

Pregledni članak | Review Paper | UDK 556.166(497.5 Rječina)  
 Primljeno (Received): 22.3.2012.; Prihvaćeno (Accepted): 3.10.2012.

# GEOHAZARD U DOLINI RJEČINE U PROŠLOSTI I SADAŠNJOSTI

**Martina Vivoda, dipl. ing. građ.**  
 Građevinski fakultet  
 Sveučilišta u Rijeci  
 Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka  
 martina.vivoda@gradri.hr

**prof. dr. sc. Čedomir Benac,  
 dipl. ing. geol.**  
 Građevinski fakultet  
 Sveučilišta u Rijeci  
 Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka

**mr. sc. Elvis Žic, dipl. ing. građ.**  
 Građevinski fakultet  
 Sveučilišta u Rijeci  
 Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka

**Petra Đomlija, dipl. ing. geol.**  
 Građevinski fakultet  
 Sveučilišta u Rijeci  
 Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka

**Sanja Dugonjić Jovačević,  
 dipl. ing. građ.**  
 Građevinski fakultet  
 Sveučilišta u Rijeci  
 Radmile Matejčić 3, 51000 Rijeka

Rječina je najznačajniji vodotok Hrvatskog primorja duljine 18,7 km. Izvor je krško vrelo smješteno u podnožju planina Gorskog kotara koji drenira podzemnu vodu iz prostranog krškog zaleđa i već se punih 100 godina koristi u vodoopskrbi. U srednjem dijelu toka rijeke nalazi se brana i akumulacija pa se vode Rječine koriste i za proizvodnju električne energije. Ušće Rječine nalazi se u samom centru Rijeke i stoljećima se koristilo kao pristanište za brodove. Vodotok Rječine je izrazito bujičnih značajki s velikim oscilacijama protoka pa su se periodično događale poplave koje su uzrokovale značajne štete duž korita, a posebice na ušću gdje se već od antičkih vremena nalazilo naselje.

Pouzdaniji podatci o poplavama sežu od 18. stoljeća, a većina ih se nalazi u Državnom arhivu u Rijeci. Autori su u ovom radu sistematizirali i kronološkim redom prikazali sve značajne katastrofalne događaje uz tok Rječine. Isto tako su prikazani i građevinski radovi u cilju zaštite od poplava, od premještanja dijela korita na ušću pa sve do regulacije korita u srednjem dijelu toka. Izvršeni radovi su bili toliko uspješni da od završetka istih 1908. godine više nije bilo poplava u središtu Rijeke. Međutim, novija istraživanja su pokazala da opasnost nije posve uklonjena. Naime, dio doline između akumulacije Valići i ulaska u kanjon je područje s najizraženijim hazardom od pojava nestabilnosti u širem području Rijeke. Stoga se zbog niza nepovoljnih okolnosti može dogoditi zatrpavanje korita Rječine, rušenje prirodne brane i propagacija vodnog vala sve do ušća.

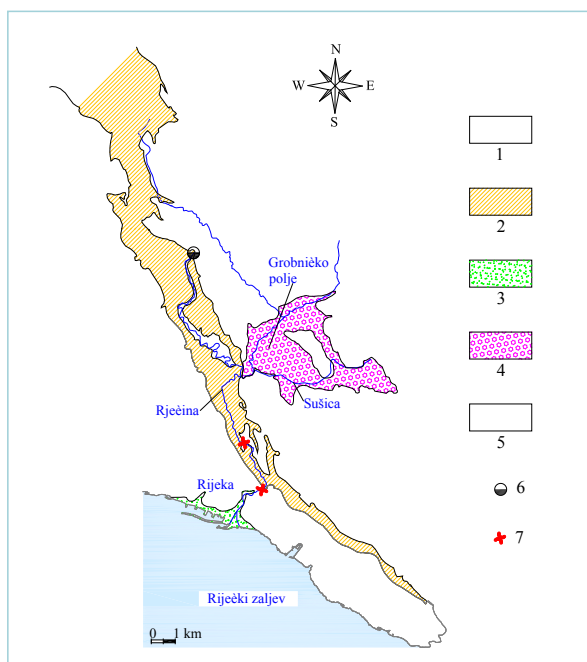
**Ključne riječi:** poplava, nestabilnost kosina, riječno ušće, geohazard, regulacija vodotoka, Jadransko more

## 1. UVOD

Prirodne katastrofe oduvijek su bile velika opasnost za ljude i njihova materijalna dobra. Prema veličini i učestalosti pojava, kao i šteta koje mogu prouzročiti, na prvom mjestu su poplave kao geohazardni događaji, budući da je život uz vodu oduvijek bio optimalno rješenje kroz povijest ljudske civilizacije (McGuire, 2002.). Naime, osim primarnih efekata prouzročenih samim plavljenjem nekog područja, uz poplave se vežu i sekundarni efekti kao što je podlokavanje bokova dolina i pojava brojnih tipova nestabilnosti padina (Bell, 2003.).

Rječina je najznačajniji vodotok Hrvatskog primorja. Duljine je svega 18,7 km, a visinska razlika između izvora i ušća iznosi 325 m. Jako vrelo smješteno u podnožju planina Gorskog kotara drenira podzemnu vodu iz prostranog krškog zaleđa i već se punih 100 godina koristi u vodoopskrbi. U srednjem toku rijeke nalazi se brana i akumulacija pa se vode Rječine koriste i za proizvodnju električne energije. Ušće Rječine nalazi se u samom centru Rijeke (slika 1) i stoljećima se koristilo kao pristanište za brodove (Matejčić, 1988.; Dubravić, 2001.). Prvi poznati povijesni zapisi o Rječini datiraju iz 2. stoljeća naše ere. Vodotok se u povijesti nazivao Tarsis (Tarsus), Pflaum, Fluvis (Fluvius), Reka (Recha) i Fiumara, a zabilježena su i imena Aeni (Oenei) i Tarsa (Palinić, 1999.).

Morfološke značajke vodotoka posve su atipične. Oko uzvodnog dijela toka Rječine nalazi se široka dolina oblikovana u siliciklastičnim stijenama i s naplavnom ravnicom na njezinu dnu, a vodotok dijelom meandrira



**Slika 1:** Pregledna geološka karta sliva Rječine  
1-karbonatne stijene gornje krede i paleogena (tereni velike upojnosti i vodopropusnosti); 2-siliciklastične stijene paleogena-fliš (tereni male upojnosti i vodopropusnosti te izražene erodibilnosti); 3-pješkovito-muljevite do šljunkovite naplavine estuarija; 4-fluvioglacijane pješkovito-šljunkovite naplavine Grobničkog polja; 5-muljevito-pješkovito-šljunkovite riječne naplavine; 6-vrelo Rječine; 7-ulaz i izlaz iz kanjona



**Slika 2:** Dolina Rječine između naselja Zoretići i Martinovo selo (Foto: Č. Benac)



**Slika 3:** Dolina Rječine nizvodno od akumulacije Valići (Foto: Ž. Arbanas)

(slika 2). Na kraju ovog dijela doline u Rječinu se ulijeva najznačajniji pritek Sušica koji drenira vodu s prostranog Grobničkog polja (slika 1). Nizvodno od akumulacije Valići dolina se sužava (slika 3), da bi završila u vrlo uskom kanjonu koji se naglo širi u naplavnoj ravnici u samom centru Rijeke.

Vodotok Rječine je izrazito bujičnih značajki s velikim oscilacijama protoka (Karleuša i sur., 2003.). Kao posljedica toga periodično su se događale poplave koje su uzrokovale značajne štete duž korita, a posebice na ušću gdje se već od antičkih vremena nalazilo naselje (Matejčić, 1988.; Palinić, 1999.; Dubravić, 2001.).

