

VODNOGOSPODARSKI PROJEKTI I EU FONDOVI

Zbornik radova

9. Dani ovlaštenih inženjera građevinarstva



HRVATSKO HIDROLOŠKO DRUŠTVO

VODNOGOSPODARSKI PROJEKTI I EU FONDOVI

Zbornik radova

9. Dani ovlaštenih inženjera građevinarstva

Rijeka, listopad 2015.

VODNOGOSPODARSKI PROJEKTI I EU FONDOVI
Zbornik radova
9. Dani ovlaštenih inženjera građevinarstva

Izdavač:

Hrvatsko hidrološko društvo, Ulica grada Vukovara 220, Zagreb

Urednici:

Barbara Karleuša
Krešimir Pavlić

Grafička priprema:

Foxgrafika

Grafička obrada i tisak:

Tiskara Sušak

Naklada:

100 primjeraka

Recenzenti:

Andrea Bačani
Josip Rubinić

Tiskanje Zbornika radova Vodnogospodarski projekti i EU fondovi prezentiranih u sklopu 9. Dana ovlaštenih inženjera građevinarstva omogućeno je uz financijsku potporu Hrvatskih voda (temeljem ugovor: KLASA: 325-01/14-10/094, URBROJ: 374-1-2-14-4).

ISBN 978-953-6953-42-4

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Sveučilišne knjižnice Rijeka pod brojem 130809026.

SADRŽAJ

Ranko ŽUGAJ, Krešimir PAVLIĆ

Karakteristični primjeri izračuna velikih voda vezano na zaštitu
ugroženih Područja 5

Barbara KARLEUŠA, Josip RUBINIĆ, Tamara CRNKO, Ivana RADMAN

Prekogranična suradnja u vodoopskrbi i upravljanju vodnim
resursima

- prezentacija međunarodnog projekta DRINKADRIA 31

*Nevenka OŽANIĆ, Nevena DRAGIČEVIĆ, Ivana SUŠANJ, Elvis ŽIC, Igor
RUŽIĆ, Nino KRVAVICA, Barbara KARLEUŠA*

Rezultati istraživanja na Hrvatsko-japanskom projektu

- poplave i blatni tokovi45

Karmen CERAR

Programiranje EU fondova u vodnom gospodarstvu71

Ivana IVANKOVIĆ

Priprema Programa zaštite, uređenja i korištenja rijeke Save
od granice s Republikom Slovenijom do Siska korištenjem EU

fondova89

Rezultati istraživanja na Hrvatsko-Japanskom projektu - poplave i blatni tokovi

Research results on the Croatian-Japanese project - floods and mudflow

Nevenka Ožanić*, Nevena Dragičević*, Ivana Sušanj*, Elvis Žic*, Igor Ružić*, Nino Krvavica*, Barbara Karleuša*

Sažetak

Glavne aktivnosti istraživača u okviru znanstvenog hrvatsko-japanskog projekta "Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia" (Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje posljedica klizanja i poplava u Hrvatskoj) bila su istraživanja pojava poplava, blatnih tokova i aktivnih klizišta uz uspostavu monitoringa, uspostava sustava ranog upozoravanja za poplave i klizišta prilagođenog hidrološkim i geološkim uvjetima u Hrvatskoj i definiranje zona hazarda primjenom metoda za procjenu osjetljivosti i hazarda na osnovi lokalnih geoloških uvjeta. Konačni cilj zajedničkog istraživanja je razvoj mjera za ublažavanje rizika koje bi se primjenjivale u sustavu prostornog uređenja. Diseminacija rezultata istraživanja i njihova praktična primjena predstavlja doprinos za lokalne i regionalne zajednice koje su izravno ili neizravno ugrožene poplavama rijeka i bujica te klizištima.

U radu su prikazani ciljevi, aktivnosti i rezultati provedenih istraživanja vezanih uz spomenuti međunarodni projekt s naglaskom na aktivnosti Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci u okviru Radne grupe za blatne tokove i poplave (Work group 2, WG2) na širem riječkom području. Aktivnosti Projekta provedene su i nastavljaju se provoditi na pilot područjima koja se nalaze u blizini gradova gdje su smještena tri partnerska hrvatska sveučilišta, tj. u Rijeci, Zagrebu i Splitu. Pilot područja na širem riječkom području obuhvaćaju slivove Dubračine - Slanog Potoka, Mošćeničke Drage i Rječine.

Ključne riječi: ublažavanje nepogoda, poplave, blatni tokovi, odroni zemlje, hrvatsko-japanska suradnja

Abstract

The main researchers activities within the scientific Croatian-Japanese project "Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and

Floods in Greece" was the exploration of the flood, debris flows and landslides have with the establishment of monitoring, the establishment of an early warning system for floods and landslides custom hydrological and geological conditions in Croatia and the definition of hazard zones using methods to assess vulnerability and hazards based on local geological conditions. The final goal of the joint research is the development of risk mitigation measures that would apply in the spatial planning system. Dissemination of research results and their practical application is a contribution to the local and regional communities which are directly or indirectly threatened by the flooding of rivers, torrents and landslides.

The paper presents the objectives, activities and results of research related to the mentioned international project focusing on the activities of the Faculty of Civil Engineering, University of Rijeka in the Working Group for debris flow and floods (Working Group 2, WG2) in the wider area of Rijeka. Project activities have been carried out and continue to be implemented in pilot areas that are located near the cities where three partner universities in Croatia are located, ie. In Rijeka, Zagreb and Split. Pilot areas in the wider Rijeka area include catchments of: Dubračina river - the Slani potok, torrent Mošćenička Draga and Rječina river.

Key words: *Disaster Mitigation, floods, debris flow, landslides, Croatian-Japanese cooperation*

1. Uvod

Pojave poplava, blatnih tokova i aktivnih klizišta, uspostava njihova monitoringa, sustavi ranog upozoravanja za poplave i klizišta prilagođeni hidrološkim i geološkim uvjetima na tim područjima, definiranje zona hazarda metodama procjene osjetljivosti i hazarda na osnovi lokalnih geoloških uvjeta dio su istraživačkih aktivnosti usmjerenih ka ublažavanju i prevenciji budućih katastrofalnih događaja na nekom prostoru. Upravo su te aktivnosti bile obuhvaćene bilateralnim hrvatsko-japanskim, znanstveno-istraživačkim projektom „Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj“ (Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia).

Projekt je pokrenut 2008. godine, kada je izabran na natječaju kao jedan od projekata u programu „Znanstveno i tehnološko istraživačko partnerstvo za održivi razvoj“ (Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development, SATREP) kojega financiraju Japanska agencija za znanost i tehnologiju (Japan Agency for Science and Technology-JST) i Japanska agencija za međunarodnu suradnju (Japan International Cooperation Agency-JICA). U okviru SATREP programa omogućeno je zajedničko istraživanje japanskih i hrvatskih znanstvenika, a iz programa se financiraju troškovi međunarodne razmjena istraživača i donira se oprema za implementaciju aktivnosti projekta. Japanske

partnerske institucije u projektu su Sveučilište u Niigati (The Research Center for Natural Hazards and Disaster Recovery), Sveučilište u Kyotu (Disaster Prevention Research Institute, DPRI) i neprofitna organizacija Međunarodni konzorcij za klizišta (International Consortium on Landslides, ICL). Projekt je sufinanciran i nadziran od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske. Hrvatske partnerske institucije u projektu su bila tri hrvatska sveučilišta, Sveučilište u Rijeci (Građevinski fakultet), Sveučilište u Zagrebu (Rudarsko-geološko-naftni fakultet i Agronomski fakultet) i Sveučilište u Splitu (Građevinsko-arhitektonski fakultet), kao i Hrvatski geološki institut. Vrijednost projekta je iznosila oko 4 milijuna US\$ uz duljinu trajanja od 5 godina, a u njemu su sudjelovali istraživači iz Japana i iz Hrvatske. Voditelj projekta sa japanske strane je bio prof. dr. sc. Hideaki Marui iz Sveučilišta u Niigati, a voditelj sa hrvatske strane je bila prof. dr. sc. Nevenka Ožanić sa Sveučilišta u Rijeci. Upravu projekta činile su slijedeće osobe (institucije):

1. Miljenka Kuhar, Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta RH, direktorica Projekta,

2. Prof. dr. sc. Nevenka Ožanić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, prorektor za znanost i razvoj Sveučilišta u Rijeci, voditeljica Projekta,

3. Prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas, Rudarsko-geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, zamjenica voditeljice Projekta, te predstavnica Rudarsko-geološko naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

4. Prof. dr. sc. Ivica Kisić, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, koordinator Projekta sa hrvatske strane, te predstavnik Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

5. Radna grupa za klizišta (WG1) - voditelj - Prof. dr. sc. Željko Arbanas, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, te MZOS projekt koordinator za financijska pitanja, a sa japanske strane - Prof. dr. sc. Kyôji Sassa, ICL.

