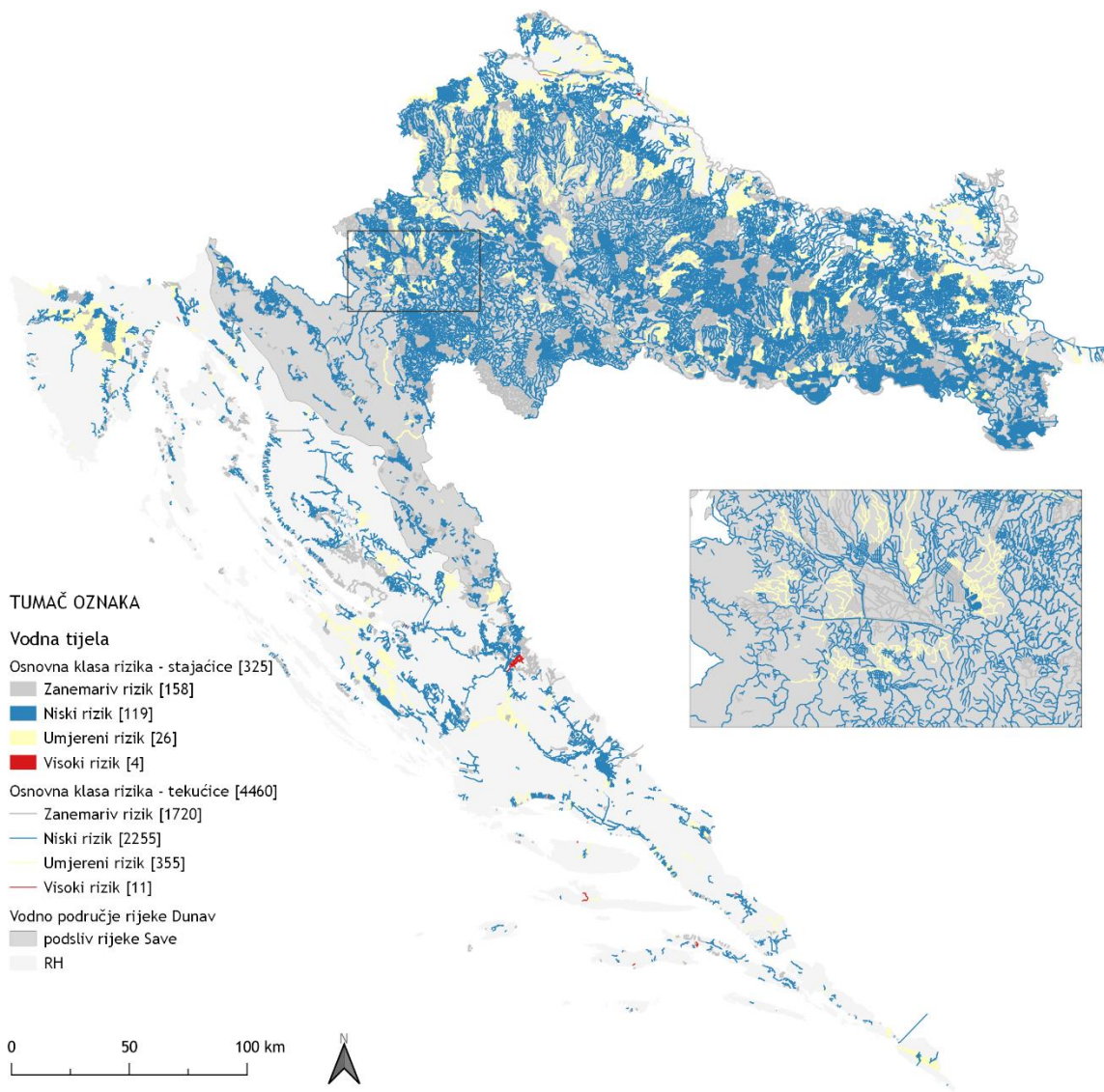
| Klasa rizika | Raspon vrijednosti rizika |
|-------------------|------------------------------|
| Vrlo niski rizik | $0 < R_k < 0,000001$ |
| Niski rizik | $0,000001 \leq R_k < 0,0001$ |
| Umjereni rizik | $0,0001 \leq R_k < 0,01$ |
| Visoki rizik | $0,01 \leq R_k < 1,00$ |
| Vrlo visoki rizik | $1,00 \leq R_k$ |



Slika 7.22. Karta klase rizika od iznenadnog onečišćenja vodnih tijela na području RH.

Tablica 7.2. Osnovne tri klase rizika i raspon pripadajućih vrijednosti rizika R_k .

| Osnovna klasa rizika | Raspon vrijednosti rizika |
|----------------------|---------------------------|
| Niski rizik | $0 < R_k < 0,0001$ |
| Umjereni rizik | $0,0001 \leq R_k < 1,0$ |
| Visoki rizik | $1,0 \leq R_k$ |



Slika 7.23. Karta osnovne klase rizika od iznenadnog onečišćenja vodnih tijela na području RH.

8. USPOREDBA REZULTATA ZA PODRUČJE PODSLIVA RIJEKE SAVE S OSTALIM PODRUČJIMA RH

U nastavku je provedena procjena rizika od iznenadnih onečišćenja na području podsliva rijeke Save, podsliva rijeke Drave te jadranskom vodnom području. Također je provedena i usporedba rezultata između ovih triju područja, a statistička analiza sve četiri komponente procjene rizika (otpornost, karakteristični protok, opasnost od onečišćenja te rizik od onečišćenja) prikazana je u tablici 8.1. te na slikama 8.1 (histogram opasnosti od onečišćenja) i 8.2 (histogram rizika od onečišćenja).

Iz provedenih statističkih analiza i usporedbe može se zaključiti da je otpornost vodnih tijela na podslivu rijeke Save vrlo slična kao i na podslivu rijeke Drave te prosječno viša od vodnih tijela na jadranskom vodnom području. Karakteristični protoci vodnih tijela na podslivu rijeke Save nešto su niži od vodnih tijela na području rijeke Drave, ali znatno viši od vodnih tijela na jadranskom vodnom području. Opasnosti od onečišćenja vodnih tijela na podslivu rijeke Save niže su nego na podslivu rijeke Drave i jadranskom vodnom području. Rizici od onečišćenja, također su nešto niži nego na podslivu rijeke Drave te znatno niži nego na jadranskom vodnom području. Općenito, može se primijetiti da je razina rizika od iznenadnih onečišćenja vodnih tijela na podslivu rijeke Save niža u odnosu na podsliv rijeke Drave te pogotovo u odnosu na jadransko vodno područje.