Pouzdaniji podatci o tim događajima sežu od 18. stoljeća, a većina ih se nalazi u Državnom arhivu u Rijeci. Autori ovog rada su sistematizirali sve dostupne izvorne podatke koji se sastoje od opisa, slika i karata. Većina njih je na mađarskom jeziku, što je predstavljalo posebnu

poteškoću. Prikaz značajnih katastrofalnih događaja uz tok Rječine napravljen je kronološkim redom. Isto tako su prikazani i građevinski radovi u cilju zaštite od poplava, od premještanja dijela korita na ušću pa sve do regulacije korita u srednjem dijelu toka. Zadivljujuće je da su izvršeni radovi bili toliko uspješni da od završetka radova 1908. godine više nije bilo poplava u središtu Rijeke. Međutim, novija istraživanja su pokazala da opasnost nije posve uklonjena. Naime, dio doline između akumulacije Valići i ulaska u kanjon je područje s najizraženijim hazardom od pojava nestabilnosti na padinama u širem području Rijeke (Benac i sur., 2006.). Stoga se zbog niza nepovoljnih okolnosti može dogoditi zatrpavanje korita Rječine, rušenja prirodne brane i propagacija vodnog vala sve do ušća.

## 2. PRIRODNE ZNAČAJKE

### 2.1. Geološka građa i geomorfološke značajke riječne doline i slivnog područja

Rječina svojim tokom prolazi područjem dviju različitih geomorfoloških jedinica koje imaju i različitu geološku građu. Izvor rijeke je smješten na hipsometrijskoj visini od 325 m n.m., podno strme vapnenačke litice na sjeveroistočnom kontaktu siliciklastičnih i karbonatnih stijena (slika 1).

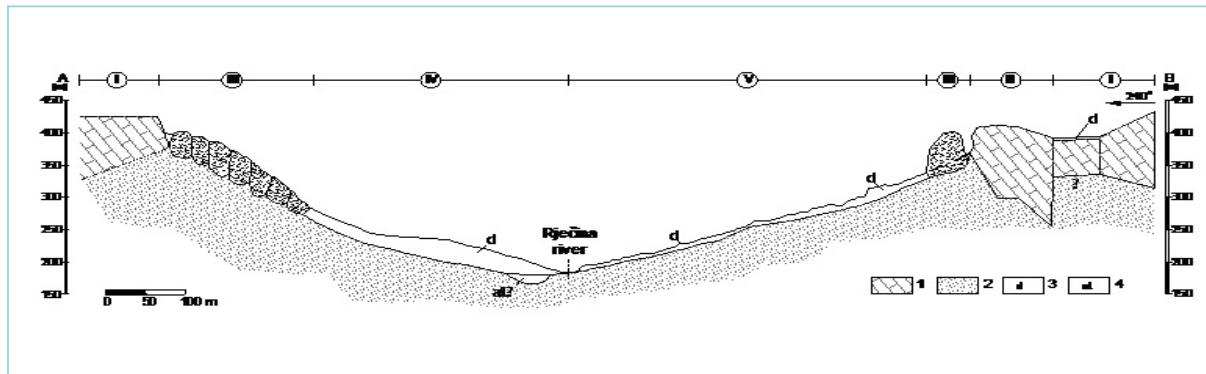
dolske doline, ova geološka struktura se može smatrati flišnom sinklinalom ograničenom rasjedima (Blašković, 1999.). Međutim, do sada nije napravljena moderna tektonska interpretacija doline Rječine. Naime, prema morfološkim značajkama te intenzitetu geomorfoloških procesa vjerojatno postoje određene razlike u odnosu na Vinodolsku dolinu (Benac i sur., 2009.; 2011.).

Kinematika strukturnih elemenata doline Rječine kao i cijele spomenute morfostrukturne jedinice svodi se, u osnovi, na odnos relativno krutih karbonatnih stijena i relativno duktilnih siliciklastičnih stijena tijekom istodobnog deformiranja. Na vrhu obje padine nalaze se kredni i paleogenski vapnenci, a paleogenske siliciklastične stijene ili fliš izgrađuju hipsometrijski niže dijelove padina, uključivši i dio doline (slike 2, 3 i 4).

Dolina Rječine dio je riječkog epicentralnog seizmičkog područja gdje su tijekom posljednja dva tisućljeća zabilježeni potresa magnitude do  $M = 6$  prema Richter-ovoj ljesvici (Herak i sur., 1996.).

Siliciklastična ili flišna osnovna stijena odlikuje se velikom litološkom heterogenošću zbog čestog vertikalnog i lateralnog izmjenjivanja raznovrsnih litoloških članova kao što su lapori, siltiti, šejlovi i sitnozrnati pješčenjaci (Benac i sur., 2005.).

Flišna stijenska masa je slabe vodopropusnosti, podložna raspadanju i eroziji. Kao posljedica toga je



Slika 4: Poprečni geološki presjek srednjeg dijela toka Rječine

1-paleogenski foraminiferski vapnenci; 2-paleogenske siliciklastične stijene (fliš); 3-padinske tvorevine (koluvij); 4-aluvijalni sedimenti (pretpostavljeni položaj); I-relativno stabilna stijenska masa; II-odvojeni megablock; III-klizanje blokova; IV-umirena kamena lavina; V-aktivno klizište (Benac i sur., 2011)

Uzvodni i središnji dio riječne doline, do ulaza u kanjon kod naselja Pašac, oblikovani su u relativno uskoj zoni paleogenskih siliciklastičnih stijena, a koja se sužava prema jugoistoku (slika 1). Ta zona je s jugozapadne i sjeveroistočne strane uokvirena vapnenačkim stijenama paleogena i gornje krede (Šikić i sur., 1972.; Šikić i Pleničar, 1975.) i dio je dominantne morfostrukturne jedinice koja se proteže od sjeverozapada prema jugoistoku pravcem: Ilirska Bistrica – Klana – dolina Rječine – Sušačka Draga – Bakarski zaljev – Vinodolska dolina (Velić i Vlahović, 2009.). Prema analogiji s tektonskim stilom Vino-

stvorena, na osnovnoj stijeni-flišu, zona fizičko-kemij-skog raspadanja sastavljena od mješavine gline, praha, pijeska i odlomaka do blokova pješčenjaka. S vremenom su krupnozrnati fragmenti podrijetlom iz sipara pomiješani s glinom iz zone raspadanja osnovne stijenske mase pa su nastale potencijalno nestabilne padinske tvorevine višemetarske debljine (slika 4). Na terenu su takove geološke građe, upojnost i vodopropusnost, male pa je oblikovana mreža povremenih vodotoka koji erodiraju padine i bitno pojačavaju produkciju nanosa u slivu Rječine (slika 5).

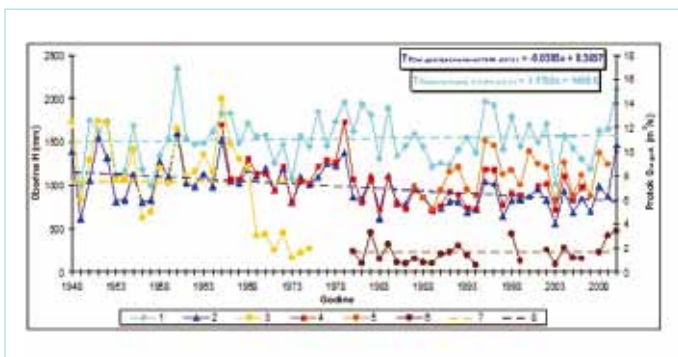
Nasuprot tome, tereni oblikovani u vapnenačkim sti-



Slika 5: Jaruga u uzvodnom dijelu doline Rječine (Foto: Č. Benac)

jenama imaju tipična krška obilježja. Zbog toga u njima gotovo da nema površinskih vodotoka. Međutim, podzemna cirkulacija vode u krškom vodonosniku je vrlo razvijena i složena. To utječe na promjenu hidrološkog režima Rječine u smislu dodatnog prihranjivanja i gubitaka vode uzduž njenog korita (Biondić i sur., 1978.).