6. Radna grupa za poplave i blatne tokove (WG2) - voditelj - Prof. dr. sc. Nevenka Ožanić, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, a sa japanske strane - Prof. dr. sc. Yousuke YAMASHIKI, DPRI, Kyoto University.

7. Radna grupa za kartiranje klizišta i analize hazarda klizanja (WG3) - voditelj - Prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, a sa japanske strane - Prof. dr. sc. Hideaki Marui, Niigata University koji je i voditelj cijelog Projekta sa japanske strane,

8. Radna grupa Split (WG4) - voditelj – Prof. dr. sc. Predrag Mišćević, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu,

9. Prof. dr. sc. Ivan Vrkljan, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, savjetnik za opremu,

10. Željko Miklin, Predstavnik Hrvatskog geološkog instituta,

11. Prof. dr. sc. Snježana Knezić, Predstavnica Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu.

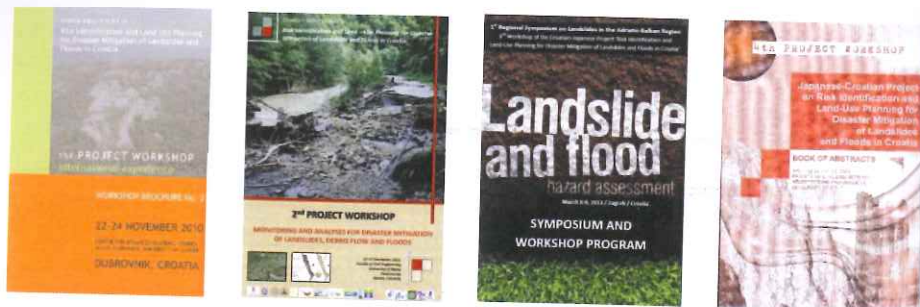
Aktivnosti Projekta provedene su na pilot područjima u blizini gradova gdje su smještene tri partnerska hrvatska sveučilišta, tj. u Rijeci, Zagrebu i Splitu kroz više grupa istraživanja i analiza: identifikacija i kartiranje klizišta, sustavni složeni monitoring klizišta, ispitivanje fizičkih i mehaničkih svojstava tala i stijena, modeliranje dinamike klizanja tla, modeliranje propagacije poplavnih valova i blatnih tokova, kontinuirani monitoring toka sedimenata, zoniranje osjetljivosti i hazarda klizanja, uspostavljanje sustava ranog upozoravanja i razvoj mjera ublažavanja rizika kroz sustav prostornog uređenja. Neophodnu mjernu laboratorijsku i terensku opremu za istraživanja donirala je Vlada Japana koja je financirala i edukaciju hrvatskih istraživača na japanskim institucijama uključenim u Projekt. Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta financiralo je instaliranja znanstvene opreme na definiranim pilot područjima, te odobrilo zapošljavanje u trajanju od šest godina devet znanstvenih novaka na institucijama uključenim u Projekt.

Aktivnosti su bile organizirane u četiri radne grupe. U okviru Radne grupe za klizišta (WG1) provedene su aktivnosti sustavnog složenog monitoringa klizišta u realnom vremenu, laboratorijske analize uzoraka tla, te numeričke analize ponašanja klizišta u statičkim i dinamičkim uvjetima na odabranim klizištima. U okviru Radne grupe za poplave i blatne tokove (WG2) aktivnosti su bile vezane uz sustavna opažanja meteoroloških i hidroloških parametara na predviđenim slivnim područjima i koritima vodotoka (rijekama, bujicama i drugo) u realnom vremenu, numeričke i hidrološke analize mjerenih parametara, te izradu simulacijskih modela poplava, blatnih tokova i tečenja na analiziranim područjima za potrebe izrade sustava ranog upozoravanja na spomenute pojave, a sve prilagođeno hidrološkim i geološkim uvjetima u Hrvatskoj. Aktivnostima Radne grupe za kartiranje hazarda za primjenu u prostornom planiranju (WG3) bio je obuhvaćen razvoj inventara klizišta pomoću tehnika daljinskih istraživanja, te razvoj metoda analize i zoniranja hazarda klizanja. Radna grupa Split (WG4) definirana je samo za područje Splita 2012. zbog lokacije i udaljenosti, ali je provodila iste aktivnosti kao i spomenute tri radne grupe.

Treba napomenuti da je razgovor o suradnji sa japanskim znanstvenicima započeo još 11. veljače 2008., kada su povodom dolaska izaslanstva japanskih znanstvenika, predstavnika japanske Agencije za znanost i tehnologiju te Ministarstva obrazovanja, kulture, sporta, znanosti i tehnologije Japana, Nacionalna zaklada za znanost, visoko školstvo i tehnologijski razvoj Republike Hrvatske i Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa, organizirali radionicu pod nazivom "Hrvatsko - japanska znanstvena suradnja". Cilj radionice je prema uvodnim riječima prof. dr. sc. Pere Lučina (predsjednika upravnog odbora NZZ-a) bio osigurati povezivanje hrvatskih i japanskih znanstvenika te utvrditi područja na kojima je moguće unaprijediti znanstvenu suradnju dviju država. U okviru izlaganja japanskog izaslanstva i predstavnika Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa RH te Zaklade, dan je pregled istraživanja s područja robotike i informacijsko-komunikacijskih tehnologija, bioloških znanosti i prevencije prirodnih katastrofa, po prijedlogu japanske strane. Uz navedena područja, radionica je bila otvorena i za znanstvenike drugih znanstvenih područja. U sklopu spomenute radionice održano je predavanje pod naslovom Prevencija prirodnih katastrofa u Hrvatskoj. Predavanja su održali prof. dr. sc. Nevenka Ožanić sa Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci i prof. dr. sc. Ognjen Bonacci sa Građevinsko - arhitektonskog fakulteta Sveučilišta u Splitu. Tada je Prof. Takara Kaoru sa Kyoto Sveučilišta u Japanu pokazao veliki interes za predavanja i započeli su razgovori vezani uz osmišljavanje i prijavljivanje spomenutog zajedničkog projekta. Pripremni i radni posjet je zaključen 5. veljače 2009. u Ministarstvu znanosti, obrazovanja i športa RH potpisivanjem zapisnika o suradnji na provedbi Projekta.

U studenom 2010., prosincu 2011., ožujku 2013. i prosincu 2013. godine u Hrvatskoj su organizirane znanstvene radionice projekta sa svrhom diseminacija rezultata projekta između članova projektnih timova, ali i znanstvenika iz drugih institucija iz regije (Slika 1).

Radionice su doprinijele i uspostavljanju regionalne suradnje, što je značajno za održivost rezultata Projekta i nakon što je isti završio u ožujku 2014. kada je održana Svečana ceremonija zatvaranja hrvatsko-japanskog znanstvenog projekta u Ministarstvu znanosti obrazovanja i sporta Republike Hrvatske, Gradskoj vijećnici u Zagrebu, te svečano primanje u Rezidenciji japanskog ambasadora u Zagrebu.



Slika 1. Prve stranice zbornika radova i materijala vezanih uz radionice Projekta u Dubrovniku, Rijeci, Zagrebu i Splitu.

Projekt je dobio izvrsne ocjene japanskih evaluacijskih timova u prvoj evaluaciji provedenoj u srpnju 2012. i završne ocjene iz prosinca 2013. (Slika 2), za ispunjavanje pet glavnih kriterija: relevantnosti, efikasnosti, učinkovitosti, utjecaja i održivosti.



Slika 2. Potpisivanje rezultata prve evaluacije Projekta u srpnju 2012. i završne ocjene u prosincu 2013. godine

Dobivena znanstveno-istraživačka oprema koristi se u znanstveno istraživačke svrhe kao i u stručnom radu, a rezultati istraživanja sadržani su u obranjenim doktorskim radnjama, te u znanstvenim radovima objavljenim u domaćim i inozemnim časopisima svrstanim u svjetski priznatim znanstvenim bazama.

U radu su prikazani ciljevi, aktivnosti i rezultati provedenih istraživanja vezanih uz spomenuti međunarodni projekt s naglaskom na aktivnosti Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci u okviru Radne grupe za blatne tokove i poplave (Work group 2, WG2) na širem riječkom području.