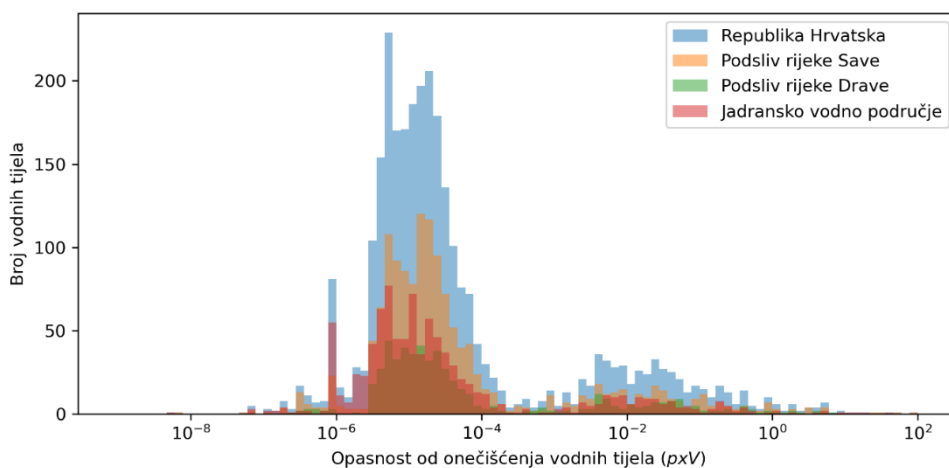
U tablici 8.2. prikazan je broj vodnih tijela s obzirom na razinu rizika od iznenadnih onečišćenja na sva tri područja. Na podslivu rijeke Save ukupno se nalazi 2251 vodno tijelo, od čega 835 vodnih tijela (37,1 %) ima zanemariv rizik (vodna tijela nisu izložena niti jednom izvoru onečišćenja koja su razmatrana u okviru predmetne studije), za 598 vodnih tijela (26,6 %) procijenjena je vrlo niska razina rizika, za 617 vodnih tijela (27,4 %) niska razina rizika, za 153 vodna tijela (6,8 %) umjerena razina rizika, za 46 vodnih tijela (2,0 %) visoka razina rizika te za samo 2 vodna tijela (<0,1 %) vrlo visoka razina rizika. Udio visokih i vrlo visokih razina rizika na području podsliva rijeke Save niži je od udjela na preostala dva područja. Dva vodna tijela koja imaju vrlo visoku razinu rizika su GOK i Savica na području Grada Zagreba, što se može povezati s ispuustom UPOV-a Zagreb te brojnim SEVESO i ePRTR postrojenjima.

Na slici 8.3 prikazana je karta otpornosti vodnih tijela, na slici 8.4. karta opasnosti od iznenadnih onečišćenja vodnih tijela, na slici 8.5. karta karakterističnih protoka vodnih

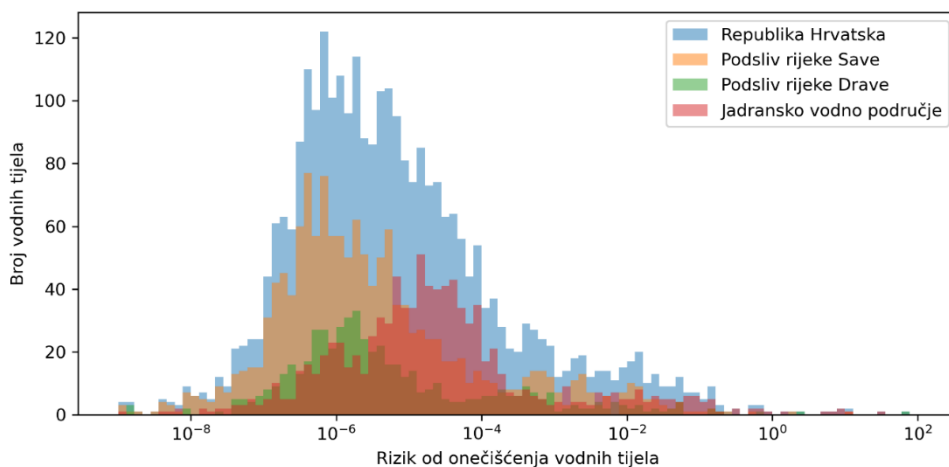
tijela, na slici 8.6 karta rizika od iznenadnih onečišćenja vodnih tijela te na slici 8.7 karta klasa rizika od iznenadnih onečišćenja vodnih tijela na području podsliva rijeke Save.

Tablica 8.1. Usporedba otpornosti, karakterističnih protoka, opasnosti od onečišćenja i rizika od onečišćenja vodnih tijela na području podsliva rijeke Save, podsliva rijeke Drave i na Jadranskom vodnom području.

| Stat, | Otpornost vodnih tijela (r) | Karakteristični protok (Q) | Opasnost od onečišćenja vodnih tijela (pxV) | Rizik od onečišćenja vodnih tijela (R) |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---|--|
| Podsliv rijeke Save | | | | |
| <i>N</i> | 2251 | | | |
| <i>MEAN</i> | 3,34 | 6,24 | $1,26 \times 10^{-1}$ | $6,83 \times 10^{-3}$ |
| <i>STD</i> | 0,714 | 47,702 | 2,459 | 0,232 |
| <i>MIN</i> | 1,00 | $1,45 \times 10^{-5}$ | 0,00 | 0,00 |
| <i>MEDIAN</i> | 3,3 | 0,50 | $6,00 \times 10^{-6}$ | $3,05 \times 10^{-7}$ |
| <i>MAX</i> | 5,40 | 530,00 | 91,11 | 10,82 |
| Podsliv rijeke Drave | | | | |
| <i>N</i> | 835 | | | |
| <i>MEAN</i> | 3,54 | 12,6 | 1,24 | $8,81 \times 10^{-1}$ |
| <i>STD</i> | 0,626 | 79,018 | 34,572 | 2,402 |
| <i>MIN</i> | 1,28 | $3,04 \times 10^{-4}$ | 0,00 | 0,00 |
| <i>MEDIAN</i> | 3,45 | 0,50 | $7,50 \times 10^{-6}$ | $5,96 \times 10^{-7}$ |
| <i>MAX</i> | 5,40 | 530,00 | 999,00 | 69,35 |
| Jadransko vodno područje | | | | |
| <i>N</i> | 1644 | | | |
| <i>MEAN</i> | 1,54 | 0,875 | 2,58 | 5,80 |
| <i>STD</i> | 0,320 | 6,329 | 49,361 | 176,408 |
| <i>MIN</i> | 0,00 | $2,04 \times 10^{-3}$ | 0,00 | 0,00 |
| <i>MEDIAN</i> | 1,52 | 0,10 | $1,91 \times 10^{-6}$ | $7,22 \times 10^{-7}$ |
| <i>MAX</i> | 5,07 | 227,77 | 1000,36 | 6861,62 |
| Ukupno RH | | | | |
| <i>N</i> | 4730 | | | |
| <i>MEAN</i> | 2,75 | 5,50 | 1,18 | 2,03 |
| <i>STD</i> | 1,065 | 47,056 | 32,579 | 103,939 |
| <i>MIN</i> | 0,0 | $1,45 \times 10^{-5}$ | 0,00 | 0,00 |
| <i>MEDIAN</i> | 2,90 | 0,10 | $4,73 \times 10^{-6}$ | $4,08 \times 10^{-7}$ |
| <i>MAX</i> | 5,40 | 530,00 | 1000,36 | 6861,62 |



