

## BUJIČNE POPLAVE – UZROCI, MJERE UBLAŽAVANJA I PRIMJERI U HRVATSKOJ

### *FLASH FLOODS – CAUSES, MITIGATION MEASURES AND EXAMPLES IN CROATIA*

Ivana Lovrić<sup>1</sup>, Filip Kalinić<sup>1</sup>, Magdalena Novinc<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tehničko veleučilište u Zagreb, Graditeljski odjel, Avenija Većeslava Holjevca 15, Zagreb

<sup>2</sup>Tehničko veleučilište u Zagreb, Graditeljski odjel (student), Avenija Većeslava Holjevca 15, Zagreb

#### SAŽETAK

Bujične poplave nastaju kao posljedica kratkotrajnih oborina velikog intenziteta ili uslijed puknuća/kvara hidrotehničkog objekta ili opreme. Karakterizira ih iznenadna lokalna poplava velikog volumena i kratkog trajanja koja nastaje u razdoblju od nekoliko, obično manje od šest, sati od jake kiše. Posljednjih godina, kao posljedica klimatskih ekstrema, bujične poplave su sve češća pojava pa i na područjima gdje se do sada nisu pojavljivale. Kroz upravljanje rizicima od poplava potrebno je dodatnu pažnju usmjeriti upravo na ovaj tip poplava jer su izuzetno opasne te mogu izazvati velike štete na imovinu i ljude. Kroz aktivnosti na lokalnoj razini bitno je educirati stanovništvo i osvijestiti na moguću opasnost od bujičnih poplava. Također potrebno poduzeti potrebne mjere kako bi se smanjili rizici od bujičnih poplava.

**Ključne riječi:** bujične poplave, rizici od poplava, uzroci bujičnih poplava, mjere ublažavanja

#### ABSTRACT

Flash floods occur as a result of short-term, high-intensity precipitation or as a result of a failure of a hydrotechnical facility or equipment. They are characterized by a short duration and sudden local flood of large water volume that occurs within a period of several, usually less than six, hours from heavy rain. In recent years, as a result of climate extremes, flash floods are becoming more common, even in areas where they have not occurred before. It is necessary to focus extra

attention on this type of floods, through flood risk management, because they are extremely dangerous and can cause damage to property and people. Through activities at the local level, it is important to educate the population and make them aware of the possible danger of flash floods. It is also necessary to take the necessary measures to reduce the risks of flash floods.

**Key words:** flash floods, flood risk, causes of flash flood, mitigation measures

#### 1. UVOD

##### 1. INTRODUCTION

Poplave su najsmrtonosnije prirodne katastrofe koje svake godine pogađaju brojne svjetske regije. Tijekom posljednjih desetljeća trend šteta od poplava eksponencijalno raste što je posljedica pojave sve učestalijih vremenskih ekstrema, promjene korištenja zemljišta na uzvodnim dijelovima sliva te koncentriranja stanovništva u zone koje su sklone poplavama [1]. Klimatski ekstremi posljedica su klimatskih promjena te su potrebne učinkovite strategije prilagodbe posljedicama klimatskim promjenama, koje kombiniraju infrastrukturu za zaštitu od poplava, prirodna rješenja (zelena infrastruktura) i financiranje upravljanja rizicima od poplava [2].

Poplavom se smatra privremena pokrivenost vodom zemljišta koje inače nije pod vodom. Mogu se podijeliti prema raznim kriterijima, a općenito se može reći da postoji pet različitih tipova poplava: nizinske poplave, poplave krških

polja, poplave mora, urbane poplave te bujične poplave [3]. Nizinske i poplave krških polja nastaju zbog nedovoljnog kapaciteta glavnog korita vodotoka odnosno nedovoljnog kapaciteta podzemnih vodonosnika krških polja. Poplave mora nastaju podizanjem razine mora iznad uobičajene visoke plime, a urbane poplave su rezultat ljudskih aktivnosti i nastaju kada količina površinskog otjecanja premašuje drenažni kapacitet kanalizacijskog sustava [3]. Bujične poplave nastaju kao posljedica kratkotrajnih oborina velikog intenziteta. Karakterizira ih iznenadna lokalna poplava velikog volumena i kratkog trajanja koja nastaje u razdoblju od nekoliko (obično manje od šest) sati od jake kiše. Mogu nastati i uslijed puknuća brane, nasipa ili iznenadnog propuštanja vode u vodotoku zarobljene ledom [4].