2. Rezultati istraživanja u okviru Radne grupe za poplave i blatne tokove (WG2)

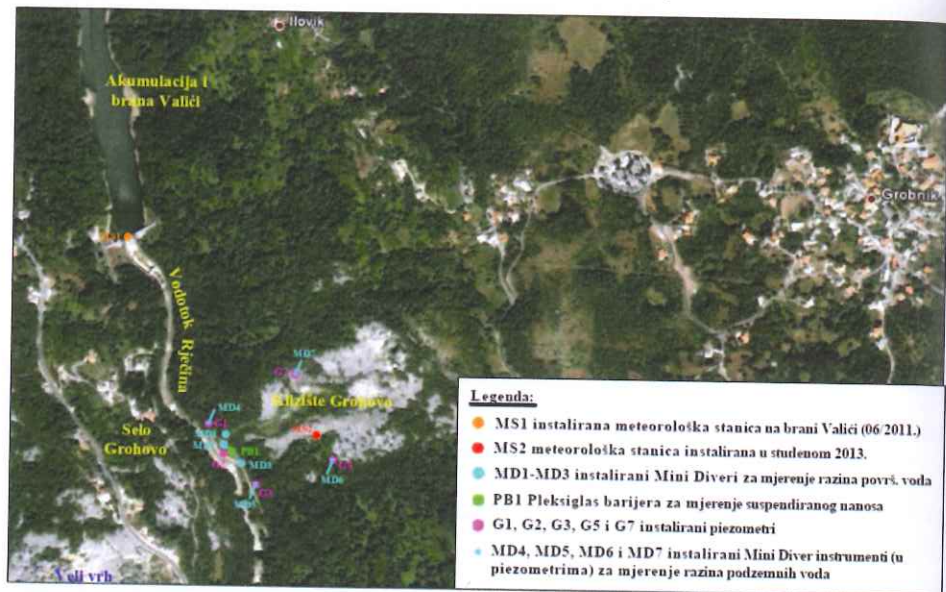
2.1. Rezultati istraživanja na području srednjeg i donjeg toka Rječine

Istraživanja u sklopu međunarodnog hrvatsko-japanskog projekta obuhvaćala su razmatranja različitih teorijskih i praktičnih aspekata modeliranja poplavnih valova i tokova krupnozrnatog nekoherentnog (eng. Debris flow) i sitnozrnatog koherentnog materijala (eng. Mud flow, Earth flow), kao jednih od značajnijih mogućih prirodnih pojava na srednjem i donjem toku vodotoka Rječine [1, 2, 3, 4]. Istraživanja i rezultati detaljno su obrazloženi u doktorskom radu Elvise Žica - Prilog modeliranju potencijalnih poplavnih tokova i tokova krupnozrnatog materijala u slivu Rječine. Temeljeni su na prikupljenim meteorološkim, hidrološkim i geotehničkim podacima, te rezultatima matematičkih i fizikalnih modela za različite scenarije kretanja poplavnih vodnih valova, propagacije toka krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala na srednjem i donjem toku Rječine, na području od akumulacije Valići do urbanog dijela grada Rijeke uključujući i moguće scenarije posljedica tih aktivnosti [3].

Baza ulaznih terenskih podataka sadržavala je osnovne informacije o postojećem stanju područja klizišta Grohovo i vodotoka Rječina, uključujući njihovu prirodu, veličinu, lokaciju i povijest, sve dostupne podatke o prethodnim istraživanjima (fotografije, povijesne spise, izvještaje, povratne analize područja i slično), te podatke u realnom vremenu sa instaliranih mjernih uređaja (meteoroloških stanica na brani Valići i klizištu Grohovo, Mini i Baro Diver instrumenata, ombrografa, limnigrafa, ADCP mjerača protoka (eng. Acoustic Doppler current profiler) i sl.) za praćenje promjena na analiziranoj lokaciji (Slika 3.).

Provedeno je 2D numeričko modeliranje poplavnih valova i tokova krupnozrnatog materijala primjenom SPH 2D simulacijskog programa na bazi SPH (eng. Smoothed Particle Hydrodynamics) metode i SOLFEC (eng. Solver for Finite Element Computation) simulacijskog programa na bazi neglatke kontaktne mehanike (eng. Non Smooth Contact Dynamics - NSCD), te GIS (eng. Geographic Information System) tehnologije. Na osnovi ulaznih hidroloških i geoloških podataka kreirani su numerički modeli tečenja nevezanog krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala. Pri izradi numeričkih modela primijenjene su najčešće korištene empirijske metode erozijskih zakona (erozijski zakon po Egashiri, Voellmyu, Hungru), a predložen je i novi erozijski zakon koji je dao bolja rješenja u pogledu dosega propagacije krupnozrnatog materijala, kao i mjerodavnije vrijednosti erozijskog djelovanja uzduž toka korita Rječine [3, 5]. U sklopu

istraživanja analizirane su i definirane smjernice za analizu hazarda i rizika od djelovanja poplava, te tokova krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala na ispitivanom području. Uz pomoć dobivenih simulacijskih prikaza toka krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala kvantificiran je vjerojatan volumen deponiranog materijala, brzine toka, dubine deponiranog materijala, kao i doseg toka takvih tipova tečenja za nekoliko mogućih scenarija katastrofalnih pojava [3] (Slika 4.).



Slika 3. Karta instaliranih mjernih uređaja na području klizišta Grohovo

Definiranjem kritičnih geomorfoloških i hidrogeoloških parametara tla koji uvjetuju pojavu tokova krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala na flišnom području omogućena je procjena hazarda i mjere za ublažavanje hazarda. Pritom je provedena gruba analiza rizika na srednjem i donjem toku Rječine, pri čemu su definirani glavni elementi rizika [3, 6, 7]. Dodatno su opisani uzroci mogućih nastanka analiziranih prirodnih hazarda, te smjernice za njihovu sanaciju i očuvanje od posljedica mogućih hazarda u budućnosti. Izrađeno je i nekoliko fizikalnih modela u Ujjigawa hidrotehničkom laboratoriju (Kyoto Sveučilište) s različitim frakcijama krupnozrnatog i sitnozrnatog materijala pri različitim kutevima nagiba hidrauličkog žlijeba kroz koji se propagira takav materijal, a rezultati provedenih eksperimenata su objavljeni u radovima [8].

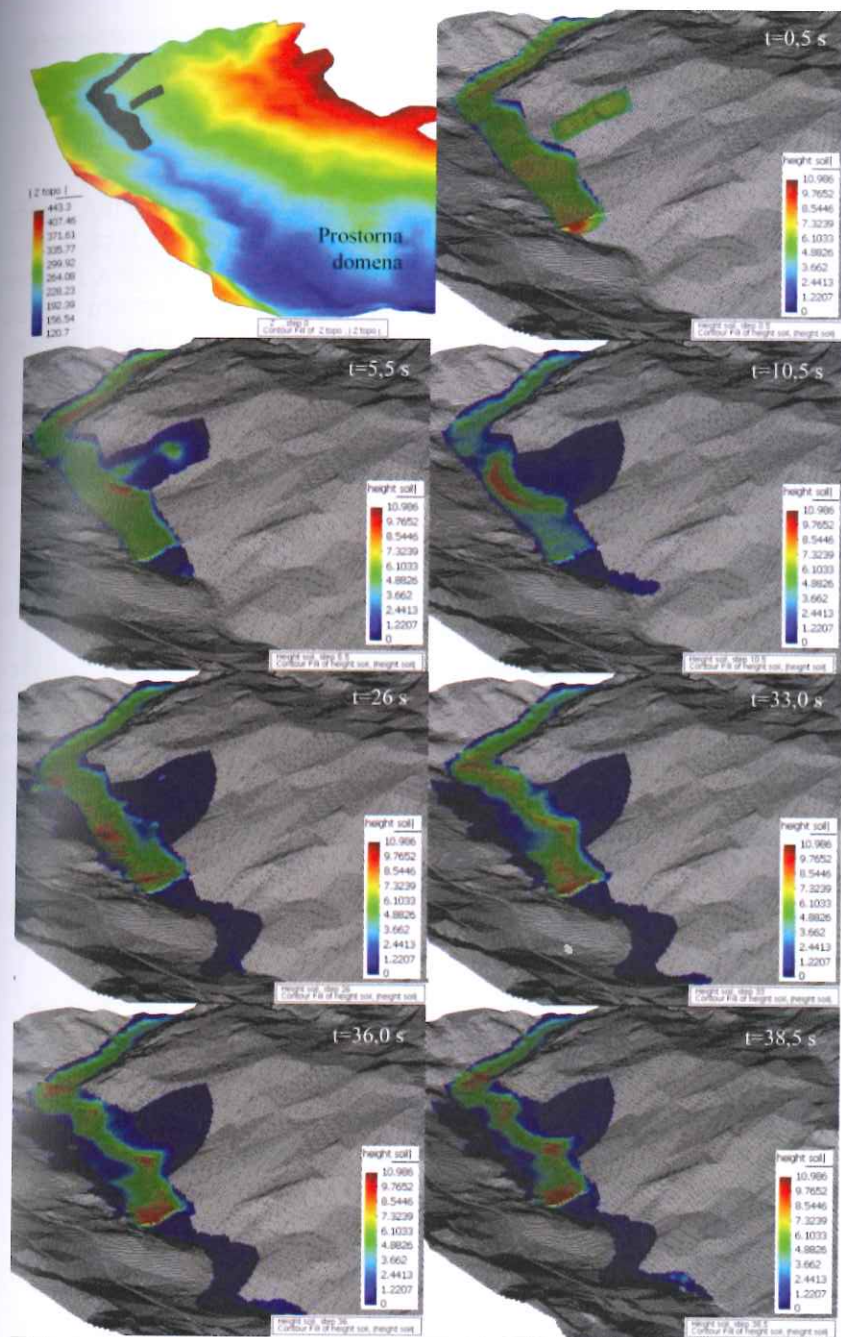
realizaciju hazarda i
i sitnozrnatog
simulacijskih
kvantificiran je
toka, dubine
za nekoliko