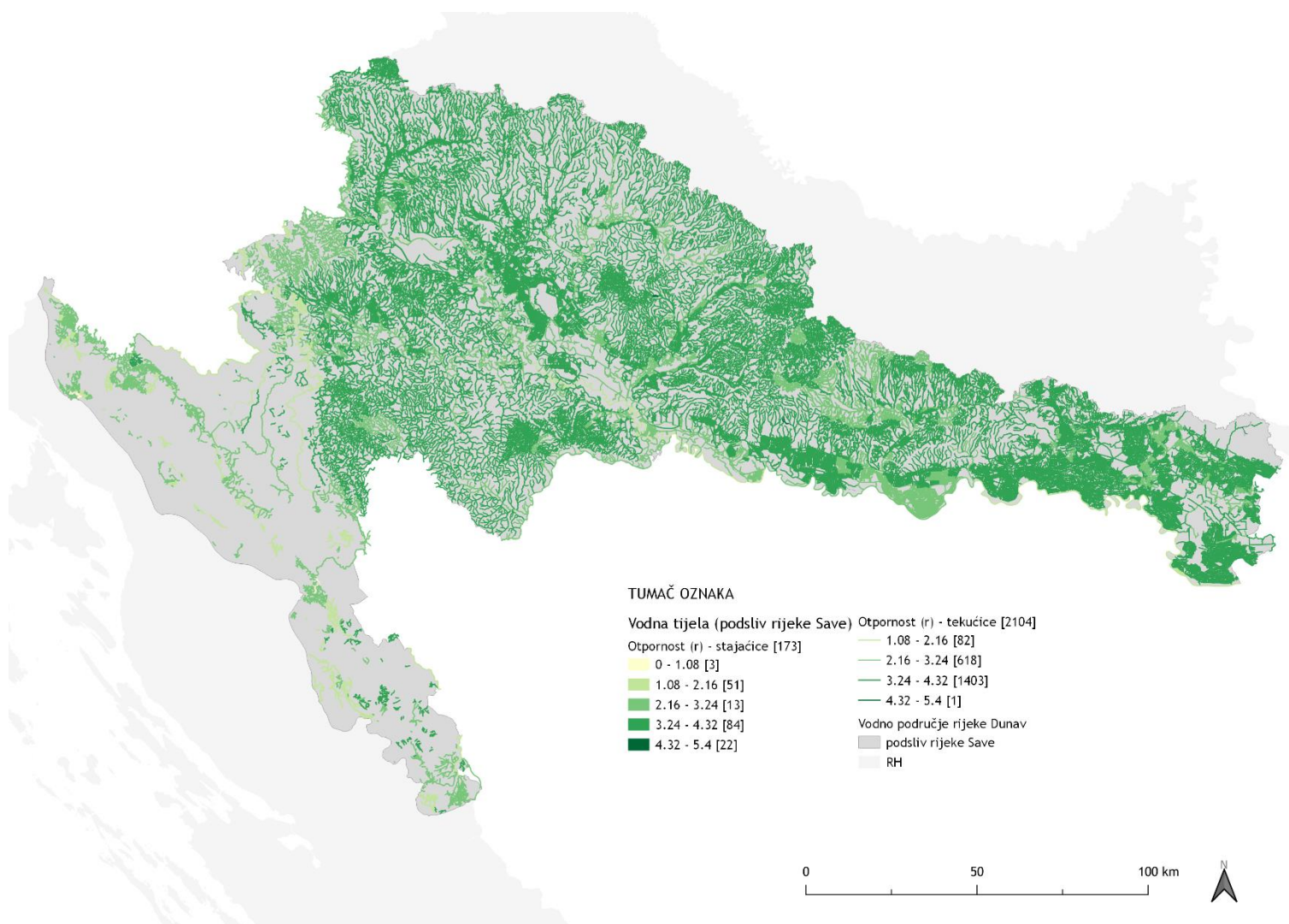
Slika 8.1. Histogram opasnosti od onečišćenja vodnih tijela na području podsliva rijeke Save, podsliva rijeke Drave i na Jadranskom vodnom području.



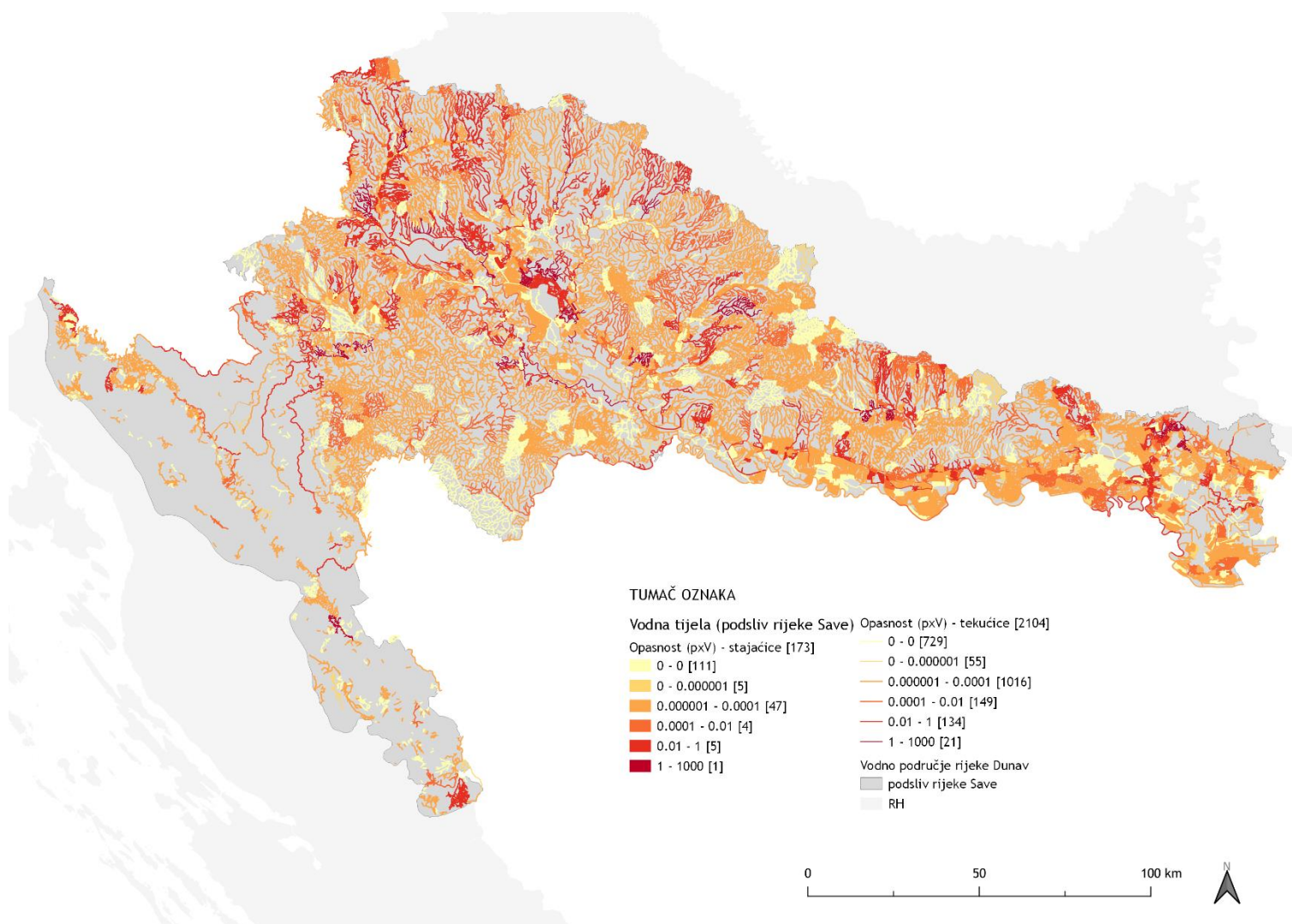
Slika 8.2. Histogram rizika od onečišćenja vodnih tijela na području podsliva rijeke Save, podsliva rijeke Drave i na Jadranskom vodnom području.

Tablica 8.2. Usporedba klasa rizika od onečišćenja vodnih tijela na području podsliva rijeke Save, podsliva rijeke Drave i na Jadranskom vodnom području.