Plan upravljanja vodnim područjem, dugoročni je planski dokument upravljanja vodama u Republici Hrvatskoj koji sadrži komponentu Upravljanja rizicima od poplava. Poplavni rizik je kombinacija vjerojatnosti poplave i mogućih štetnih posljedica na zdravlje ljudi, okoliš, kulturnu baštinu i gospodarsku aktivnost koje se povezuju s poplavom [5]. Upravljanje rizicima od poplava je pristup koji se bazira na konceptu smanjenja / ograničavanja opasnosti od poplava s jedne strane i smanjenju ranjivosti odnosno izloženosti poplavama s druge strane [5]. U planskom ciklusu 2022.-2027. kroz plan upravljanja vodnim područjima obuhvaćene su riječne poplave, poplave uzrokovane podzemnim vodama (krška polja), plavljenja visokim razinama mora te plavljenja uslijed zatajenja vodne infrastrukture – kanala i akumulacija. Plavljenje oborinskim vodama, iako je značajan izvor plavljenja, obuhvaćeno je samo u manjoj mjeri sukladno pravnim i tehničkim okolnostima [5]. Zaštitne mjere za ovu skupinu poplava planiraju se na lokalnim razinama u okviru poslova odvodnje oborinskih voda iz naselja. Hrvatske vode su uključene u projekt RAINMAN koji treba pridonijeti stvaranju podloga za sveobuhvatnije upravljanje rizicima od poplava uzrokovanih oborinama visokih intenziteta u budućim planskim aktivnostima [6].

Posljednjih godina prihvaća se činjenica globalnog zatopljenja, a klimatski i

prognostički modeli ukazuju na sve učestaliju pojavu klimatskih ekstrema na globalnoj i lokalnoj razini. Navedene činjenice upućuju na mogućnost pojave bujičnih poplava na područjima koja do sada možda i nisu bila zahvaćena takvim događajima [2].

U radu su prikazani uzroci nastanka bujičnih poplava te potencijalne opasnosti i štete od bujica. Također, prikazani su prijedlozi mjera za ublažavanje njihovog učinka. Primjeri bujičnih poplava ukazuju na njihovu aktualnost i važnost uključivanja u sastavni dio upravljanja rizicima od poplava. Na primjeru grada Pakraca prikazano je idejno rješenje za smanjenje rizika od bujičnih poplavnih 100 godišnjeg povratnog perioda.

## **2. UZROCI I MOGUĆE MJERE UBLAŽAVANJA UČINAKA BUJIČNIH POPLAVA**

### **2. CAUSES AND POSSIBLE MITIGATION MEASURES OF THE EFFECTS OF FLASH FLOODS**

#### **2.1. UZROCI NASTAJANJA BUJIČNIH POPLAVA**

##### **2.1. CAUSES OF FLASH FLOODS**

Bujična poplava može se dogoditi u vrlo kratkom vremenu koje se broji u minutama ili samo u nekoliko sati od događaja koji ga uzrokuje (oborina, kvar hidrauličke građevine, infrastrukture i sl.). Postoje različiti faktori koji doprinose riziku od bujičnih poplava, pojedini uzrokovani ljudskom aktivnošću i drugi neovisni o ljudskom djelovanju (prirodni fenomeni). Osim intenziteta i trajanja oborina, čimbenici koji utječu na pojavu bujičnih poplava su topografija, prethodna vlažnost tla i vegetacijski pokrov. Nepovoljni topografski uvjeti koji ubrzavaju otjecanje i povećavaju vjerojatnost pojave bujičnih poplava su: veliki nagibi terena, planinski reljef te uske doline ili kanjoni. Poplave obično nastaju u gornjem dijelu toka gdje uslijed topografskih uvjeta površinsko otjecanje prevladava nad procjeđivanjem u podzemlje. Urbanizacija i nepropusni teren (asfalt, beton), prethodna zasićenost tla vodom

te zaleđeno tlo također povećavaju vjerojatnost pojave bujičnih poplava. Kiše velikih intenziteta često su povezane s konvekcijskim oblacima, kratkog su trajanja (nekoliko minuta do nekoliko sati) i velikog su intenziteta (100 mm i više). Drugi uzrok nastajanja bujičnih poplava, osobito u planinskim područjima, može biti topljenje snijega u sinergiji s kišom. Deforestacija u brdima i planinama stvara bujice i voda umjesto danima putuje prema nizinama svega satima. Bujice mogu nastati i kao posljedica puknuća brane, nasipa ili iznenadnog propuštanja vode u vodotoku zarobljene ledom [4].

## 2.2 ZAŠTO SU OPASNE I KOJE SU MOGUĆE ŠTETE?

### 2.2 WHY ARE THEY DANGEROUS AND WHAT ARE THE POSSIBLE DAMAGES?

Za vrijeme bujične poplave nagli je prirast vodostaja i protoka u vodotocima, a brzina toka može biti velika. Karakterizira ih turbulentno tečenje velike erozivne sposobnosti, sklonost promjene smjera tečenje i veliki pronos nanosa koji može pokrenuti klizišta [7]. Snaga vode može biti toliko velika da pomiče velike komade stijena, ruši i čupa drveće, ugrožava manje građevine poput mostova i manjih objekata.

Štete uzrokovane bujičnim poplavama često su ozbiljne i predstavljaju značajnu prijetnju ljudskim životima. Statistike koje je objavila američka agencija NOAA (eng. National Oceanic and Atmospheric Administration) navode da su bujične poplave uzrok većine smrtnih slučajeva povezanih s poplavama [4].