Valići (06 2011.)
2011.
na površ. voda
našama
nomeni (u
to

ivo

stara tla
ala na
avanje
onjem
6, 7].
rodnih
gućih
gawa
ama
giba
itati

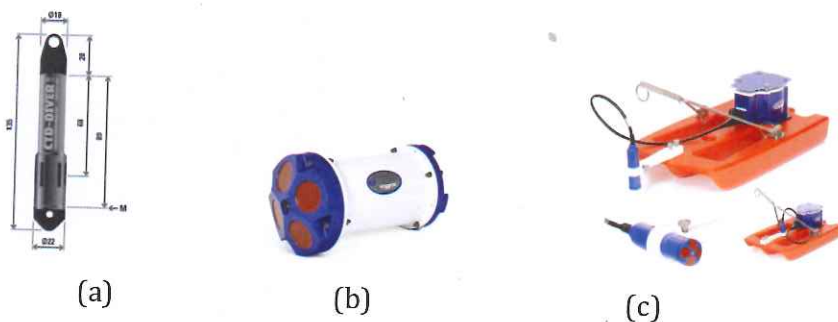


Slika 4. Simulacijski prikaz klizanja materijala u akumulaciju Valići i formiranje poplavnog vala nakon prelijevanja preko krune brane, SPH metoda

2.2. Rezultati istraživanja vezana uz jednodimenzijski numerički model uslojenog tečenja plitkih voda u izrazito stratificiranim ušćima

Ušće Rječine se nalazi u središtu grada Rijeke, gdje Rječina utječe u Jadransko more. Za razliku od sličnih ušća na području Mediterana, ovo je vrlo specifično područje, prvenstveno zbog kratke duljine ušća, izraženih sezonskih, ali i dnevnih oscilacija protoka, te korita sa strmim nagibom dna. Plimne oscilacije u Jadranskom moru su mješovitog tipa, s jednom ili dvije izmjene plime i oseke tijekom dana. Poznato je da se na ušćima rijeka u takvom okruženju formira slani klin, kojeg karakterizira izrazita vertikalna stratificiranost, odnosno gornji sloj slatke vode koji teče iznad donjeg sloja slane vode odijeljenih oštrom granicom [9, 10].

S ciljem detaljnijeg proučavanja fizikalnih procesa na ušću Rječine, od početka 2012. godine provode se kontinuirana mjerenja vertikalnih profila saliniteta i brzine vode [11]. Duž priobalnog dijela korita Rječine, od samog ušća do mosta Školjić udaljenog 630 m od obalne linije, definirano je 8 mjernih profila na približno jednakim udaljenostima. Prilikom mjerenja korištene su CTD sonde koje mjere tlak, temperaturu i specifičnu vodljivost vode (Slika 5.). Primjer izmjenjenih vrijednosti vodljivosti vode na četiri karakteristična profila prikazan je na slici 6. Pored navedenih sondi, korišten je i akustični brzinomjer (ADCP) kako bi se izmjerile brzine i protoci neposredno uzvodno i duž slanog klina (Slika 5b).



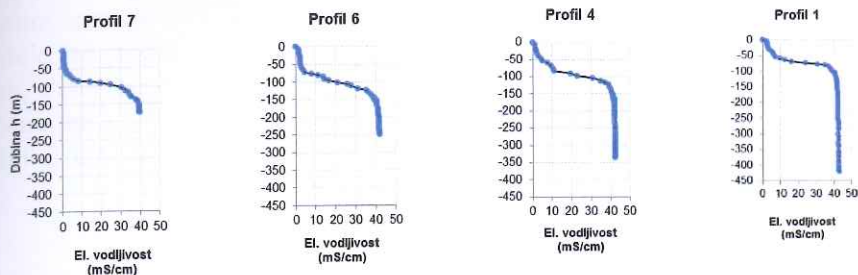
Slika 5. Korišteni mjerni uređaji: a) CTD sonda, b) ADCP uređaj, c) manji ADCP uređaj na plovilu

Vertikalna struktura saliniteta i gustoće, izračunata je pomoću poznatih empirijskih izraza [12] na osnovu izmjerenih vrijednosti temperature i vodljivosti vode. Na slici 7a, prikazan je uzdužni presjek ušća Rječine s interpoliranim vrijednostima saliniteta. Provedena mjerenja pri različitim protocima i razinama mora upućuju na činjenicu kako je na

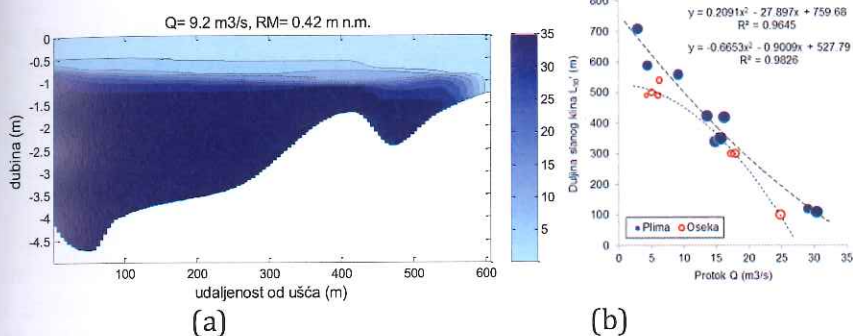
ččina utječe u
iterana, ovo je
ušća, izraženih
mim nagibom
na, s jednom ili
ušćima rijeka
izrazita
koji teče iznad

ku Rječine, od
kalnih profila
ne, od samog
inirano je 8
m mjerjenja
specifičnu
vodi
navedenih
merile brzine

ušću Rječine prisutna izrazita vertikalna stratifikacija saliniteta i gustoće vode, čime je potvrđena prisutnost slanog klina. Također, regresijskom analizom je pronađena zavisnost duljine slanog klina o protoku Rječine, zasebno za nisku i visoku razinu mora (Slika 5.b).



Slika 6. Primjeri izmjerenih vertikalnih profila temperature i električne vodljivosti na ušću Rječine



Slika 7. (a) primjer uzdužnog presjeka ušća Rječine s izračunatim i interpoliranim vrijednostima saliniteta na osnovu provedenih mjerjenja, (b) regresijske funkcije zavisnosti duljine slanog klina o protoku Rječine za vrijeme plime i oseke

Pri malim protocima ($Q < 5 \text{ m}^3/\text{s}$) slani klin prodire do posljednjeg uzvodnog mjernog profila, gdje je daljnje napredovanje onemogućeno pridnenim pragom u koritu. Kako se protok povećava, slatka voda postepeno potiskuje slani klin nizvodno prema ušću. Pri protocima većima od $28 \text{ m}^3/\text{s}$ za vrijeme oseke, odnosno $38 \text{ m}^3/\text{s}$ za vrijeme plime, slatka voda gotovo u potpunosti istisne slani klin izvan korita rijeke. Pri konstantnom protoku, slani klin prodire uzvodno za vrijeme izdizanja morske razine, dok se za vrijeme spuštanja morske razine, slani klin povlači nizvodno prema ušću. Također se pokazalo kako na očuvanje vertikalne stratificiranosti, plimne oscilacije imaju znatno manji utjecaj od protoka rijeke. Naime, vertikalna struktura zadržava izrazitu stratificiranost tijekom dana sve do protoka većih od $25 \text{ m}^3/\text{s}$, kada uslijed

znatnih posmičnih naprezanja na razdjelnici, dolazi do jačeg turbulentnog miješanja i narušavanja stabilnosti granice među slojevima [11].

U narednom razdoblju, na istom istraživačkom području, planiraju se detaljnija mjerenja vertikalnih profila saliniteta i brzina tijekom punog ciklusa izmjene plime i oseke, kao i pri izraženijim nestacionarnim uvjetima na ušću Rječine. Izmjerene vrijednosti s terena se planiraju usporediti s numeričkim modelima, te se posebna pozornost planira posvetiti proučavanju fizikalnih procesa na izrazito stratificiranim ušćima, pri čemu se prvenstveno misli na procese i uvjete pri kojima dolazi do miješanja među slojevima.

2.3. Rezultati istraživanja na dinamici žala

U doktorskom radu „Dinamika žala u području Kvarnera“ kojeg je izradio Igor Ružić, prvi puta je detaljno objašnjena interakcija između destruktivnog djelovanja valova i morskih struja, te dotoka voda iz krškog zaleđa na erozijsko-akumulacijske procese na obali, u specifičnim uvjetima hrvatskog područja Jadranskog mora. Dokazana je složena međuovisnost između protoka, erozije i akumulacije sedimenata, te utjecaja valova, odnosno njihova osjetljiva geodinamička ravnoteža. Jednako je tako dokazana međuovisnost nazadovanja klifa u gotovo četrdesetgodišnjem razdoblju i povećanja tijela žala, te uzroci obrušavanja stijenske mase i objašnjen je geotehnički model pojava nestabilnosti. Primijenjene metode mjerenja i dobiveni rezultati imati će široku promjenu u hidrotehničkom i geotehničkom inženjerstvu.