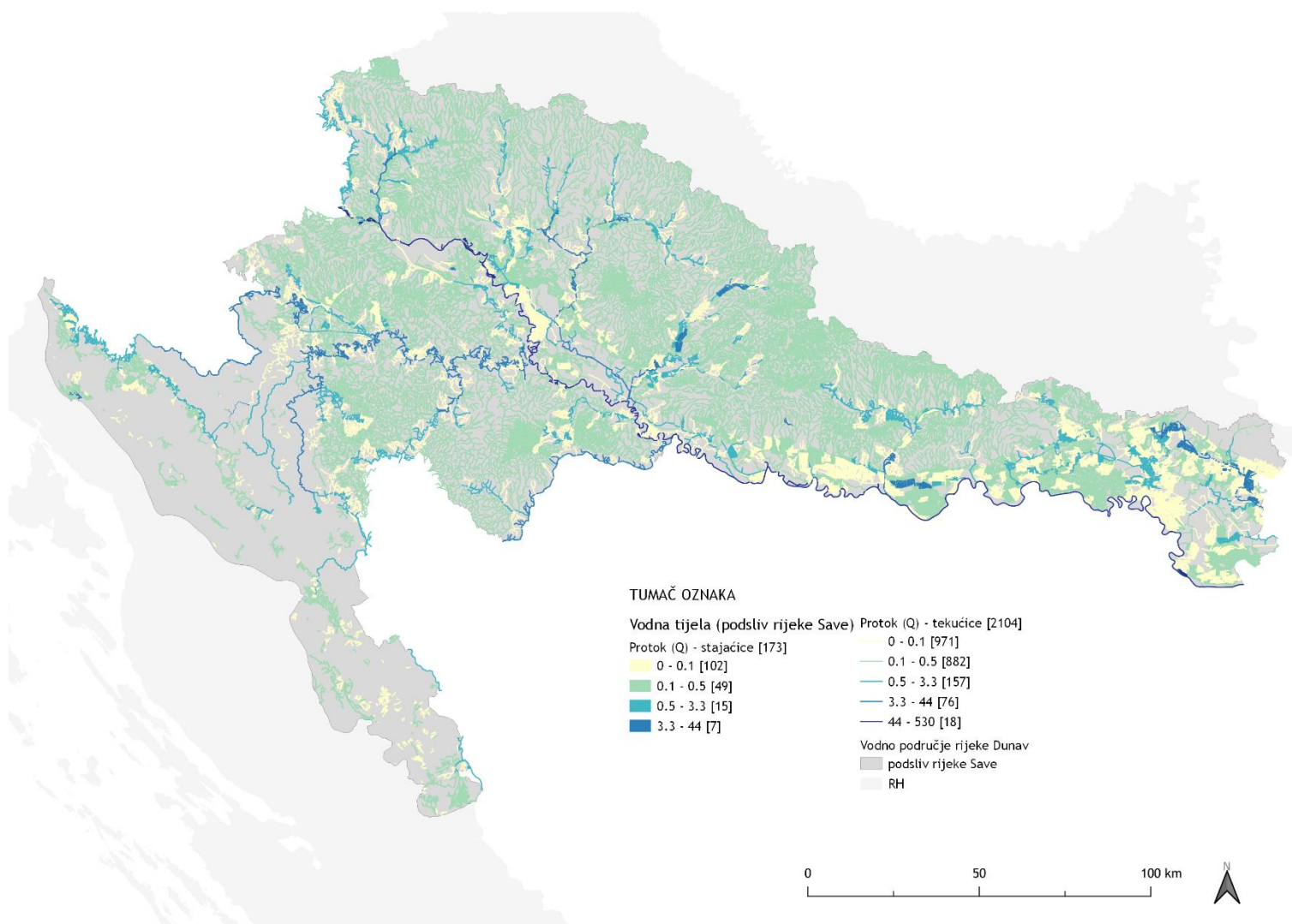
| | Podsliv rijeke Save | | Podsliv rijeke Drave | | Jadransko vodno područje | | Ukupno RH | |
|---------------------------|---------------------|-------------|----------------------|-------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | N | (%) | N | (%) | N | (%) | N | (%) |
| Broj vodnih tijela | 2251 | 100% | 835 | 100% | 1644 | 100% | 4730 | 100% |
| Zanemariv rizik | 835 | 37,1% | 286 | 34,3% | 714 | 43,4% | 1835 | 38,8% |
| Vrlo niski rizik | 598 | 26,6% | 181 | 21,7% | 138 | 8,4% | 917 | 19,4% |
| Niski rizik | 617 | 27,4% | 264 | 31,6% | 580 | 35,3% | 1461 | 30,9% |
| Umjereni rizik | 153 | 6,8% | 83 | 9,9% | 135 | 8,2% | 371 | 7,8% |
| Visoki rizik | 46 | 2,0% | 19 | 2,3% | 66 | 4,0% | 131 | 2,8% |
| Vrlo visoki rizik | 2 | 0,1% | 2 | 0,2% | 11 | 0,7% | 15 | 0,3% |



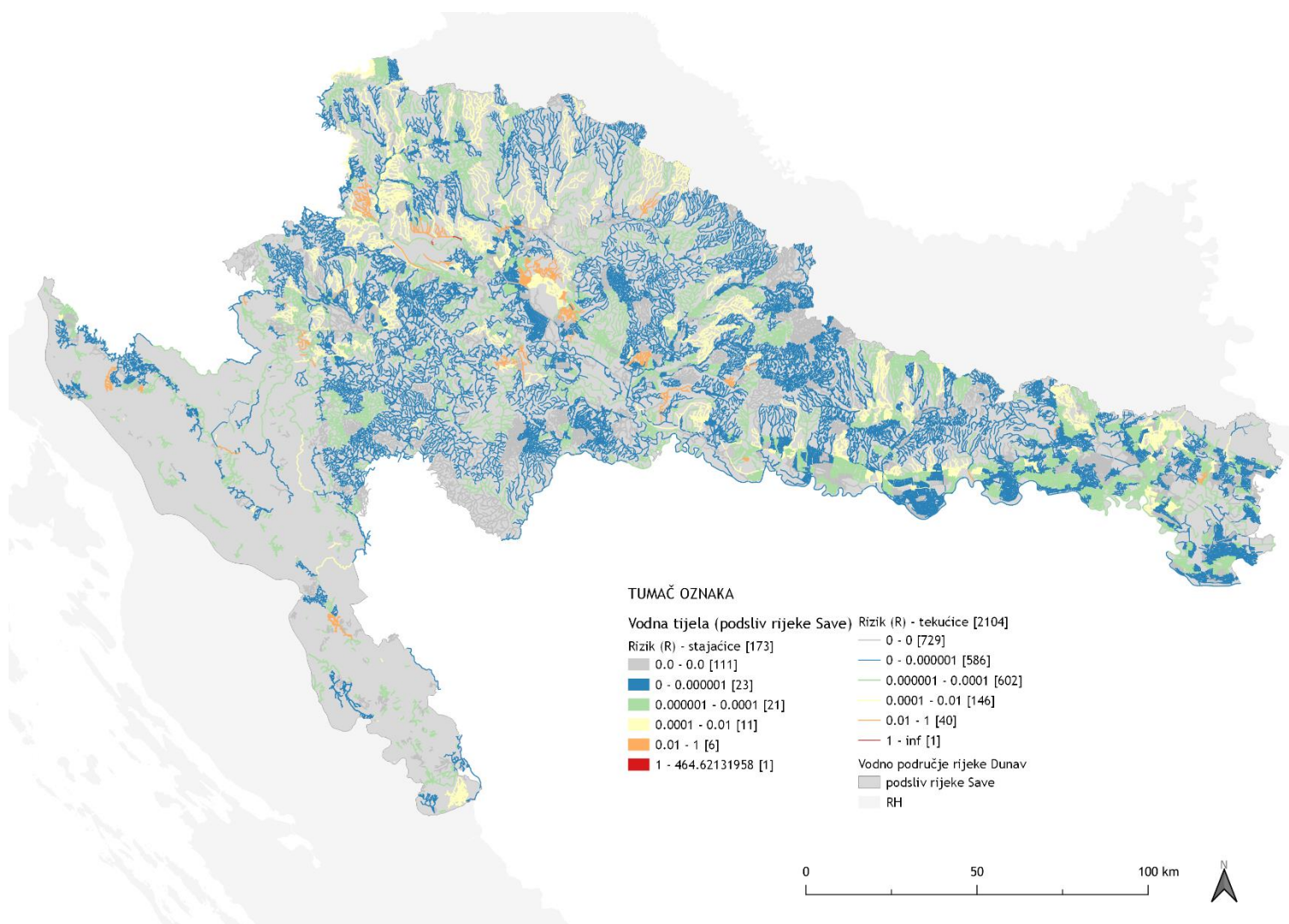
Slika 8.3. Karta otpornosti vodnih tijela na području podsliva rijeke Save.