Već nekoliko stotina metara od izvora oko korita je oblikovana uska naplavna ravnicina širine 50 do 100 m ispunjena pretežito krupnozrnatim sedimentima. Kod naselja Kukuljani tok Rječine skreće iz pravca jugozapada prema jugoistoku i djelomično meandrira, a naplavna ravnicina je mjestimice šira od 300 m (slike 1 i 2). Prosječna širina doline je oko 2 km, a vapnenačka uzvišenja s obje strane mjestimice prelaze visinu od 500 m. Nizvodno od Martinovog Sela završava naplavna ravnicina, a tok Rječine naglo mijenja smjerove sve do akumulacije kod naselja Valići. Uzvodno se od početka akumulacije



Slika 6: Godišnje oborine u gradu Rijeci i srednji godišnji protoci u karakterističnim profilima na vodotoku Rječine

1-raspodjela oborina na meteorološkoj stanici Rijeka H (1949.-2010.); 2-srednji godišnji protoci na lokaciji Rječina-Izvor (1948.-2010.); 3-srednji godišnji protoci na lokaciji Rječina-Grohovo (1948.-1975.), prije izgradnje akumulacije Valići; 4-srednji godišnji protoci Rječine na lokaciji Rječina-Martinovo Selo (1965.-2006.); 5-srednji godišnji protoci Rječine na lokaciji Rječina-Drastin (1987.-2009.); 6-srednji godišnji protoci Rječine na lokaciji Rječina-Grohovo (1980.-2010.), poslije izgradnje akumulacije Valići; 7-srednjak srednjih godišnjih protoka na lokaciji Rječina-Grohovo (1948.-1975.), prije izgradnje akumulacije Valići; 8- srednjak srednjih godišnjih protoka na lokaciji Rječina-Grohovo (1980.-2010.), poslije izgradnje akumulacije Valići

u Rječinu ulijeva njezin najveći pritok, Sušica. Koritom Sušice dolaze periodične vode s prostrane krške depresije, Grobničkog polja, koje je pokriveno fluvioglacialnim sedimentima. Isti su prahovito-pjeskoviti u zapadnom i šljunkoviti u istočnom dijelu polja (Šikić i sur., 1972.; 1975.).

Dio doline Rječine između akumulacije Valići ima pružanje pravcem sjeverozapad-jugoistok i širine je 0,8 do 1,5 km. Vrhovi dosežu visinu preko 400 m na obje strane doline, a padine se spuštaju sve do korita (slika 3). Ispod mosta kod naselja Pašac tok Rječine prolazi kanjonom duljine preko 3 km. U svom uzvodnom dijelu kanjon je vrlo uzak, mjestimične širine manje od 10 m i dubine preko 50 m. Kanjon je usječen u vapnenačke stijene gornjokredne i paleogenske starosti. Uzvodni i središnji dio kanjona imaju pružanje sjeverozapad-jugoistok, a nakon toga kanjon naglo mijenja smjer prema jugozapadu (slika 1).

Približno kod kaptiranog izvora Zvir počinje naplavna ravnicina okružena vapnenačkim uzvišenjima (slika 1). To je ostatak nekadašnjeg estuarija koji je potpuno zatrpan sedimentima Rječine tijekom posljednjih nekoliko stoljeća (Benac i Arbanas, 1990.).

## 2.2. Hidrografske značajke

Kao što je već rečeno u uvodnom poglavlju, Rječina ima ukupnu duljinu od 18,7 km i visinski raspon od 325 m od izvora do ušća u Riječki zaljev (slika 1). Uzdužni pad vodotoka varira od 1,8 % u gornjem dijelu, 3,0 % u srednjem dijelu, do minimalnih 0,36 % u donjem dijelu toka, odnosno naplavnoj ravnicini uz ušće. Širina korita je od 9 do 16 m. Površina topografskog poriječja Rječine iznosi 53,8 km<sup>2</sup>, dok je hidrogeološko poriječje procijenjeno na 163,9 km<sup>2</sup> (Knežević, 2001.). Odnos između topografskog i hidrogeološkog poriječja ukazuje na znatne poteškoće kod utvrđivanja granica područja poriječja vodotoka Rječine.

Temeljna hidrološka značajka Rječine su velike varijacije protoka tijekom godine. Izvor Rječine je krško vrelo, vrlo značajno za vodoopskrbu područja Rijeke još od 1915. godine. Prosječna izdašnost izvora je 7,17 m<sup>3</sup>/s, maksimalna može doseći i 60,1 m<sup>3</sup>/s, ali je česta i pojava potpunog presušivanja. Srednji godišnji protok na mjernejoj stanici Martinovo Selo je 7,51 m<sup>3</sup>/s (slika 6). Rječina ima nekoliko periodičnih pritoka bujičnih obilježja od kojih je najznačajnija Sušica, duljine oko 3 km, čiji je prosječni protok 0,72 m<sup>3</sup>/s, a maksimalni 43,8 m<sup>3</sup>/s. Ovaj vodotok teče s prostora Grobničkog polja, a ulijeva se u korito Rječine kod naselja Lukeži, uzvodno od akumulacije Valići (slika 1). Stoga hidrološke značajke Rječine imaju obilježja krških rijeka jadranskog sliva (Žugaj, 1995.).

Za potrebe proizvodnje električne energije HE Rijeka, 1967. godine izgrađena je brana i akumulacija Valići. Dio vode odlazi hidrotehničkim tunelom jer se koristi za proizvodnju električne energije. Nakon izgradnje bitno je izmijenjen hidrološki režim u nizvodnom dijelu toka.

Srednji godišnji protok na postaji Grohovo, lociranoj neposredno nizvodno od brane Valići, prije izgradnje akumulacije iznosio je 9,12 m<sup>3</sup>/s, a danas iznosi prosječno svega 1,66 m<sup>3</sup>/s. Stoga je kanjonski dio korita Rječine, u kojem se nalaze ostatci mlinova, stupa, stupica i pilana, dio godine potpuno suh. U svom donjem toku, na naplavnoj ravnicima između izlaza iz kanjona i ušća, kroz korito Rječine stalno teče voda koja izlazi dijelom iz odvodnog kanala HE Rijeka (maksimalne propusnosti do 21 m<sup>3</sup>/s) i izvora Zvir (prosječna preljevna protoka za 1,24 m<sup>3</sup>/s) (Rubinić i Sarić, 2005.). Nizvodnije u gradu Rijeci razina vode je pod djelovanjem uspora mora (slika 6).

Zbog opisane geološke građe naslaga, odnosno njihove djelomično velike erodibilnosti, sliv Rječine obilježava velika produkcija i pronos nanosa od oko 10.000 m<sup>3</sup> godišnje. Zbog izgrađene akumulacije Valići i djelomično reguliranog korita nizvodno od nje, procjenjuje se da se do ušća godišnje transportira oko 2.000 m<sup>3</sup> sedimenta (Holjević, 1999.).

Uvjeti taloženja oko nekadašnjeg ušća Rječine bili su promjenjivi u prostoru i vremenu zbog uzajamnog fluvijalnog i marinskog utjecaja tipičnog za sedimentacijski okoliš estuarija. Usporedbom topografskih karata iz 1579., 1830. i 1884. godine ustanovljeno je da se ušće Rječine pomaklo za oko 500 m tijekom četiri stoljeća (Benac i Arbanas, 1990.). Prirodni ciklus sedimentacije bitno je poremećen nakon 1855. godine kada je korito Rječine umjetnim zahvatom premješteno istočnije.

Veći dio sedimentata odlazi u obliku suspendiranog nanosa do ušća gdje se taloži u relativno širokom području. Usporedbom batimetrijskih karata proizlazi da je u razdoblju od devedeset godina (1884. - 1974.) morsko dno oko današnjeg ušća postalo pliće za 5 do 10 m, odnosno da je brzina oplićavanja iznosila prosječno 5,5 do 11,1 cm/god. (Benac, 1994.).