Žalo Klančac kod Brseča je šljunkovito minijaturno žalo dugačko 37 m, dok mu širina varira od 0 do 20 metara ovisno o eroziji i akumulaciji sedimenata duž obale žala. Veličina zrna na površini žala varira od 2 do 45 mm. Morfološke promjene žala izaziva djelovanje valova iz sjeveroistočnog (NE) i jugoistočnog (SE) kvadranta, te povremeno otjecanje bujičnog vodotoka (Slika 8.). Na žalu Klančac dolazi do čestih migracija zrna žala, odnosno značajnih morfoloških promjena tijela žala zbog koncentracije energije loma valova neposredno ispred i na samom tijelu žala [13, 14]. Mjerenja topografije žala i okolnog priobalja provedena su korištenjem „structure-from-motion“ (SfM) fotogrametrije. SfM fotogrametrija generira foto-realistične trodimenzionalne oblake točaka viske preciznosti iz niza fotografija [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21].

g turbulentnog
[11].

u, planiraju se
tijekom punog
estacionarnim
se planiraju
rnost planira
ranim ušćima,
ma dolazi do



Slika 8. Žalo Klančac pokraj Brseča; 1 - Povremeno otjecanje bujičnog vodotoka; 2 - Špilja; 3 - Šljunkovito žalo

ra“ kojeg je
ncija između
da iz krškog
nim uvjetima
međuovisnost
caja valova,
ko je tako
etgodišnjem
nske mase i
ene metode
ehničkom i

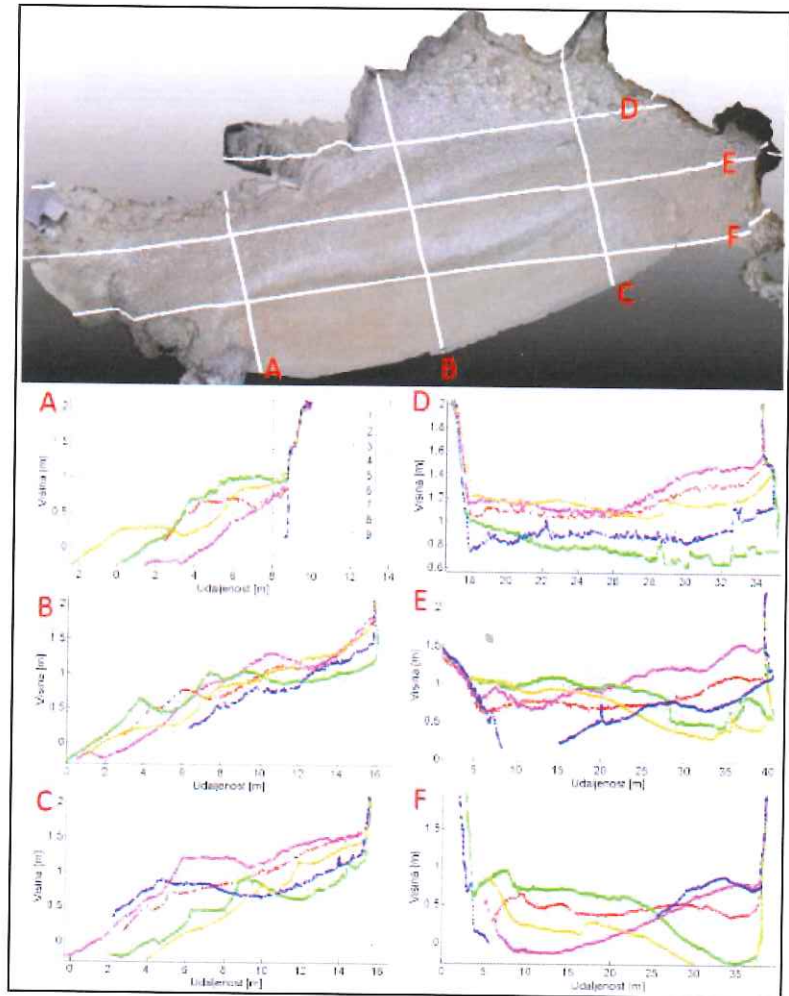
gačko 37 m,
akumulaciji
od 2 do 45
roistočnog
e bujičnog
zna žala,
ncentracije
a [13, 14].
prištenjem
a generira
sti iz niza

Na slici 9. prikazan je trodimenzionalni oblak točaka i promjene poprečnih presjeka žala Klančac od 4. listopada do 27. prosinca 2013. godine. Promjene poprečnih i uzdužnih presjeka su značajne i prostorno varijabilne, nastaju brzo i trodimenzionalnog su karaktera zbog čega ih nije moguće pratiti preko karakterističnih poprečnih presjeka, kao kod dugačkih pješčanih žala, već je potrebno pratiti čitavo tijelo žala pomoću trodimenzionalnih oblaka točaka [18].

Preciznost trodimenzionalnih oblaka točaka na minijaturnom žalu Klančac je bolja od ± 5 cm [18], što je višestruko manje od zabilježenih promjena žala prikazanih na slici 6. Primjena SfM fotogrametrije na minijaturnim žalima je brza, jeftina i efikasna, no mjerenja nije moguće obaviti u slučajevima nepovoljnog osvjetljenja, pa obrada trodimenzionalnih oblaka točaka dobivenih SfM fotogrametrijom može biti izrazito složena [16].

U sklopu EU projekta "Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci", Građevinskom fakultetu u Rijeci omogućeno je korištenje: 3D skenera (Faro, Focus 3D X 130), GPS uređaja spojenog na CROPOS (DGU, 2015) sustav (Topcon, dvofrekvencijski GPS/GLONASS Hiper SR), plovećeg laboratorija i ADCP uređaja (Nortek, AWAC i Aquadopp Profiler). U razdoblju od 4. listopada do 27. prosinca 2013. godine zabilježene su značajne oscilacije volumena žala, u rasponu od 137 do 225 m³, iznad srednje morske razine [18]. Oko 40% tijela žala bilo je erodirano i akumulirano u podmorju neposredno ispred žala, što ima značajan utjecaj na obalne procese žala Klančac. Do sada taj dio žala ispod razine mora nije mogao biti snimljen, a time niti istražen. Primjenom

plovećeg laboratorija i GPS uređaja moći će se mjeriti migracije sedimenata žala ispod površine mora. Korištenjem 3D skenera povećat će se preciznost snimanja topografije minijaturnog žala na 2 mm, što će omogućiti detaljno praćenje karakteristika sedimenata žala, te provođenje mjerenja u uvjetima nedovoljnog osvjetljenja. Na slici 10. prikazani su trodimenzionalni oblaci žala Klančac izmjereni pomoću 3D skenera (Faro). Na detalju 3D oblaka točaka tijela žala prikazani su snimljeni geometrijski parametri zrna žala na površini, što će omogućiti analize promjena veličina zrna žala.



Slika 9. Trodimenzionalni foto-realistični oblak točaka i slojnice derivirane iz oblaka točaka žala Klančac. Mjerenja: 1 (4. listopada), 2 (30. listopada), 3 (6. studenog.), 4 (12. studenog), 5 (18. studenog), 6 (28. studenog), 7 (4. prosinca), 8 (24. prosinca), 9 (27. prosinca).

riti migracije
ra povećat će
2 mm, što će
e provođenje
prikazani su
enera (Faro).
geometrijski
njena veličina



Slika 10. Trodimenzionalni oblak točaka žala Klančac (čitavo žalo i detalj na tijelu žala) mjereni pomoću 3D skenera FARO

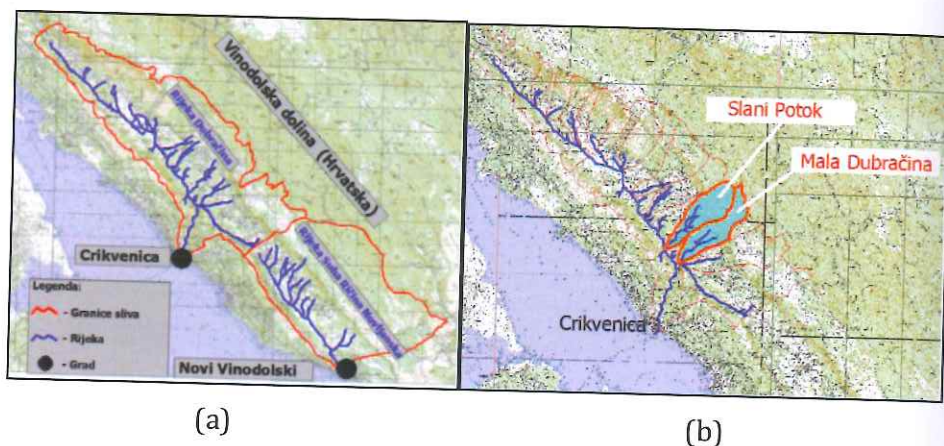
Obalni procesi na žalu determinirani su parametrima valova koji djeluju na žalo, kako dubokovodnih, tako i transformiranih na samom tijelu žala. Jedan od važnijih, a na našoj obali nedovoljno istraženih parametara valova je i spektar valova, pogotovo dužina vjetrovnih valova zbog specifične morfologije priobalja. Primjena ADCP uređaja omogućit će točnije mjerenje parametara vala i njihov utjecaj na obalne procese žala.