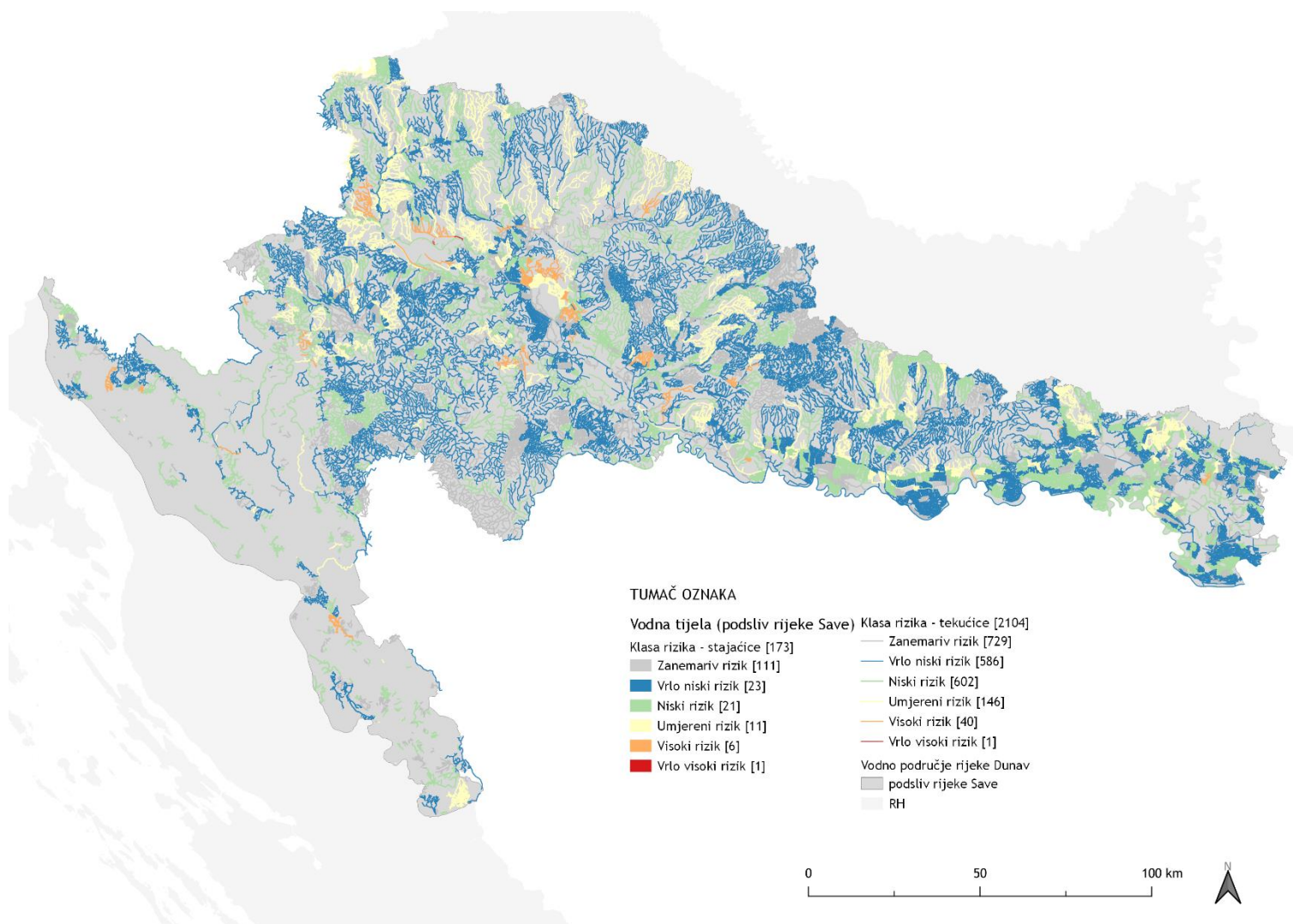
Slika 8.4. Karta opasnosti od onečišćenja vodnih tijela na području podsliva rijeke Save.



Slika 8.5. Karta karakterističnog protoka vodnih tijela na području podsliva rijeke Save.



Slika 8.6. Karta rizika od onečišćenja vodnih tijela na području podsliva rijeke Save.



Slika 8.7. Karta razine rizika od onečišćenja vodnih tijela na području podsliva rijeke Save.

9. ZAKLJUČCI I PREPORUKE

U okviru predmetne studije provedena je analiza rizika od iznenadnog onečišćenja voda uslijed havarija. Korišteni metodološki okvir ima uporište u prethodnim studijama analize rizika od onečišćenja, a zasniva se na konceptu „izvor-put-posljedica“. Predmetnim analizama su obuhvaćene površinske kopnene vode na cjelokupnom teritoriju Republike Hrvatske. Obzirom na sadržajni obuhvat ovog projekta (procjena rizika od iznenadnog onečišćenja voda uslijed havarija) pažnja je usmjerena na: a) industrijske nesreće, b) Seveso postrojenja, c) prometne nesreće, d) odlagališta otpada, e) „crne točke“ i f) ispuste iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Potrebno je napomenuti da havarije uslijed djelovanja „više sile“ (potresi, udari groma, akt terorizma i sl.), te utjecaj poplava i malovodnih hidroloških prilika nisu relevantne za predmetne analize u okviru ovog projekta, stoga niti nisu razmatrane. S druge strane, predložena metodologija proračuna rizika i rezultati prikazani u ovoj studiji mogu se relativno jednostavno nadograditi s dodatnim elementima rizika koji se povezuju sa pojavom poplave i malovodnih hidroloških prilika.

Ovdje se još jednom skreće pažnja da vrijednosti karakterističnih protoka Q_i korištenih u okviru ovog projekta predstavljaju relativnu mjeru protoka vezanu uz razblaženje onečišćenja, stoga navedene vrijednosti ne mogu služiti za druge potrebe, kao što su izrada projektne dokumentacije i/ili hidrauličkih proračuna.

Rezultati pokazuju da je od ukupno 4.730 vodnih tijela obuhvaćenih predmetnim analizama, 915 vodnih tijela (19,4 %) izloženo vrlo niskom riziku, 1.461 (30,8 %) niskom riziku, 371 (7,8 %) umjerenom riziku, 131 visokom riziku (2,8 %) te 15 (< 0,1 %) vrlo visokom riziku. Za 1.833 vodna tijela (38,8 %) nisu identificirani potencijalni izvori onečišćenja, stoga je zaključeno da je rizik od onečišćenja zanemariv. S obzirom da su vodna tijela s vrlo visokom razinom rizika od iznenadnog onečišćenja prvenstveno vezana uz blizinu aktivnih odlagališta komunalnog otpada i opasnog otpada („crne točke“), osnovna mjera ublažavanja rizika je sanacija navedenih lokacija.

Konzistentnost pristupa, za potrebe provedbe aktivnosti projekta WACOM, omogućuju komparaciju dobivenih rezultata s područja podsliva rijeke Save na vodnom području rijeke Dunav s rezultatima sa područja podsliva rijeka Drave i Dunava na istom vodnom području, kao i s rezultatima sa jadranskog vodnog područja, odnosno na nacionalnoj razini. Razina rizika od iznenadnih onečišćenja vodnih tijela na podslivu rijeke

Save niža je u odnosu na podsliv rijeke Drave te pogotovo u odnosu na jadransko vodno područje. Dobiveni rezultati mogu se integrirati kako u isporučevine (rezultate specifičnih aktivnosti unutar radnih paketa) projekta WACOM, tako i u odgovarajuće upravljačke i druge nacionalne dokumente.