### 3. POVIJESNI PODATCI

U Državnom arhivu u Rijeci nalaze se brojni dokumenti iz kojih su se sa zadovoljavajućim stupnjem sigurnosti mogli ustanoviti značajni događaji oko toka Rječine. Prvi vjerodostojniji podatci datiraju od početka 18. stoljeća. Međutim, oni bolje sistematizirani i s tehničke strane pouzdaniji datiraju od polovice 19. stoljeća (Državni arhiv Rijeka -A; B; C). U Državnom arhivu su pronađeni mnogi opisi, slike i karte koje opisuju poplave i klizišta u dolini Rječine te nam daju dokaz o poplavama i pojavama nestabilnosti na padinama. Prilikom rekonstrukcije tih događaja korišteni su i podatci iz knjiga koje govore o povijesti Rijeke i njene bliže okolice (Matejčić, 1988.; Palinić, 1999.; Holjević, 1999.; Dubravić, 2001.) (tablica 1).

Kao što je već rečeno, naplavna ravnica oko sadašnjeg ušća Rječine nastala je zatrpavanjem estuarija čiji je oblik bio predodređen izlazom riječnog korita iz kanjona, kao i okolnim uzvišenjima na kojima je vidljiva karbonatna stijenska masa. Na temelju rezultata brojnih

Tablica 1: Pregled geohazardnih događaja u dolini Rječine

Godina	Događaj
1705.-1727.	Periodično produbljivanje dna korita na ušću
1767.	Prvi detaljni zapis nestabilnosti padina u dolini Rječine
1849.,1852.,1853.	Katastrofalne poplave Rječine
1854.-1855.	Iskop novog korita na ušću Rječine
1870.	Razorni potres, Odron na JZ padini kraj sela Grohovo
1884.	Poplava
1885.	Veliki odron na jugozapadnoj padini; oštećene su kuće u naselju Grohovo
1887.-1892.	Učestala manja klizišta i odroni
1893.	Veliko klizište na SI padini
1894.	Projekt regulacije Rječine
1898.	Početak radova na regulaciji srednjeg toka Rječine, Velika poplava
1908.	Završetak radova na regulacije srednjeg toka Rječine
1967.	Klizišta na JZ padini tijekom izgradnje brane Valići
1985.	Odron na JZ padini prouzročeni iskopom; zatrpana županijska cesta
1996.	Veliko klizište na SI padini; zatrpano korito Rječine
od 1996.	Manja klizišta i odroni na obalama Rječine, oštećenja na županijskoj cesti

istraživačkih bušenja moglo se ustanoviti pružanje korita ispunjenog šljunčanim i pješčanim sedimentima te močvarne zone u kojima se nalazi mulj bogat organskim primjesama (Benac i Arbanas, 1990.). Postojanje estuarija iskorišteno je kao relativno sigurno sidrište, pa je još na kartama iz 16. stoljeća vidljiv položaj srednjovjekovne luke na današnjoj lokaciji Školjić (Dubravić, 2001.). Ta lokacija nalazi se oko 500 m uzvodno od sadašnjeg ušća Rječine.

Budući da su produkcija i pronos nanosa značajni u slivu Rječine, estuarij se sve više zatrpavao pa se počela formirati delta. Periodične velike poplave očigledno su značajno pridonijele mijenjanju reljefa naplavne ravnice.

Već sredinom 18. stoljeća započinju čišćenja i popravci obala na tadašnjem ušću Rječine. Dno uz obalu je često bilo zatrpano riječnim nanosom pa su u nju jedva mogli ulaziti i najmanji brodovi (slika 7).

Stoga su čišćenja i popravci postali sve češći; prema povijesnim zapisima iz 1705., 1708., 1716., 1720. i 1727. godine, dakle prosječno svakih sedam do osam godina. Godine 1781. ušće je bilo toliko zatrpano da je bilo potrebno produbljivati i samo dno korita rijeke. Inženjer Struppi tada izrađuje projekt glibodera, do čijeg ostvarenja nije došlo, i predlaže da se u koritu Rječine iskopa jama u kojoj bi se taložili riječni nanosi (Državni arhiv Rijeka-C).

Iz tog vremena datiraju i prvi podatci o pojavama nestabilnosti na padinama oko toka Rječine. Pokazalo se da su se gotovo sve pojave događale u srednjem dijelu toka, u području između naselja Lukeži i ulaza u kanjon kod naselja Pašac. Tako se spominje više klizišta i odrona



Slika 7: Karta ušća Rječine iz 1814. godine prije regulacije korita (Dubravić, 2001)

tijekom serije potresa između 1750. i 1754. godine čiji je epicentar bio u Rijeci ili njenoj bližoj okolini. Na karti iz 1767. godine (Lopacsaer Plan Idealis) nalazi se prvi kartografski zapis klizanja i to na desnoj obali Rječine (jugozapadna padina) kod naselja Grohovo.

Tijekom 19. stoljeća zabilježeno je više poplava s katastrofalnim posljedicama. Pojave su bile osobito učestale u drugoj polovici stoljeća. Pokušaji produbljivanja ondašnje luke u koritu Rječine 1813. godine bili su neuspješni. Nakon toga i nakon periodičnih poplava 1820. godine javljaju se prve ideje o potrebi premještanja toka Rječine i izgradnje nove luke ispred grada. Posebice nakon što su katastrofalne poplave zabilježene 1849., 1852. i 1853. Velika bujica potpuno je razorila jaz kod Matešićeva mlina u naselju Podbadanj u srednjem toku Rječine 10. studenog 1849. Tri godine kasnije, 11. listopada 1852. godine, Rječina se uslijed velikih kiša toliko podigla da je porušila gotovo sve mostove i jazove, prijelaze i kanal kod ondašnje Tvornice papira, most između Rijeke i Sušaka te je porušila ogradne zidove na lijevoj obali. Sljedeća poplava zabilježena je 18. studenog 1853. godine kada je voda poplavila niže dijelove grada Rijeke (Palinić, 1999.).

Nakon tih poplava odlučeno je da se Rječina regulira tako što će se iskopati novo korito istočno od postojećeg, po pravcu kojim je tekla rijeka kad je njen vodostaj bio najviši. Radovi su izvršeni tijekom 1854. i 1855. godine. Staro korito je potopilo more, to je današnja Fiumara (Mrtvi kanal). Nakon tih radova, između starog i novog korita, ostao je teren trokutastog oblika nazvan Delta, prema istoimenom slovu grčkog alfabeta. Nakon toga se moglo pristupiti gradnji nove luke ispred grada, bez bojazni od zatrpavanja (Matejić, 1988.).

Godine 1870. dogodio se razorni potres s epicentrom u području naselja Klana. Zabilježeno je spuštanje lokacije vrela Rječine za oko 2 m. Također se odronio velik dio padine na desnoj obali Rječine u blizini sela Grohovo i razorio mnoge kuće i stupe, koje se od tada više nisu obnavljale.

Godine 1884. nakon obilnih kiša uslijedila je poplava, pa su zabilježene velike štete. Uništene su ili teško oštećene brane, mlinovi, mostovi i kuće. No najveće štete dogodile su se 1885. godine kada se nakon dugotrajnih kiša ponovno aktiviralo klizište na desnoj obali Rječine pokraj sela Grohovo. Opisano je da je došlo do klizanja strme padine visine 80 m i širine 400 do 500 metara u korito rijeke koje je tada i pomaknuto prema sjeveroistoku. Tom prilikom oštećene su gotovo sve kuće u selu.