2.4. Rezultati hidroloških istraživanja na slivu Slanog potoka

U geografskom smislu Vinodolska dolina je jedinstvena prostorna cjelina između Križišća na sjeverozapadu i Novog Vinodolskog na jugoistoku te primorja uz Vinodolski kanal (Slika 9.). Zbog svoje složene geološke građe i izraženog strmog sjeverno-istočnog poprečnog presjeka doline, ovo je područje izloženo eroziji, lokalnim klizištima i bujičnim vodotocima [18, 22, 23]. Na tom se području nalaze dva glavna vodena toka koja se ulijevaju u Jadransko more, i to Dubračina u Crikvenici i Novljanska Ričina u Novom Vinodolskom. Sliv Dubračine je svojom neposrednom površinom i vodnom bilancom najveći i najznačajniji vodotok [24, 25]. Predmet detaljnih istraživanja izabrana je pritoka Slani potok i u manjoj mjeri Mala Dubračina, čiji su slivovi u najvećoj mjeri zahvaćeni procesima erozije (Slika 5.1.2.) [26].

Detaljni monitoring spomenutog područja započeo je instalacijom istraživačke opreme 2011. godine financirane sa strane međunarodnog hrvatsko-japanskog znanstvenog projekta „Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava

u Hrvatskoj", a uspješno se nastavlja uz pomoć EU projekta "Razvoj istraživačke infrastrukture na Kampusu Sveučilišta u Rijeci" (Research Infrastructure for Campus-based Laboratories at the University of Rijeka). Cilj istraživanja je kontinuirano praćenje meteoroloških i hidroloških podataka sa najugroženijeg područja na slivu rijeke Dubračine: Sliva Slanog potoka. Na slivu su instalirane dvije automatske meteorološke postaje (Davis Vantage Pro2) s 10-minutnim mjernim korakom, tlačne sonde (Schlumberger Mini Diver) za mjerenje dubine vode, te piezometri za mjerenje razine podzemne vode s 2-minutnim korakom mjerenja.



Slika 11. (a) Smještaj slivnih područja Dubračine i Suhe Ričine Novljanske, (b) Lokacija slivova Slanog potoka i Male Dubračine

Kako bi se identificiralo trenutno stanje sliva rijeke Dubračine, izrađen je Katalog pritoka rijeke Dubračine unutar Geografskog Informacijskog Sustava (GIS) uz pomoć Arc GIS 10.1. programskog paketa. Istraživanje za potrebe rada je podijeljeno u nekoliko glavnih grupa aktivnosti. Prva grupa aktivnosti bila je prikupljanje postojećih podataka i dokumentacije o istražnom području, kao što su karte, fotografije, projekti sanacije, istražni elaborati i slično. Nakon toga, uslijedila je druga grupa aktivnosti koja je obuhvatila istraživanje provedeno na samom terenu („on-site“) analizom stanja pritoka rijeke Dubračine i popunjavanjem pripremljenog obrasca, izradom fotodokumentacije stanja sliva i korita svake pritoke zasebno, te usporedba postojećih podataka s onima prikupljenima na terenu. Kao završna aktivnost u fazi istraživanja provedena je reorganizacija do sada objedinjenih podataka prema unaprijed definiranoj klasifikaciji (hidrološki, geološki, pokrov zemljišta, namjena zemljišta, ...) [26, 27]. Nakon klasifikacije prikupljenih podataka, istovrsni podaci formirani u skupine su s geografski pridruženim koordinatama prikazani kao slojevi

...kta "Razvoj
" (Research
y of Rijeka).
hidroloških
ačine: Sliva
eorolološke
kom, tlačne
piezometri
enja.



nske, (b)

ne, izrađen
mracijskog
živanje za
Prva grupa
entacije o
je, istražni
osti koja je
) analizom
g obrasca,
zasebno, te
erenu. Kao
ija do sada
klasifikaciji
) [26, 27].
formirani u
kao slojevi

(„layer“) u programskom paketu Arc GIS 10.1, kako bi tvorili organiziranu i koreliranu bazu podataka (Tablica 1.).

Sliv Slanog potoka je u velikoj mjeri zahvaćen erozijom, lokalnim klizištima i bujičnog je karaktera, pa je upitna mogućnost trajne sanacije područja velikog gotovo 4 ha. Analizirani sliv spada u male slivove (oko 2 km²) koji se zbog geološke građe, te velikog nagiba (srednji nagib sliva je 22%, nagibi se kreću u rasponu od 5% do 100%) odlikuje vrlo kratkim vremenom koncentracije sliva, te velikim koeficijentom otjecanja u zimskom periodu koji je u ljetnom periodu značajno umanjen bujanjem vegetacije [24]. Kompleksnost sliva otegotni je faktor pri izraditi odgovarajućeg matematičkog determinističkog modela, pa je u ovom slučaju primijenjen „black box“ model. Kako bi model ispunio svoj krajnji cilj, preciznost modela predviđanja, u tu je svrhu razvijen model baziran na upotrebi Umjetne neuronske mreže (UNM model). UNM model je razvijen sa ciljem predviđanja kolebanja razina vode u vodotoku ovisno o meteorološkim parametrima, a koji se može opisati kao „black box“ model čije su glavna karakteristike sposobnost učenja, pamćenja i generalizacije podataka na osnovi ulaznih i izlaznih podataka.

Tablica 1. Primjer postojećih podataka i podataka dobivenih istraživanjem

	PRIKAZ PODATAKA U Arc GIS-u	VRSTA PODATAKA	OPIS PODATAKA
POSTOJEĆI PODACI		Karta	Sloj („Layer“) se sastoji od hrvatske topografske karte s ucrtanim slivnim područjem rijeke Dubračine (označeno narančastom površinom - istražno područje) Mjerilo - 1:25.000
PODACI ISTRAŽIVANJE		Hidrološki	Sloj („Layer“) se sastoji od izvora (plave točke), hidrografske mreže (plave linije), slivnog područja rijeke Dubračine i slivnog područja svake njene pritoke (narančasta površina omeđena crvenim linijama).

UNM posjeduje svojstvo modeliranja dinamičkih nelinearnih funkcija između podataka bez zadiranja u opis procesa između ulaza i izlaza iz modela. Spomenuti model bazira se na strukturi višeslojnog perceptrona (MLP, Muły Layer Perceptron) umjetne neuronske mreže, a koji se sastoji od ulaznog sloja, skrivenih slojeva i izlaznog sloja. Unutar spomenute strukture je u svrhu učenja modela korišten Levenberg-Marquardt (LM)

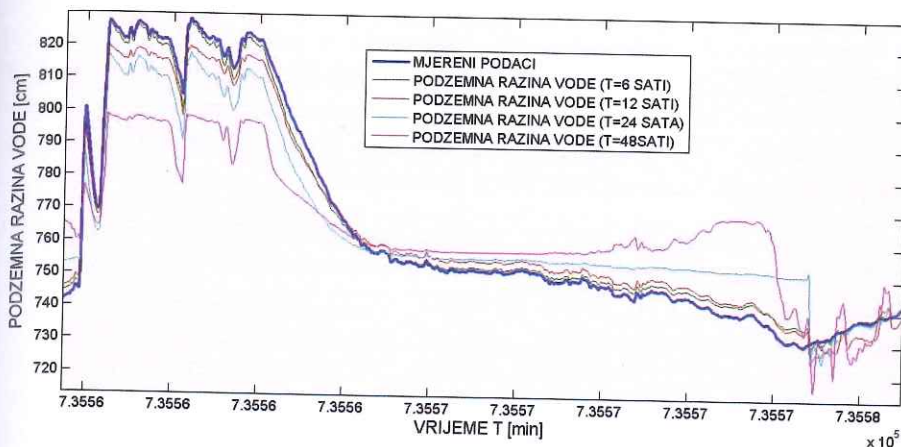
algoritam učenja koji je modifikacija klasičnog Gauss-Newton-ovog optimalizacijskog algoritma i metode konjugiranog gradijenta. Unutar algoritma, Hessian matrica zakrivljenosti površine prostora pogreške aproksimira se Jacobijan matricom vektora pogreške [28]. LM algoritam se može prikazati na način (1):

$$x_{k+1} = x_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (1)$$

gdje je x vrijednost neuronske mreže, J Jakobijan matrica sastavljena od prvih derivacija vektora pogreške e po podesivim parametrima mreže, μ skalarni parametar koji kontrolira proces učenja unutar mreže, I jedinična matrica te e vektor pogreške. Parametar μ kontrolira algoritam pri čemu, ukoliko teži minimumu, pretvara formulu (1) u Gauss-Newton-ov algoritam, dok u suprotnom postaje sve sličniji algoritmu konjugiranog gradijenta [28].