Uspostava koncepta predložene metodologije, kao i načina proračuna inicijalnih volumena onečišćenja koja se mogu naći u jednoj od komponenti pronosa (površinski, potpovršinski) predstavljaju korake prema ciljevima konačnih rješenja. Daljnja unapređenja u sljedećim ciklusima, vezano uz analizu rizika od iznenadnog onečišćenja vodnih tijela, moguće je ostvariti kroz nekoliko segmenata:

Prijedlog unaprjeđenja vezanih uz određivanje otpornosti vodnih tijela.

- Ocjena otpornosti vodnih tijela može se unaprijediti zamjenom brojčanih vrijednosti broja zaštićenih područja kojima pripada vodno tijela *ZP* (od 0 do 4) u procjeni indeksa otpornosti sa kvantitativnim pokazateljem postizanja ciljeva kroz definiranje dosega željenog stanja pojedinog vodnih tijela.
- Primjena graničnih koncentracija za *KPK*, umjesto za *BPK*, neće bitno utjecati na dobivene rezultate (prosječni omjer graničnih vrijednosti za ekotipove rijeka je $KPK/BPK = 1,75$, a standardna devijacija samo 0,4). Usvajanje nekog drugog parametra za izbor graničnih vrijednosti koncentracije, npr. koncentracije nitrata, također neće doprinijeti pouzdanosti rezultata dobivenih kroz provedbu predmetnih proračuna, stoga se ovaj segment metodologije može ocijeniti kao zadovoljavajući.

Prijedlog unaprjeđenja vezanih uz određivanje opasnosti na izvora onečišćenja.

- Detaljniji podaci o industrijskim (ePRTR) i SEVESO postrojenjima, prvenstveno izvješća o sigurnosti u kojima su navedene količine pojedinih opasnih tvari i način na koji se one skladište, omogućilo bi preciznije određivanje volumena onečišćenja te vjerojatnosti nastupa iznenadnog događaja. Izrada ciljane analize rizika od iznenadnih onečišćenja za pojedinačna (rizična) industrijska postrojenja i SEVESO objekte također bi omogućilo preciznije određivanje opasnosti od iznenadnog onečišćenja.
- Detaljniji podaci o tipu i tehničkim karakteristikama odlagališta otpada također bi omogućilo preciznije određivanje volumena onečišćenja te vjerojatnosti nastupa iznenadnog događaja.

- U analizi nesreća na cestovnim prometnicama vjerojatnost nastupa havarije mogla bi se povezati sa gustoćom prometa po segmentima promatrane dionice prometnice (uz pretpostavku dostupnosti potrebnih podloga).
- Za ispuste iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda mogli bi se dodati tehnički podaci, prvenstveno maksimalni protok, kako bi se preciznije mogao odrediti volumen onečišćujućih tvari.

Prijedlog unaprjeđenja vezanih uz određivanje puta (pronosa) onečišćenja.

- Definiranje topografske i hidrogeološke granice sliva za svako vodno područje omogućilo bi pouzdanije povezivanje izvora onečišćenja s vodnim tijelom.
- Usklađenje linija vodotoka sa digitalnim modelom terena omogućilo bi preciznije određivanje pronosa onečišćenja putem pojednostavljenog modela otjecanja.
- U segmentu definiranja smjera kretanja onečišćenja kroz krške vodonosnike na jadranskom vodnom području moguće je usvajanje preferencijalnog NE-SW smjera strujanja podzemne vode te korištenje preciznijih hidrogeoloških podloga za definiranje razdjelnica.

Prijedlog unaprjeđenja vezanih uz određivanje rizika od onečišćenja.

- Izrada hidrološkog atlasa u kojem bi se odredili karakteristični protoci za sve glavne vodotoke u RH, kao i volumeni svih jezera i većih akumulacija, omogućio bi preciznije i pouzdanije uključivanje procesa razblaženja u okviru procjene rizika od onečišćenja.
- Jedna od osnovnih ograničenja polu-kvantitativne metodologije koja je korištena u okviru predmetne studije je nejednolika osjetljivost rizika na ulazne parametre. Naime, jednadžba korištena za određivanje rizika u znatno većoj mjeri ovisi o opasnosti od onečišćenja (vjerojatnosti i volumenu onečišćenja), nego o otpornosti vodnog tijela, stoga se predlaže provesti usporednu analizu više različitih pristupa određivanju rizika na odabranom pilot području. Pritom se predlaže uključiti i kvalitativnu metodu određivanja rizika koja se temelji na višekriterijskim GIS analizama.

10. LITERATURA

Ai, H.Y., Liu, T.W. (2013.): Statistical review of the major unexpected water contamination incidents at home in the period from 2000 to 2011, *Journal of Safety and Environment*, 13 (4), str. 284-288.

Al-Adamat, R. (2017.): Modelling Surface Water Susceptibility to Pollution Using GIS, *Journal of Geo-graphic Information System*, 9, str. 293-308.

Bartram, J. (2009). Water safety plan manual: step-by-step risk management for drinking-water suppliers. World Health Organization.

Biondić, B., Brkić, Ž, Biondić, R. & Singer, D. (1996): Vodnogospodarska osnova Republike Hrvatske. Hidrogeologija. HGI, Zagreb.

Bogunović, M., Vidaček, Ž., Racz, Z., Husnjak, S. & Sraka, M. (1997): Namjenska pedološka karta Republike Hrvatske i njena uporaba. *Agronomski glasnik*, 59 (5-6), 363-399.

CDHS (2000.): *Drinking water source assessments for surface water sources*, Interim guidance for staff, California Department of Health Services (CDHS), 57 str.

Cey, E.E., Rudolph, D.L., Passmore, J. (2009.): Influence of macroporosity on preferential solute and colloid transport in unsaturated field soils, *J. Contam. Hydrol.*, 107 (1-2), str. 45-57.

Dayong, L., Liyao, S., Zengchuan, D., Jintao, L., Wei, X. (2019.): Risk analysis of sudden water pollution in a plain river network system based on fuzzy-stochastic methods, *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, (33), str. 359-374

Diamantino, C., Henriques, M.J., Oliveira, M.M., Ferreira, J.P.L (2005.): Methodologies for pollution risk assessment of water resources systems, The Fourth Inter-Celtic Colloquium on Hydrology and Management of Water Resources, Guimaraes, Portugal, July 11-14, 12 str.

Eimers, J.L., Weaver J.C., Terziotti S., Midgette R.W. (2000.): Methods of rating unsaturated zone and watershed characteristics of public water supplies in North Carolina, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations, Raleigh, North Carolina, Report 99-4283, 36 str.

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (1992.): Studija strujanja podzemne vode dijela dravske doline između Vinice - Zamlake - Varaždinbrega sa ciljem određivanja zaliha i zaštite vode uključujući klasifikaciju i kategorizaciju podzemnih voda (III d - faza / završno izvješće), Zagreb

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (1999.): Zaštita crpilišta Strmec istraživanja na hidrauličkom fizikalnom modelu strujanja podzemnih voda, Zagreb

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (1999.): Crpilište Kosnica - hidraulički model toka i pronosa zagađenja podzemnim vodama, Zagreb

Guber, A.K., Shelton, D.R., Pachepsky, Y.A. (2005.): Transport and retention of manure borne coliforms in undisturbed soil columns, *Vadose Zone J.*, 4, str. 828-837.

Han, X.G., Huang, Y.L. (2010.): Statistical analysis of sudden water pollution accidents, *Water Resources Protection*, 26 (1), str. 84-90.

Harum, T., Saccon, P., Calasans, N. (2004.): Water resources, vulnerability assessment and quality of water in Cachoeira catchment, In *Newsletter ECOMAN, Number 3 - Decision support system for sustainable ECOSystem MANagement in Atlantic rain forest rural areas* (ed. by Lourenço, N., Harum, T., Pereira, J.L., Pedronni, L., Lieberei, R., González, A.P., Feoli, E. & Alvim, P.T.).