U listopadu 1892. godine (2. i 14. listopada) velike vode Rječine uzrokovale su odrone i štete na građevinama. Povodom toga su mještani naselja Gospodarsko Selo, Ratulje, Lukeži, Drastin i Valići dana 16. listopada 1892. uputili molbe Kraljevskoj kotarskoj oblasti u Sušaku. U toj molbi se traži da se procjeni stanje oko korita Rječine i predlažu izgradnju četiri brane kod naselja Ratulje, Drastin, Valići i Grohovo (Državni arhiv Rijeka-B).

Zadnje veliko klizanje u 19. stoljeću dogodilo se u studenom 1893. godine kada je na lijevoj strani obale,



Slika 8: Klizište iz 1893. godine na lijevoj obali Rječine nasuprot naselju Grohovo (Državni arhiv Rijeka - B)

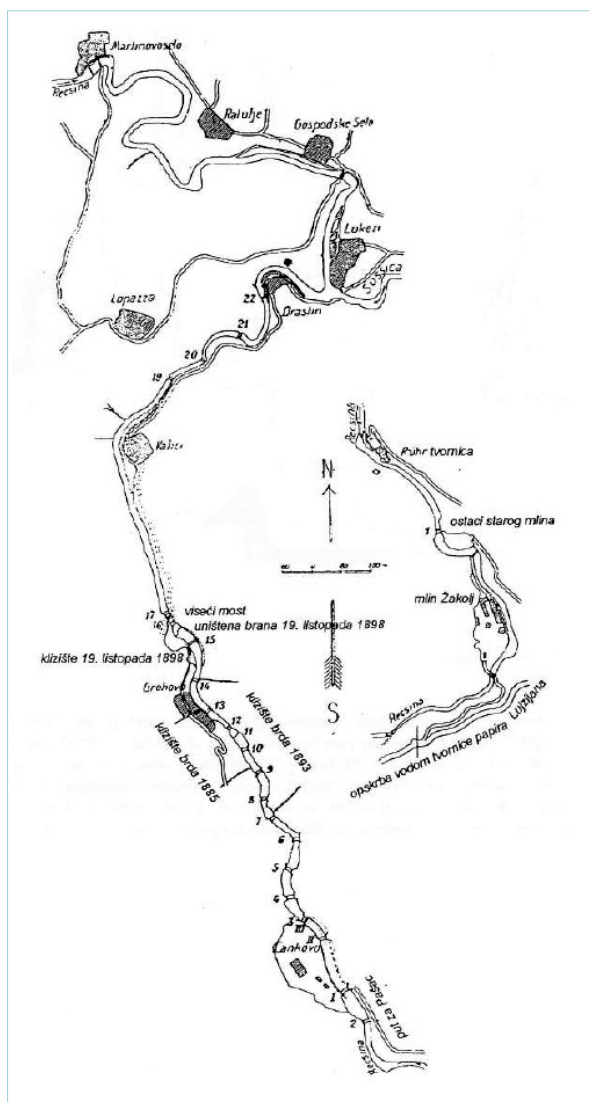


Slika 9: Oštećena kuća u selu Grohovo nakon klizišta iz 1893. godine (Državni arhiv Rijeka - B)

nasuprot selu Grohovo, veliki dio sjeveroistočne padine kliznuo u Rječinu te pomaknuo njeno korito na jug za oko 50 m (slika 8). Iz tog razdoblja potječu i fotografije oštećenih kuća u selu Grohovo (slika 9).

Prvi puta se potreba za intervencijom državno-upravnih službi pojavila prilikom nastanka velikih šteta uslijed klizanja na padinama oko naselja Grohovo, što je proglašeno elementarnom nepogodom. Iz tog razloga je ministar poljoprivrede naredio očevid i geološki pregled terena, a istodobno je učinjena i fotodokumentacija postojećeg stanja i nastalih šteta (slika 10).

Istraživanjem, koje je izvršio geolog dr. Szontag Tomas, navodi se: „Utvrdeni su slojevi laporastih materijala, pješčenjaka i numulitnih vapnenaca koji su bili potpuno pomiješani uslijed potresa i naglih temperaturnih razlika“. Spomenuti geolog također navodi da je „na dijelu toka Rječine u okolici Grohova naišao na potpuno nesredeno zemljište otpada i nanosa“ (Državni arhiv Rijeka-C).



Slika 10: Skica pojova klizišta i oštećenja u dolini Rječine: kraj 19. stoljeća (Državni arhiv Rijeka - C)

Naime, s okolnih površina voda veoma brzo dotječe u rijeku ispirajući obale i uporišta. Tako nestabilne i pokrenute mase u velikim količinama završavaju u koritu. Odluka o sanaciji postojećih i sprječavanju nastanka novih pojava nestabilnosti, kao i o izgradnji dviju brana i četiri kaskade oko Grohova, donesena je 31. ožujka 1894. godine. Nakon geoloških istraživanja izrađena je topografska karta doline Rječine s precizno određenom granicom nestabilnosti na padinama (slika 11). Zbog birokratskih prepreka predviđeni radovi započeli su tek 13. kolovoza 1898., a do tada se bilježe daljnji odroni obala na srednjem toku Rječine.



Slika 11: Karta nestabilnosti u srednjem toku Rječine iz 1894. godine (Državni arhiv Rijeka - C)

Uslijed proloma oblaka, 24. listopada 1898. godine, se podigao vodostaj Rječine na dotad nezabilježenu razinu. To je potpuno poremetilo tijek izvođenja radova. Uništena je i velika drvena brana (približno na lokaciji današnje betonske brane Valići) gdje se vodotok granao prema mjesnom perilištu, a na desnoj obali primijećeni su novi pokreti na padinama. Ekstremno visoki vodni val odnio je konstrukciju visećeg mosta iznad Grohova zajedno s 10 metara visokim kamenim blokom u kojem je bilo ukliješteno uporište mosta te je na tom dijelu korito pomaknuto. Uzvodnije je oštećena brana kod naselja Žakalj. Vodni val je pricinio znatne štete i nakon izlaska iz kanjona; odneseni su željezni nosači mosta kod tadašnje tvornice papira, oštećeni su i strojevi u pogonima tvornice, srušen je obalni zid kod izvorišta Zvir, a na ulicama grada Rijeke uz Rječinu voda je bila visoka i do 2 metra (Državni arhiv Rijeka-C).

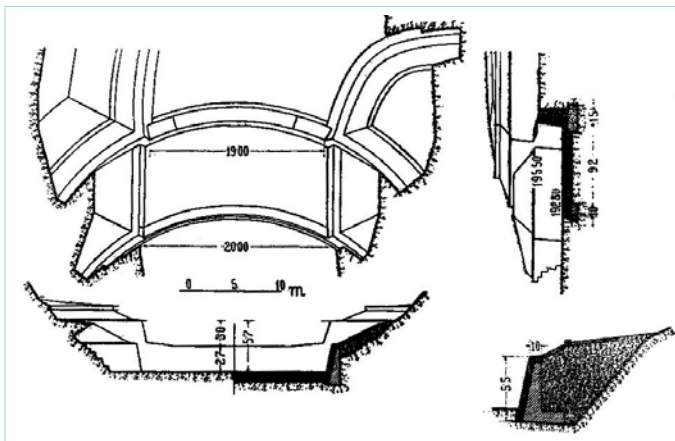
Nakon tog događaja konačno je potvrđena ispravnost pretpostavki o potrebi projektiranja cjelovitog regulacijskog zahvata. 11. i 12. studenog 1898. godine održan je sastanak zbog nastale situacije i planova za regulaciju iste. Mađarski kulturno-inženjerski ured I. okruga izrađuje projekt regulacije srednjeg toka Rječine (slika 12), kojim su postojeći projekti revidirani i nadopunjeni, a koji potpisuje inženjer Béla Péch, dok je voditelj gradilišta bio Pál Hoffeld. Radovi su ponovno započeti u proljeće 1899. godine, a završeni 1908. godine.