Za predmetno istražno područje izrađen je hidrološki model koji će služiti za predviđanja otjecanja sa sliva. Sastoji se od više podmodela, a jedan od njih je i predviđanje kolebanja podzemnih razina vode, te je u ovisnosti o vremenskom koraku predviđanja grafički prikazan (Slika 12.). UNM model s 10 skrivenih slojeva izrađen je pomoću programskog paketa Matlab tvrtke MathWorks unutar kojeg je formiran ulazni sloj meteoroloških i hidroloških podataka koji utječu na kolebanje podzemne razine vode za analizirano razdoblje prikupljenih podataka od rujna 2013. do svibnja 2014. godine. Količina oborine, intenzitet oborine, temperatura zraka, brzina vjetrova, insolacija i razina podzemne vode ulazni su sloj podataka u model, a mjereni su u 10-minutnom vremenskom koraku. Izlazni sloj predstavljaju podaci predviđanja podzemne razine vode u vremenskim koracima od 6, 12, 24 i 48 sati. Kvaliteta predviđanja je ispitana s dva kriterija: korijenom srednje kvadratne pogreške (RMSE, Root Mean Squared Error) i koeficijentom određenosti (r^2 , Coefficient of determination). Kvaliteta, odnosno točnost modela definirana je ovim dvjema parametrima, gdje vrijednosti RMSE koji teže prema nuli, te r^2 koji teže prema jedan predstavljaju dobre modele. Rezultati predviđanja za zadane vremenske korake prikazani su grafički (Slika 12.) i tablično s kriterijima (Tablica 2.).

Dobiveni rezultati pokazuju da je na području Slanog potoka moguće najtočnije predvidjeti razinu podzemnih voda za vremenski korak od 12 sati s obzirom na dostupne mjerene podatke. Vrijednost parametara točnosti ukazuje da je za sve slučajeve vrlo visok koeficijent određenosti, dok je korijen srednje kvadratne pogreške veći od željenog, a što je vidljivo i na slici 12.



Slika 12. Usporedni prikaz mjerenih podataka i izlaza iz modela

Tablica 2. Vrijednost parametara kvalitete modela prema vremenu predviđanja

Korak vremena [h]	RMSE [-]	r^2 [-]
6	6,338	0,99250
12	10,306	0,98422
24	15,833	0,97068
48	23,575	0,94584

Sveobuhvatnim pristupom trenutnom stanju sliva Slanog potoka, te općenito slivu rijeke Dubračine i kontinuiranim mjerenjem meteoroloških i hidroloških parametara omogućen je detaljan uvid u hidrogeološke procese, koji postaju značajan čimbenik u definiranju ponašanja malih slivova, te predviđanju hazardnih događaja kroz daljnji razvoj hidrološkog modela.

2.5. Rezultati istraživanja na slivu Dubračine

Istražno područje sliva rijeke Dubračine u okviru međunarodnog hrvatsko-japanskog projekta, veličine 43 km², smješteno je u Vinodolskoj dolini u Primorsko-goranskoj županiji. Uz glavnu rijeku Dubračinu, ovo slivno područje ima i veći broj manjih pritoka, sve bujičnog karaktera. Kao glavni faktori utjecaja pojave nestabilnosti tla tog područja mogu se izdvojiti topografija terena - strme padine, zatim visoka srednja godišnja

oborina, te geološka raznolikost područja. Samo područje karakteriziraju vodopropusni karbonatski stijenski kompleks u njegovom gornjem dijelu, te vodonepropusni flišni stijenski kompleks u nižem dijelu sliva [29]. Prostorni plan područja posebnih obilježja Vinodolske Doline [23] predviđa razvoj više gospodarskih grana. Istraživanja znanstvenika diljem svijeta ukazuju da sve spomenute djelatnosti negativno utječu na procese erozije, te djeluju ka povećanju njena intenziteta.

Cilj istraživanja je analiza produkcije erozijskog nanosa na slivu Dubračine u Vinodolskoj dolini. Lokalni uvjeti na istražnom području, kao i dostupne podloge (od kojih posebno treba istaknuti LIDAR snimke financirane ovim projektom) uvelike ograničavaju izbor metode za procjenu produkcije erozijskog nanosa. Detaljnom analizom postojećih znanstvenih metoda, kao i relevantnih podloga odabrana je Gavrilovićeve metoda, odnosno metoda potencijala erozije. Spomenuta metoda namijenjena je kvantifikaciji erozijskih procesa procjenom intenziteta erozije, produkcije nanosa i transporta nanosa riječnom mrežom [30, 31]. Cilj je i unaprijediti metodu razradom evaluacije koeficijenta zaštite tla uvođenjem detaljnije gradacije, te koeficijenta erodibilnosti tla prema lokalnim prilikama područja. Provesti će se analiza vremenski varijabilnih parametara temperature zraka i oborina s obzirom na promjenu u vremenu. Analizirati će se i osjetljivost metode s obzirom na parametar namjene zemljišta (eng. land use) ili pokrova tla (eng. land cover) s obzirom na promjenu u vremenu. Do danas provedena je i objavljena analiza osjetljivosti metode na promjenu izvora podataka namjene zemljišta/pokrova tla, za sadašnjost (Tablica 3., Slika 13.) [29]. Iz provedenog istraživanja može se zaključiti da primjena CORINE pokrova tla procjenjuje vrijednost ukupne godišnje produkcije erozijskog nanosa i do tri puta manje, nego primjenom Landsat satelitskih snimki, te oko pola vrijednosti dobivenih primjenom podloga namjene zemljišta iz Prostornog plana. Ovo istraživanje ukazalo je na osjetljivost Gavrilovićeve metode na parametar namjene zemljišta, odnosno pokrova tla.

Tablica 3. Namjena zemljišta/pokrov tla po kategorijama izraženi u % prema različitim izvorima (CORINE, Prostorni plan i Landsat satelitske snimke) za sliv Dubračine

Kategorija namjene zemljišta / pokrova tla	CORINE	Prostorni plan	Landsat 8
Vodene površine	1	1	1
Poljoprivredna tla		29	
Gola stijena	5		20
Golo tlo do rijetka vegetacija	6		27
Rijetka do srednje gusta vegetacija	24	8	31
Gusta vegetacija (šuma)	52	54	13
Urbana područja	12	7	8
Eksploatacija mineralnih sirovina		1	
Ukupno	100	100	100

Slijedeći korak istraživanja bio je osmisliti i organizirati mjerenja erozijskog nanosa u samom slivu. Razvijeno je mnogo metoda za potrebe verifikacije modela za procjenu produkcije erozijskog nanosa. Verifikacija dobivenih rezultata provodi se metodom terestičke fotogrametrije [32, 33] upotrebom opreme: fotografskog aparata CANON EOS Kiss X4 te računalnog softvera KURAVES koje je osigurao međunarodni hrvatsko-japanski projekt. Verifikacija se provodi na dvije lokacije. Prva lokacija smještena je na samoj erozijskoj bazi gdje se mjeri ukupna produkcija erozijskog nanosa. Druga lokacija smještena je na vodotoku Malenica, neposredno prije utoka vodotoka Mala Dubračina. Vremenski inkrement između mjerenja iznosi 1 mjesec. Prvi rezultati mjerenja i njihova usporedba s izlaznim rezultatima modela očekuju se 2016. godine.

3. Zaključak

Zahvaljujući prijavama i sudjelovanju na međunarodnim znanstvenim i europskim projektima, moguće je dobiti znanstveno-istraživačku opremu koja je temelj za provođenje istraživanja, za razvoj suradnje sa znanstvenicima u zemlji i inozemstvu i dobivanju rezultata korisnih za razvoj gospodarstva. Bilateralni hrvatsko - japanski projekt „Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj“ omogućio je da se napravi analiza geohazarda i pripreme smjernice za primjenu rezultata Projekta u sustavu prostornog uređenja.

Korištenje sofisticirane znanstveno-istraživačke opreme nabavljene preko projekta „Razvoj istraživačke infrastrukture za laboratorije na Kampusu Sveučilišta u Rijeci“ osigurat će implementaciju novih

metodologija i tehnologija u inter i multidisciplinarnim područjima znanosti i istraživanja s ciljem povećanja istraživačkih kapaciteta Sveučilišta. Navedene aktivnosti omogućit će postizanje izvrsnosti u razvoju, inovacijama i istraživanju u Republici Hrvatskoj, te smanjiti regionalne nejednakosti u razini znanstvene, istraživačke i obrazovne infrastrukture. Oprema će omogućiti povećanje broja znanstvenih projekata temeljenih na znanju i implementaciju rezultata na tržištu u suradnji s malim i srednjim poduzećima.