Hrvatske vode (2015.): *Plan upravljanja vodnim područjima 2016.-2021.*, Zagreb, 531 str.

Hrvatske vode (2022.): *Nacrt plana upravljanja vodnim područjima 2022.-2027.*, Zagreb, 506 str.

Health and Safety Executive - HSE (2017.): Failure rate and event data for use within risk assessments, 102 str. (www.hse.gov.uk/landuseplanning/failure-rates.pdf)

Hou, D., Ge, X., Huang, P., Zhang, G., Loáiciga, H. (2014.): A Real-Time, Dynamic Early Warning Model Based on Uncertainty Analysis and Risk Assessment for Sudden Water Pollution Accidents, *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 21, str. 8878-8892.

Jenks, G. F., & Coulson, M. R. C. (1963). Class Intervals for Statistical Maps. *International Yearbook of Cartography*, 3: 119-134. Jenks, GF and Caspall, FC, 1971. Error

of Choropleth Maps: Definition, Measurement, Redaction. *Annals of the Association of American Geographers*, 61, 217-244.

Jiang, S., Pang, L., Buchan, G.D., Simůnek, J., Noonan, M.J., Close, M.E. (2010.): Modeling water flow and bacterial transport in undisturbed lysimeters under irrigations of dairy shed effluent and water using HYDRUS-1D, *Water Res.*, 44(4), str. 1050-1061.

Li, Z., Zeng, B., Zhou, T., Li, G., & Zhu, X. (2016). Risk determination method for accidental water basin contamination based on risk source coupling with sensitive targets. *Environmental Technology*, 37(5), 546-557.

Liu, R. Z., Borthwick, A. G., Lan, D. D., & Zeng, W. H. (2013). Environmental risk mapping of accidental pollution and its zonal prevention in a city. *Process Safety and Environmental Protection*, 91(5), 397-404.

Liu, R. Z., Zhang, K., Zhang, Z. J., & Borthwick, A. G. (2018). Watershed-scale environmental risk assessment of accidental water pollution: the case of Laoguan River, China.

Lončar, G., Šreng, Ž., Bekić, D., Kunštek, D. (2018.): Hydraulic-Hydrology Analysis of the Turbulent Seepage Flow within Karst Aquifer of the Golubinka Spring Catchment, *Geofluids*, 2018, 12 str.

Lawrence, S.J. (2006.): *Description, properties, and degradation of selected volatile organic compounds detected in ground water – A Review of Selected Literature*, Atlanta, Georgia, U. S. Geological Survey, Open-File Report 2006-1338, 62 str.

Mangin, A. (1975.): *Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques*, Thèse, Institut des Sciences de la Terre de l'Université de Dijon

Marzocchi, W., Mastellone, M.L., Di Ruocco, A., Novelli, P., Romeo, E., Gasparini, P. (2009.): Principles of multi-risk assessment, Research performed in the frame of Na.R.As (NATURAL RISKS ASSESSMENT), FP6 SSA Project: Contract No. 511264

Milanovic, P. (1979.): *Hidrogeologija karsta i metode istraživanja*, (in Serbo-Croatian; Karst hydrogeology and methods of investigations), HE Trebišnjica, Institut za korišćenje i zaštitu voda na kršu, Trebinje, 302 str.

NMED/DWB or Gillentine, J. (2000.): State of New Mexico - Source water assessment and protection program, *State of New Mexico, Environment Department*,

Drinking Water Bureau, NMED/DWB (Appendix E - WRASTIC index: Watershed vulnerability estimation using WRASTIC by Gallegos, P.E.D., Lowance, P.E.J. & Thomas, C).

Pang, L., McLeod, M., Aislabie, J., Šimůnek, J., Close, M., Hector, R. (2008.): Modeling transport of microbes in ten undisturbed soils under effluent irrigation, *Vadose Zone J.*, 7(1), str. 97-111.

Peng, J., Song, Y., Yuan, P., Xiao, S., & Han, L. (2013). An novel identification method of the environmental risk sources for surface water pollution accidents in chemical industrial parks. *Journal of Environmental sciences*, 25(7), 1441-1449.

PIANC (1999.): *Inland Waterways Vessels and Pollution*, Report of working group 14

Stroj, A., Kuhta, M., Dukarić, F. (2010.): Usporedba rezultata trasiranja ponorne zone sjevernog kraka Gacke kod Otočca, *4. Hrvatski geološki kongres - Knjiga sažetaka*, Horvat, M. (ur.), Zagreb: Hrvatski geološki institut, str. 231-232.

USDA (2017.): *Soil Survey Manual*. US Department of Agriculture, Handbook No. 18

Tian, P., Wu, H., Yang, T., Zhang, W., Jiang, F., Zhang, Z., & Wu, T. (2019). Environmental Risk Assessment of Accidental Pollution Incidents in Drinking Water Source Areas: A Case Study of the Hongfeng Lake Watershed, China. *Sustainability*, 11(19), 5403.

Yang, H.D., Liu, B.Y., Hang, J.H., (2018.): Forecast model parameters calibration method for sudden water pollution accidents based on improved Bayesian-Markov chain Monte Carlo, *Control. Decis.*, 33, str. 679-686.

Yao, Z., Liu, Z., Lei, J., Zhu, D., Jia, H., Jiang, M., Li, C., Xie, Z., Peng, C., Zhang, Y. (2022.): Identification and Evaluation of Water Pollution Risk in the Chongqing Section of the Three Gorges Reservoir Area in China, *Sustainability*, 14, 6245, 18 str.

Zhang, B., Qin, Y., Huang, M.X., Sun, Q., Li, S., Wang, L.Q., Yu, C.H. (2011.): SD-GIS-based temporal-spatial simulation of water quality in sudden water pollution accidents, *Comput. Geosci.*, 37, str. 874-882.

Wang, Y., Bradford, S.A., Šimunek, J. (2013.): Transport and fate of microorganisms in soils with preferential flow under different solution chemistry conditions, *Water Resour. Res.*, 49, str. 1-13.

PRILOG A: SAŽETAK ZA JAVNOST

Uvod

Upravljanje vodama provodi se s ciljem postizanja i očuvanja dobrog stanja voda radi zaštite života i zdravlja ljudi, zaštite njihove imovine, zaštite vodnih i o vodi ovisnih ekosustava. Prevencija iznenadnih onečišćenja voda provodi se kontinuirano, prema utvrđenim planovima, a na osnovu procjene rizika od iznenadnog onečišćenja voda. Jedna od značajnijih komponenti procjene rizika od nepostizanja dobrog stanja voda je i ocjena rizika od izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda.

Što je cilj ovoga projekta?

Cilj ovoga projekta je **procjena rizika od iznenadnog onečišćenja površinskih voda uslijed havarija** na području Republike Hrvatske.

Posebna pažnja je usmjerena na **unos onečišćenja i opasnih tvari u okoliš i vodna tijela uslijed iznenadnih događaja**, a posebno sljedeće situacije:

- nekontrolirano ispuštanje onečišćujućih tvari u okoliš i vodna tijela uslijed industrijskih nesreća,
- nekontrolirano ispuštanje opasnih tvari u okoliš i vodna tijela uslijed nesreća u postrojenjima u kojima se skladište opasne tvari,
- nekontrolirano ispuštanje opasnih tvari u okoliš i vodna tijela uslijed prometnih nesreća na cestama, željeznicama te plovnim putevima,
- nekontrolirano procjeđivanje onečišćenih voda u okoliš i vodna tijela iz odlagališta otpada,
- nekontrolirano procjeđivanje onečišćenih voda u okoliš i vodna tijela iz „crnih točaka“ (lokacija onečišćenih opasnim otpadom) te
- nekontrolirano ispuštanje otpadnih voda u vodna tijela iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Pritom, treba naglasiti da nesreće nastale uslijed djelovanja “više sile” (potresi, udari groma, akt terorizma i sl.), te utjecaj poplava i suša nisu predmet analiza i aktivnosti u okviru ovog projekta.