Slika 12: Regulacija srednjeg toka Rječine (Državni arhiv Rijeka - C)

Planom je bilo predviđeno, u uzvodnom dijelu sliva na pritoku Sušica, izvesti regulaciju korita ublažavanjem uzdužnog pada kako bi se smanjile količine vučenog nanosa koji se transportirao u korito Rječine te urediti vodotoke na okolnim padinama i izvršiti pošumljavanje padina oblikovanih u siliciklastičnim stijenama radi smanjenja erozije.

Najopsežniji zahvati bili su predviđeni u srednjem dijelu toka, od Martinovog Sela do ulaza u kanjon. Osnovni cilj bio je ublažavanje uzdužnog nagiba korita Rječine na onaj prihvatljiviji od 5 % jer se promatranjem uočilo da kod većeg nagiba voda uzrokuje podlokavanje dna i obala. Zbog toga su izgrađene 23 brane, odnosno vodne stube od betona u kamenoj oplati, jedna kaskada, obalni zid kod Grohova i obalni nasipi uz premještanje korita kod naselja Čankovo. Visine brana variraju od 0,70 do 2,40 metara, a visine kaskada od 0,40 do 0,60 metara i većinom imaju polulučni tlocrt (slika 13).



Slika 13: Skica pregrade (Državni arhiv Rijeka - C)

U kanjonskom dijelu toka hidrotehničke građevine nisu niti predviđene, a niti izgrađene. Korito Rječine u naplavnoj ravnici, od brane kod tvornice papira sve do ušća, prošireno je da može primiti maksimalni protok.

Tijekom ukupno 11 godina izvođenja radova javljali su se brojni problemi i poteškoće, uglavnom zbog nedostataka podataka o geološkim značajkama, kao i zbog dopreme materijala za građenje na nepristupačne lokacije. U tom razdoblju građenja poplave su u više navrata ometale izvođenje, ali i uništile građevine koje su morale biti potpuno uklonjene i ponovno izvedene. Zbog toga se izvođaču radova ostavljala sloboda u oblikovanju detalja na hidrotehničkim konstrukcijama. Prvotna projektna rješenja često su korigirana tako da se izvedene građevine značajno razlikuju od planiranih. Nakon opisanog uređenja korita Rječine više nisu zabilježene poplave oko njenog ušća u centru Rijeka.

Regulacijom srednjeg toka Rječine očigledno nisu zaustavljene pojave nestabilnosti na okolnim padinama. Tako su 1912. godine na sjeveroistočnoj padini nasuprot naselja Grohovo iskopana dva hidrotehnička tunela prilikom izgradnje vodovoda od izvora Rječine do Sušaka, jer su ondašnji graditelji upravo na tom mjestu uočili pojave nestabilnosti (Benac i sur., 1999.). Brojne manje pojave nisu registrirane, ali se mogu pronaći podatci o periodičnim čišćenjima korita Rječine od materijala dopremljenog gravitacijskim procesima s okolnih padina.

Betonska gravitacijska brana na lokaciji Valiči izgrađena je 1967. godine. Njena visina je 35,1 m, dužina u kruni 166,3 m, a kapacitet akumulacije je svega 600.000 m<sup>3</sup> (slika 3). Tijekom izgradnje javljala su se klizišta na desnoj obali, koja su tijekom izgradnje i sanirana (Nonveiller, 1987.).

Godine 1985. zabilježena je kamena lavina na jugozapadnoj padini, a razlog te pojave je nestručno izveden iskop. Tom prilikom je pokrenuto oko 170.000 m<sup>3</sup> pretežito kamenih blokova koji su zatrpali županijsku cestu u duljini preko 100 m. Na sreću, nožica kamene lavine nije doprla do korita Rječine (Benac i sur., 2006.).

Posljednje veliko klizište pokrenuto je 5. prosinca 1996. godine nakon dužeg kišnog razdoblja na sjeveroistočnoj padini i približno na mjestu klizišta iz 1893. godine. Velika količina pokrenutog materijala doprla je u korito Rječine i gotovo ga u potpunosti zatrpala. Hitno je zaustavljeno ispuštanje vode iz akumulacije Valiči te je dio kliznog tijela iskopan iz korita zbog velikog rizika od mogućeg sloma prirodne brane i vodnog vala koji bi mogao prouzročiti značajne štete oko ušća Rječine u centru Rijeka. Istraživanjima je ustanovljeno da je to složeno retrogresivno klizište koje se počelo razvijati od stope prema vrhu kosine. Na padini je otkriveno 13 pojedinačnih kliznih tijela, a posebnost su pomak velikih blokova na vrhu padine. Procjena količina pokrenutog materijala je oko 850.000 m<sup>3</sup> (slika 3). Klizanje je relativno plitko, budući da u hidrotehničkom tunelu, koji se nalazi ispod nožice klizišta, nisu uočena oštećenja prouzročena pokretima masa niz padinu. To je najveće poznato aktivno



klizište u jadranskom pojasu Republike Hrvatske (Benac i sur., 1999.). Kasnije je izvršena djelomična sanacija donjeg dijela padine promjenom njene geometrije. Mjerenjem pomaka je ustanovljeno da se niži dio padine uglavnom umirio, dok se na višem dijelu i dalje zbivaju značajni pomaci (Benac i sur., 2011.).

U 21. stoljeću pojavljuju se novi pokreti masa na obje padine. Registrirana su oštećenja na županijskoj cesti pa čak i urušavanje materijala u korito Rječine (slika 14).



Slika 14: Odron ispod brane Valiči (Foto: Č. Benac)

#### 4. DISKUSIJA I ZAKLJUČCI

Temeljna hidrološka značajka Rječine su velike oscilacije protoka tijekom godine. Krško vrelo na izvorištu ima veliki prosječni kapacitet istjecanja, a povremeno i presušuje. Posebna okolnost je podzemna cirkulacija vode u prostranom krškom vodonosniku oko doline Rječine, što utječe na promjenu hidrološkog režima Rječine zbog dodatnog prihranjivanja i gubitaka vode uzduž njenog korita.

Padine oko korita Rječine u uzvodnom dijelu oblikovane su u siliciklastičnim stijenama visokoga stupnja erodibilnosti, a dno šljunkovitim do glinovito-pjeskovitim naslagama. Stoga su produkcija i pronos nanosa značajni. Tome pridonosi nekoliko bujičnih pritoka od kojih je najznačajniji lijevi prtok Sušica koji odvodi vode s Grobničkog polja, također pokrivenog šljunkovito-pjeskovitim sedimentima. Druga osobitost Rječine je vrlo uzak kanjon u nizvodnom dijelu toka usječen u karbonatne stijene koji se naglo širi u naplavnu ravnicu u središtu Rijeke.

Prema arhivskim zapisima tijekom 18. i 19. stoljeća dogodio se niz poplava koje su osim štete u dolini Rječine, uzvodno od ulaza u kanjon, periodično plavile i sam grad Rijeku i zatrpavale riječno ušće u njenom središtu gdje se tada nalazilo pristanište za trgovačke brodove. Da bi se započelo s izgradnjom nove luke, već je 1855. godine iskopano oko 400 m novog korita istočno od postojećeg. Graditelji su odabrali smjer po kojem je tekla Rječina tijekom najviših vodostaja.

Štete prouzročene poplavama i dalje su zabilježene u uzvodnom dijelu toka. To je bilo posebice izraženo u dijelu doline između naselja Lukeži i ulaza u kanjon kod naselja Pašac, gdje su padine izrazito nestabilne pa su se događali brojni odroni i klizišta. Te pojave se mogu vremenski povezati sa snažnim potresom iz 1870. godine, čiji je epicentar bio u blizini Klane. To je logično budući da se dolina Rječine nalazi unutar seizmotektonski aktivnog područja. Naime, dovoljno jaki potresi smanjuju dinamičku stabilnost padina, što može prouzročiti pokrete masa, odnosno padinskih tvorevina koje se već nalaze u stanju labilne ravnoteže. Uz to može doći do odvajanja i padanja blokova s litice na vrhu padine.