Zahvala. Ovaj je članak nastao kao rezultat rada na međunarodnom hrvatsko-japanskom znanstvenom projektu *Identifikacija rizika i planiranja korištenja zemljišta za ublažavanje nepogoda kod odrona zemlje i poplava u Hrvatskoj (Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia)* i znanstvenog projekta – sveučilišne potpore: *Hidrologija vodnih resursa i identifikacija rizika od poplava i blatnih tokova na krškom području (13.05.1.1.03)*, Sveučilišta u Rijeci kojih je voditelj prof. dr. sc. Nevenka Ožanić te znanstvenog projekta – sveučilišne potpore: *Razvoj novih metodologija u gospodarenju vodama i tlom u krškim, osjetljivim i zaštićenim područjima (13.05.1.3.08)* kojeg vodi izv. prof. dr. sc. Barbara Karleuša, obje sa Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci.

Literatura

- [1] Benac, Č.; Dugonjić, S.; Oštrić, M.; Arbanas, Ž.; Đomlija P.: *Complex landslide in the Rječina River valley: monitoring results*. In: Horvat, M. (ed.). Proceedings of the 4th Croatian geological congress, Šibenik, 14-15 October, Zagreb, Croatian Geological Survey, 157-158, 2010.
- [2] Perić, M.: *Englesko hrvatski enciklopedijski rječnik istraživanja i proizvodnje nafte i plina*. Sveučilišni priručnik Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta u Zagrebu, INA Industrija nafte d.d. - Sektor korporativnih komunikacija, Grafocolor d.o.o. Zagreb, Zagreb, 1038. str. 2007.
- [3] Žic, E.: *Prilog modeliranju potencijalnih poplavnih tokova i tokova krupnozrnatog materijala u slivu Rječine*, Doktorski rad, Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2015.
- [4] Takahashi, T.: *Debris flow: Mechanics, Prediction and Counter Measures*. Taylor and Francis, 448 pages, 2007.

- [5] Žic, E.; Arbanas, Ž.; Bićanić, N.; Ožanić, N.: *A model of Mudflow propagation downstream from the Grohovo Landslide near the City of Rijeka (Croatia)*, Natural Hazards and Earth System Sciences (NHESS), 1, 293-313, 2015.
- [6] Vivoda, M.; Benac, Č.; Žic, E.; Đomlija, P.; Dugonjić Jovančević, S.: *Geohazard u dolini Rječine u prošlosti i sadašnjosti*. Hrvatske vode. 20, 81, 105-116, 2012.
- [7] Žic, E.; Bićanić, N.; Koziara, T.; Ožanić, N.: *The numerical modelling of suspended sediment propagation in small torrents with the application of the Contact Dynamics Method*. Tehnical Gazette, 21(5), pp. 939-952, 2014.
- [8] Žic, E.; Yamashiki, Y.; Kurokawa, S.; Fujiki, S.; Ožanić, N.: *Physical modelling of debris flow movement - laboratory research*. 4th Workshop of the Japanese-Croatian Project on "Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia", Book of abstracts. Vlastelica, G.; Andrić, I.; Salvezani, D. (eds.), Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split, Split, 53-54., 2013.
- [9] Hansen, D.V., Rattray, M.: *New dimensions in estuary classification*. Limnology and Oceanography, 3, 319-326, 1966.
- [10] Ibanez, C., Pont, D., Prat, N.: *Characterization of the Ebre and Rhone estuaries: A basis for defining and classifying salt-wedge estuaries*, Limnology and Oceanography, 1, 89-101, 1997.
- [11] Krvavica N., Mofardin B., Ružić I., Ožanić N.: *Measurement and Analysis of Salinization at the Rječina Estuary*. Građevinar, 64(11), 923-933, 2012.
- [12] Fofonoff N.P., Millard Jr. R. C.: *Algorithms for Computation of Fundamental Properties of Seawater*, UNESCO Technical Papers in Marine Science, Paris, 1983.
- [13] Carter, R.W.G., Orford, J.D.: *The morphodynamics of coarse clastic beaches and barriers: a short term and long term perspective*. Journal of Coastal Research, 15, 158-179, 1993.
- [14] Pedrozo-Acuña, A., Simmonds, D., Otta, A.K., Chadwick, A.J.: *On the cross-shore profile change of gravel beaches*. Coastal Engineering, 53, 335-347, 2006.
- [15] DGU, 2015. Cropos Dostupno na: (http://www.cropos.hr/index.php?option=com_contentview=article&id=13:vppsicatid=6:vppsiltemid=3). (10.1.2015).

- [16] James, M. R., Robson, S.: *Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application*, Journal of Geophysical Research, 117, F03017, 2012.
- [17] James, M.R., Ilić, S., Ružić, I.: *Measuring 3D coastal change with a digital camera. Coastal Dynamics 2013*, 7th International Conference on Coastal Dynamics, Arcachon, 893-904, 2013.
- [18] Ružić, I.: *Dinamika žala u području Kvarnera*, Doktorski rad Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 2014.
- [19] Ružić, I., Marović, I., Vivoda, M., Dugonjić Jovančević, S., Kalajžić, D., Benac, Č., Ožanić, N.: *Application of Structure-from-Motion photogrammetry for erosion processes monitoring, Moscenicka Draga example*, The 4th Workshop of the Japanese-Croatian Project on "Risk Identification and Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia", University of Split, Split, 49-50, 2013.
- [20] Ružić, I., Marović, I., Benac, Č., Ilić, S.: *Coastal cliff geometry derived from Structure-from-Motion photogrammetry at Stara Baška, Krk Island, Croatia*, Geo-Marine Letters, 34, 555-565, 2014.
- [21] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., Reynolds, J. M.: *"Structure-from-Motion" photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications*, Geomorphology, 300-314, 2012.
- [22] Gimani, I., Šušnjar, M., Bukovac, J., Milan, A., Nikler, J., Crnolatac, J., Šikić, I., Blašković, I.: *Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000 – list Crikvenica*, Institut za geološka istraživanja, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 1973.
- [23] Županijski zavod za razvoj, prostorno uređenje i zaštitu okoliša: *Prostorni plan područja posebnih obilježja Vinodolске doline*, Rijeka, 2004.
- [24] Ružić I., Sušanj I., Ožanić N.: *Analyses of event runoff coefficients: Slani potok and Dubračina river, Croatia-Japan Project on Risk Identification And Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia: 1st project workshop: „INTERNATIONAL EXPERIENCE“*, Dubrovnik (Croatia), 2010.
- [25] Sušanj, I., Ožanić, N., Yamashiki, Y.: *Analysis of flash flood occurred at Slani potok, Croatia-Japan Project on Risk Identification And Land-Use Planning for Disaster Mitigation of Landslides and Floods in Croatia: 3rd Project Workshop, Zagreb (Croatia)*, 2012.

- [26] Benac Č.; Jurak, V.; Oštrić, M.: *Qualitative assessment of geohazard in the Rječina Valley, Croatia*. Proceedings of the 10th IAEG International Congress: IAEG Engineering geology for tomorrow's cities, The Geological Society of London, 658, 1-7, 2006.
- [27] Sušan, I., Dragičević, N., Karleuša, B., Ožanić, N.: *GIS based monitoring database for Dubračina river catchment area as a tool for mitigation and prevention of flash flood and erosion*, Thirteenth International Symposium on WATER MANAGEMENT AND HYDRAULIC ENGINEERING (Proceedings) / Šoltész, Andrej; Baraková, Dana ; Orfánus, Martin ; Holubec, Michal (ur.), Bratislava (Slovakia), 637-652, 2013.
- [28] Abrahart, R.J., Kneale, P.E., See, L.M.: *Neural networks for hydrological modelling*, Taylor & Francis Group plc, London, U.K., 2004.
- [29] Dragičević, N., et al.: *Erosion Model Sensitivity to Land Cover Inputs: case Study of the Dubračina Catchment, Croatia*, GISRUK, 2014.
- [30] Gavrilović, S.: *Inženjering o bujičnim tokovima i eroziji*, časopis „Izgradnja“ specijalno izdanje, ur. Marković, A., Jarić, M., Beograd, 1972.
- [31] Gavrilović, Z., Stefanović, M.; Brajković, M.; Isaković, D.: *Identifikacija erozionih područja*, Upravljanje vodnim resursima Srbije, 191-208, 2001.
- [32] Daba, S.; Rieger, W.; Strauss, P.: *Assessment of gully erosion in eastern Ethiopia using photogrammetric techniques*, Catena 50, 273-291, 2003.
- [33] Ypsilantis, W. G.: *Upland soil erosion monitoring and assessment: An overview*, Tech Note 438. Bureau of Land Management, National Operations Center, Denver, USA, 2011.