Gdje se provodi analiza rizika?

Istraživanje se provodi na području Republike Hrvatske, a **obuhvaća sva površinska vodna tijela, sve tekućice i stajaćice**, odnosno rijeke, vodotoke, kanale, jezera, akumulacije, ribnjake i rukavce.

Kako se provodi analiza rizika?

Procjena rizika proizlazi iz koncepta „**izvor-put-posljedica**“ kako bi se sagledao cjelokupni proces nastanka onečišćenja, pronosa do vodnog tijela te posljedica koje mogu nastupiti uslijed unosa onečišćenja u vodno tijelo.

Analiza izvora proučava vjerojatnost pojave iznenadnog događaja koji može dovesti do onečišćenja te količine onečišćujućih tvari koje se nekontrolirano unose u okoliš. Ova analiza ovisi o: a) veličini, načinu skladištenja i učestalosti nesreća u industrijskim postrojenjima i postrojenjima u kojima se skladište opasne tvari, b) gustoći cestovne i željezničke infrastrukture, c) volumenu otpadnih tvari u odlagalištima otpada, d) volumenu opasnih tvari u „crnim točkama“, te e) kapacitetu uređaja za pročišćavanje otpadnih voda. Vjerojatnosti nastupanja nesreća preuzete su iz međunarodne literature vezano uz dugogodišnja iskustva na brojnim lokacijama, dok su količine onečišćujućih tvari preuzeti iz službenih registara i geoprostornih baza podataka Republike Hrvatske.

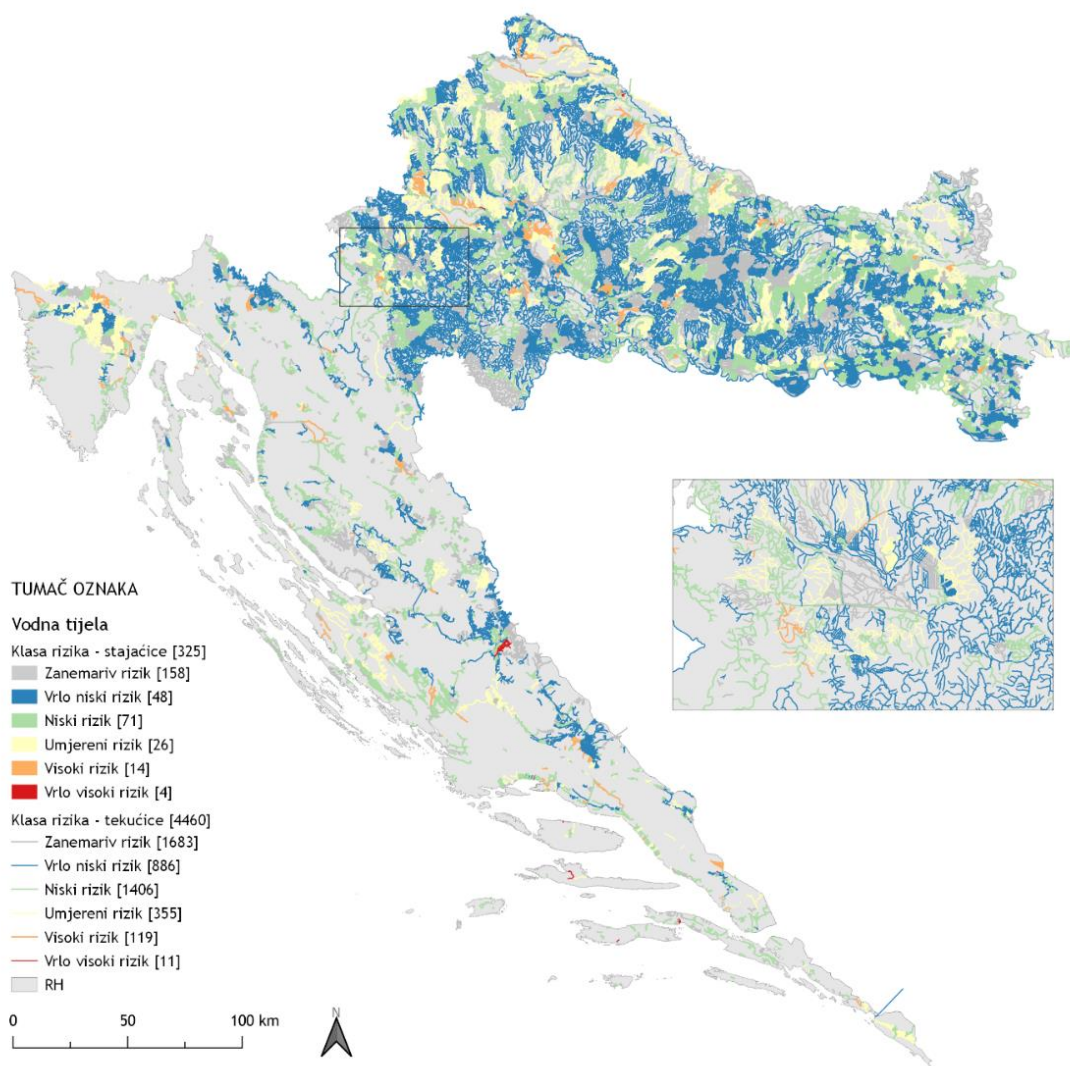
Analiza pronosa proučava tok onečišćenja od izvora do vodnog tijela, pri čemu se daje procjena količine tvari koja teče površinskih putem i količine tvari koja teče potpovršinskim putem. Također daje se procjena smanjenja onečišćenja koje se pronosi potpovršinskim putem. U tu svrhu koriste se pedološke karte koje ukazuju na karakteristike tla te hidrogeološke karte koje upućuju na tip podloge i brzine tečenja podzemnih voda.

Analiza posljedica onečišćenja na vodno tijelo uzima u obzir ranjivost i otpornost vodnog tijela, odnosno daje ocjenu koliko će uneseno onečišćenje nanijeti štetu pojedinačnom vodotoku. Ova analiza uzima u obzir granične vrijednosti koncentracije određenih onečišćujućih tvari te stupanj zaštite voda na određenom području (kao što su zone sanitarne zaštite, zaštićena područja namijenjena zahvaćanju vode za ljudsku potrošnju, područja pogodna za život slatkovodnih riba, područja za kupanje i rekreaciju, područja namijenjena zaštiti staništa ili vrsta - Natura 2000). Posljedice onečišćenja također ovise i o veličini vodnih tijela te njihovom karakterističnom protoku.

Što su rezultati analize rizika?

Rezultat analize rizika su karte za sva vodna tijela na području Republike Hrvatske, koje prikazuju:

- Ranjivost i otpornost vodnih tijela na onečišćenja.** Ova karta identificira ona vodna tijela i područja koja su manje ili više osjetljiva na posljedice onečišćenja.
- Izvor opasnosti od onečišćenja.** Ove karte identificiraju kombinaciju vjerojatnosti nastupanja iznenadnog događaja ili nesreće te količine onečišćenja koja nekontrolirano može dospjeti u vodno tijelo.
- Rizik od onečišćenja.** Ova karta identificira razinu rizika od onečišćenja za svako vodno tijelo kao kombinaciju opasnosti od onečišćenja, izloženosti vodnog tijela onečišćenju te otpornosti i ranjivosti vodnog tijela.



PRILOG B: KARTA RIZIKA OD IZNENADNIH ONEČIŠĆENJA VODA USLIJED HAVARIJA NA PODRUČJU REPUBLIKE HRVATSKE

PRILOG C: KARTA RIZIKA OD IZNENADNIH ONEČIŠĆENJA VODA USLIJED HAVARIJA NA PODRUČJU PODSLIVA RIJEKE SAVE