Najznačajnije pojave nestabilnosti na padinama dogodile su se 1885. i 1993. godine kada su zabilježene i najveće štete, kao što je veliko oštećenje kuća u naselju Grohovo i rušenje drvene brane. Osim toga velike količine materijala u koritu Rječine promijenile su oblik korita u tom dijelu toka.

Kako bi se ublažile česte štete prouzročene pokretima na padinama i kako bi se smanjio pronos nanosa, od 1898. do 1908. godine obavljani su radovi na regulaciji dijela toka Rječine, između naselja Martinovo Selo i ulaska u kanjon kod naselja Pašac. Osnovni cilj bio je ublažavanje uzdužnog nagiba korita Rječine, pa su zbog toga izgrađene 23 brane od betona u kamenoj oplati, jedna kaskada, obalni zid i obalni nasipi, a izvršeno je i djelomično premještanje korita. Na taj način je vrlo učinkovito spriječen pronos nanosa do ušća Rječine, kao i poplave u centru Rijeke. S obzirom na ondašnju razinu znanstvenih spoznaja i tehničkih mogućnosti to djeluje fascinantno.

U drugoj polovici 20. stoljeća obavljani su i brojni manji građevinski radovi u gornjem toku Rječine, kao što je izgradnja zidova oko dijela korita Rječine i izgradnja bujičnih pregrada na pritocima. Betonska gravitacijska brana na lokaciji Valiči izgrađena je 1967. godine, dok je kapacitet akumulacije svega 600.000 m<sup>3</sup>.

Iako je regulacijom srednjeg toka Rječine do ulaza u kanjon spriječeno daljnje podlokavanje obala, pojave nestabilnosti na padinama nisu zaustavljene. Posljednje veliko klizište pokrenuto je 1996. godine na sjeveroistočnoj padini i približno na mjestu klizišta iz 1893. godine. Velika količina pokrenutog materijala doprla je u korito Rječine i gotovo ga u potpunosti zatrpala.

U 21. stoljeću uočene su nove nestabilnosti na obje padine poput oštećenja na cesti i urušavanje materijala u korito Rječine.

Mjerenjem pomaka i analizama stabilnosti ustanovljeno je da postoji realna opasnost od pojava većih pokreta masa na obje padine i zatrpavanja korita Rječine. Budući da je kapacitet akumulacije Valiči mali, ona ne može prihvatiti velike protoke Rječine. Stoga se može dogoditi da se prirodna brana uruši, a tako stvoren vodni val dopre kroz kanjon do samog središta Rijeke.

Dio doline Rječine između brane Valiči i ulaza u kanjon odabrano je kao pilot područje u okviru hrvatsko – japanskog bilateralnog projekta „Risk identification and

Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia" (Mihalić i Arbanas, 2012.). Tijekom 2011. i 2012. godine ovdje je uspostavljen integrirani sustav monitoringa koji se sastoji od geodetskog i geotehničkog monitoringa (Arbanas i sur., 2012.). Geodetski monitoring uključuje praćenje pomaka geodetskih točaka automatskom totalnom stanicom (eng. robotic total station) te praćenje pomaka pomoću GPS (eng. Global Position System) točaka postavljenih na površini klizišta. Geotehnički monitoring sastoji se od praćenja pomaka inklinometarima, ekstenzometarima, te praćenja uzroka

klizanja ćelijama za mjerenje pornog tlaka kišomjerom i meteorološkom stanicom. Najveći dio mjerne opreme postavljen je u zoni istraženog klizišta na sjeveroistočnoj padini, kao i na brani Valići (Arbanas i sur., 2011.a; b). Svi mjerni uređaji biti će međusobno povezani u jedinstveni sustav s kontinuiranim mjerenjima i dostavom podataka u centralno računalo. Na osnovi rezultata monitoringa uspostaviti će se i sustav ranog upozorenja od mogućih pojava klizanja i opasnosti koje iz toga slijede, kako je to predviđeno planom projekta (Arbanas i sur., 2011.c; Mihalić i sur., 2010.). ■

## LITERATURA

- Arbanas, Ž., Dugonjić Jovančević, S., Ljutić, K., Vivoda, M., Jagodnik, V., (2011.a): Initial results of the Grohovo Landslide monitoring. *Proceeding of the 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia*, 15-17 December 2011, Rijeka, Croatia, 33-36.
- Arbanas, Ž., Jagodnik V, Ljutić, K., Dugonjić Jovančević, S., Vivoda, M., (2011.b): Establishment of the Grohovo Landslide monitoring system. *Proceeding of the 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia*, 15-17 December 2011, Rijeka, Croatia, 29-32.
- Arbanas, Ž., Sassa, K., Marui, H., Mihalić, S., (2012.): Comprehensive monitoring system on the Grohovo Landslide, Croatia. *Proceeding of the 11th International Symposium on Landslides (ISL)*, 3-8 June 2012, Banff, Canada, In press.
- Arbanas, Ž., Vivoda, M., Jagodnik, V., Dugonjić Jovančević, S., Ljutić, K., (2011.c): Consideration of early warning system on the Grohovo Landslide. *Proceeding of the 2nd Workshop of the Project Risk identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia*, 15-17 December 2011, Rijeka, Croatia, 51-54.
- Bell, F.G. (2003.): *Geological Hazards: Their Assessment, Avoidance and Mitigation*. Spoon Press, 648, London, New York
- Benac, Č. (1994.): Inženjerskogeološke osobitosti obalnog pojasa i podmorja Riječkog zaljeva. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Benac, Č., Arbanas, Ž. (1990.): Sedimentacija u području ušća Rječine. *Pomorski zbornik*, 28, 593-609, Rijeka.
- Benac, Č., Arbanas, Ž., Jardas, B., Kasapović, S., Jurak, V. (1999.): Složeno klizište u dolini Rječine. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 11, 81-90.
- Benac, Č., Arbanas, Ž., Jurak, V., Oštrić, M., Ožanić, N., (2005.): Complex landslide in the Rječina River valley (Croatia): origin and sliding mechanism. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 64(4), 361-371.
- Benac, Č., Dugonjić, S., Arbanas, Ž., Oštrić, M., Jurak, V., (2009.): The Origin of Instability Phenomena Along The Karst-Flysch Contacts. *Proceeding of ISRM International Symposium Rock Engineering in Difficult Ground Conditions: Soft Rock and Karst*. October, 2009, Cavtat, CRC Press, Boca Raton-London-New York- Leiden, 757-761.
- Benac, Č., Dugonjić, S., Vivoda, M., Oštrić, M., Arbanas, Ž. (2011.): A complex landslide in the Rječina Valley: results of monitoring 1998-2010. *Geologia Croatica*, 64(3), 239-249.
- Benac, Č., Jurak, V., Oštrić, M. (2006.): Qualitative assessment of geohazard in the Rječina Valley, Croatia. *Proceedings of the 10th IAEG International Congress: IAEG Engineering geology for tomorrow's cities*, 658 (1-7), The Geological Society of London.
- Biondić, B., Goatti, V., Vulić, Ž. (1978.): Hidrogeološka istraživanja u slivu izvora Rječine, Grobničkog polja, Zvira i Martinšćice. *Zbornik radova Simpozijuma o istraživanju, eksploatiranju i gospodarenju podzemnim vodama*, 29.-31.3.1978., 61-69, Zagreb.
- Blašković, I. (1999.): Tectonics of part of the Vinodol Valley within the model of the continental crust subduction. *Geologia Croatica*, 52(2), 153-189.
- Državni arhiv Rijeka - A: Kraljevski gubernij za Rijeku i Ugarsko-Hrvatsko primorje, fond JU 5, B. 581: Radovi oko reguliranja Rječine.
- Državni arhiv Rijeka - B: Kotarski građevinski ured Sušak, fond JU 49, kutija 13: Regulacija rijeka i potoka.
- Državni arhiv Rijeka - C: Tehnički uredi grada Rijeke, fond JU 51, kutija 45: Regulacija Rječine.
- Dubravić, E. (2001.): *Riječka luka: povijest, izgradnja, promet*. Muzej grada Rijeke, 349, Rijeka.
- Herak, M., Herak, D., Markušić, S. (1996.): Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia, 1902-1992. *Terra Nova*, 8, 86-94.
- Holjević, D. (1999.): Značajke vodotoka Rječine i problem obrane od poplava. U: Magaš, O. i Palinić, N.

- (ured.) *Rječina i Zvir: regulacija i revitalizacija*. Državni arhiv u Rijeci, 34-36, Rijeka.
- Karleuša, B., Oštrić, M., Rubinić, J. (2003.): Vodnogospodarski elementi prostornog planiranja u kršu na primjeru sliva Rječine. *Zbornik radova „Voda u kršu slivova Cetine, Neretve i Trebišnjice“*, Neum, 25.-27.09.2003, GF Mostar, JP za "Vodno područje slivova Jadranskog mora, JP Elektroprivreda HZ-HB, 85-94.
- Knežević, R. (2001.): Osnovne značajke režima poriječja Rječine. *Acta Geographica Croatica*, 34, 73-88
- Matejčić, R. (1988.): *Kako čitati grad: Rijeka jučer, danas*. Izdavački centar Rijeka, 495, Rijeka.
- Mihalić, S., Arbanas, Ž. (2012.): The Croatian-Japanese Joint Research Project on Landslides: Activities and Public Benefits. *Landslides: Global Risk Preparedness*. Sassa K, Rouhban B, Briceno S, He B, (eds). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, (ISBN 978-3642220869), 345-361.
- Mihalić, S., Arbanas, Ž., Krkač, M., Dugonjić, S., Ferić, P. (2010.): Landslide hazard maps and early warning systems aimed at landslide risk mitigation. *Proceedings of 2nd Conference of the Croatian Platform for Catastrophe Risk Reduction*. 14-15 October 2010, Zagreb, Croatia, 18-22 (in Croatian).
- Mc Guire, B. (2002.): *Global Catastrophes. A Very Short Introduction*. Oxford University Press, 131, Oxford - New York.
- Nonveiller, E. (1987.): *Kliženje i stabilizacija kosina*. Školska knjiga, 204, Zagreb.
- Palinić, N. (1999.): Rječina kroz povijest, U: Magaš, O. i Palinić, N. (ured.) *Rječina i Zvir: regulacija i revitalizacija*. Državni arhiv u Rijeci, 6-33, Rijeka
- Rubinić, J., Sarić M. (2005.): Hidrologija vodnih resursa u slivu Rječine. *Zbornik radova „Prošlost, sadašnjost i budućnost vodoopskrbe i odvodnje - Iskustva i izazovi“*, (ur. A. Linić), Opatija: Vodovod i kanalizacija Rijeka, 199-207.
- Šikić, D., Plenićar, M., Šparica, M. (1972.): Osnovna geološka karta 1:100.000, list Ilirska Bistrica. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Šikić, D., Plenićar, M. (1975.): Osnovna geološka karta 1:100.000, tumač za list Ilirska Bistrica. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Velić, I., Vlahović, I. (2009.): Geološka karta Republike Hrvatske 1:300.000. Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- Žugaj, R. (1995.): *Regionalna hidrološka analiza u kršu Hrvatske*. Hrvatsko hidrološko društvo, 139, Zagreb.

## GEOHAZARDS IN THE RJEČINA VALLEY IN THE PAST AND PRESENT

**Abstract.** The Rječina (length 18.7 km) is the most important watercourse in the Croatian Littoral area. Its source, located at the foot of the Gorski Kotar mountains, is a karst spring which drains groundwater from a spacious karst hinterland and has been used in water supply for a hundred years. In the central section of the watercourse, there are a dam and a reservoir, so the Rječina water is utilized for power generation as well. Its river mouth is located in the very center of the town Rijeka, and has been used for ship docking for centuries. The Rječina watercourse has markedly torrential characteristics, with large discharge fluctuations, which has periodically caused flooding and significant damages along the river bed, particularly in the river mouth area, where a settlement has been located since antiquity.

More reliable flood data originates from the 18 century onwards, and is mostly kept at the State Archives in Rijeka. The authors of the paper presented all significant catastrophic events related to the Rječina in a systematic, chronological manner. The same approach was applied to the presentation of the civil works carried out for purposes of flood protection, from the relocation of a river bed segment at the river mouth to the river bed regulation in the central section of the watercourse. The performed works were so successful that there has been no more flooding in Rijeka's center after their completion in 1908. However, recent investigations show that the danger has not been fully averted. Namely, the valley part from the reservoir Valići to the canyon start is characterized by the most significant hazard from instability occurrence in the greater Rijeka area, where a series of unfavourable circumstances could cause backfilling of the Rječina river bed, a break in the natural dam and a water wave propagation all the way down to the river mouth.

**Key words:** flood, slope instability, river mouth, geohazards, watercourse regulation, Adriatic Sea

## GEOGEFAHR IM TAL DES FLUSSES RJEČINA IN VERGANGENHEIT UND GEGENWART

**Zusammenfassung.** Die Rječina, 18,7 km lang, ist der wichtigste Wasserlauf im Kroatischen Küstenland. Ihre Karstquelle befindet sich unterhalb des Gebirges Gorski Kotar, wo das aus dem weiten Karsthinterland gesammelte Grundwasser austritt. Seit 100 Jahren wird die Quelle für die Wasserversorgung genutzt. Im mittlerem Teil des Flusses befinden sich ein Damm und ein Speichersee, so wird die Wasserkraft der Rječina auch zur Stromerzeugung genutzt. Rječina mündet in die Adria im Zentrum der Stadt Rijeka, wo jahrhundertlang Schiffe anlegten. Der Wasserlauf der Rječina tritt aus dem Gebirge als Sturzbach und ist durch hohe Abflussschwankungen gekennzeichnet. Deswegen traten Hochwasser periodisch auf, die große Schäden entlang des Flussbettes verursachten, namentlich an der Mündung, wo sich die Siedlung seit der Antike befand.

Glaubwürdige Daten zu Hochwasser stammen erst aus dem 18. Jahrhundert und sind vor allem im Kroatischen Staatsarchiv in Rijeka zu finden. Die Autoren haben in dieser Arbeit alle wichtigen Katastrophenfälle entlang der Rječina systematisiert und chronologisch dargestellt. Die Bauarbeiten für Hochwasserschutz sind auch dargestellt worden, z.B. die Verlagerung eines Teils des Flussbettes an der Mündung und die Eindämmung des mittleren Teils des Flussbettes. Die Arbeiten waren so erfolgreich, dass seit 1908, als die Arbeiten abgeschlossen wurden, im Zentrum von Rijeka keine Überschwemmungen mehr gegeben hat. Allerdings zeigen die neuen Untersuchungen, dass die Gefahr nicht völlig gebannt ist. Nämlich, der Teil des Tals zwischen dem Speichersee Valići und dem Eintritt in die Schlucht ist das Gebiet wo die Gefahr von Instabilität auf dem breiten Gebiet der Stadt Rijeka am ausgeprägtesten ist. Wenn mehrere ungünstige Umstände zusammenkommen ist es deswegen möglich, dass es zu unerwünschter Zuschüttung des Flussbettes, Zerstörung des natürlichen Damms und Flutwellenausbreitung bis zur Mündung kommt.

**Schlüsselwörter:** Hochwasser, instabile Steilufer, Flussmündung, Geogefahr, Eindämmen des Wasserlaufs, Adriatisches Meer