S druge strane bujične poplave imaju pozitivan utjecaj na ekosustav jer erodiraju materijal na padinama kojega odnose nizvodno. Odnosni nanos, hranjive tvari, staništa, organizmi i cijele biocenoze različitog sastava akumuliraju se na ravnijim predjelima [8]. Pored toga, bujični vodotoci su zbog velike brzine toka u duboko usječenom i često hrapavom koritu bogati kisikom koji je potreban za razgradnju organskih tvari u vodotoku. U tom pogledu dotjecanje bujične vode u stalne vodotoke i stajačice doprinosi kvaliteti vode u njima [9].

## 2.3 KAKO SMANJITI RIZIK OD BUJIČNE POPLAVE?

### 2.3 HOW TO REDUCE THE RISK OF FLASH FLOODS?

Intenzivne kiše se mogu pojaviti gotovo svugdje je poruka koja možda samo senzibilizira stanovnike na ovaj problem, ali nije temelj za konkretno djelovanje. Stoga je bitno prepoznati faktore koji mogu utjecati na pojavu bujične poplave. Navedene topografske karakteristike (strmi tereni, planinske doline, jaruge i sl.) mogu ukazivati na terene koji su podložniji bujičnim poplavama. Opasnost i učestalost pojave bujičnih poplava može se procijeniti uzimajući u obzir klimu, topografiju, odvodnu mrežu te opseg i učestalost njihovog pojavljivanja u prošlosti. Za procjenu opasnosti također je bitno imati pristup meteorološkim i hidrološkim podacima, kao i geološkim te informaciji (osobito od stanovnika) o poplavama koje su se dogodile u prošlosti.

Ključne značajke bujičnih poplava koje treba uzeti u obzir kod razvoja strategije upravljanja su: nepredvidivost lokacije, lokalni razmjeri događaja, razorne moći pojave, kao i vrlo kratko vrijeme pojave poplave te velika prijetnja ljudskim životima. Rješenja koja su razvijena za upravljanje nizinskim (riječnim) poplavama ne pokazuju se učinkovitim u suočavanju s iznenadnim poplavama koja zahtijevaju drugačije mjere upravljanja.

Mjere zaštite od poplava mogu se podijeliti na građevinske (izgradnja akumulacija/retencija, nasipa i dr. regulacijskih građevina, uređenje sliva i sl.) i negrađevinske (prognoziranje, sustavi obavještanja, dojave i upozorenja, osiguranje imovine, prostorno planiranje, informiranje i educiranje stanovništva o opasnosti od poplava, sl.). Negrađevinske mjere su ključne i zaslužuju posebnu pozornost za učinkovito ograničavanje štete uzrokovane bujicama. To ne znači da građevinske mjere nisu od pomoći, već klasične građevine, poput akumulacija i nasipa, se ne mogu uvijek usvojiti u područjima osjetljivim na bujične poplave.

U drugoj polovici 20. stoljeća, uslijed povećanja svijesti javnosti o ograničenjima tradicionalnih hidrotehničkih praksi te zahtjevima za očuvanjem prirode i okoliša,

promijenjen je pristup gospodarenja vodnim tijelima koji je formaliziran kroz EU Direktivu o staništima [10] i Okvirnu direktivu o vodama [11]. Kao alternativa klasičnim građevinskim mjerama za zaštitu od poplava primjena zelene infrastrukture se istaknula kao pristup koji bi mogao pružiti potrebnu zaštitu dok istodobno može pružiti brojne druge ekološke, socijalne i ekonomske koristi. Mjere zelene infrastrukture za uređenje bujičnih slivova uključuju sljedeće: pošumljavanje i održavanje šumskog pokrivača u zoni prikupljanja, bujične pregrade (Slika 1), drenažne fašine, stabilizacijsko-retencijske konturne strukture, pokosi jaruga ojačani ozelenjivanjem. Uređenje sliva je od iznimne važnosti za smanjenje rizika od bujičnih poplava jer vegetacijski pokrov utječe na površinsko otjecanje mijenjajući hrapavost površine i stabilnost tla. Šumsko-drvenasta vegetacija sustavom korijenja učvršćuje tlo na padinama i smanjuje bujično površinsko otjecanje [12]. Također je bitna stabilizacija korita u planinskim područjima kao i radovi za smanjenje pronosa nanosa, granja i drveća koji mogu biti nošeni bujicama. Kada se izvode strukturni zahvati u koritu, koncept zelene infrastrukture pretpostavlja korištenje lokalnih materijala poput kamena i drveta kada god oni mogu dostatno osigurati funkcije smanjenja brzine toka, smanjenja erozije i pronosa nanosa te stabiliziranja tla i padina [13].



*Slika 1* Sustav bujičnih barijera na bujici Suhelj u Kranjskoj Gori [14]

*Figure 1* System of torrent barriers on the Suhelj torrent on Kranjska Gora [14]

Negrađevinske mjere se smatraju ključnima u upravljanju bujičnim poplavama. Među najbitnijima je aktivnost lokalnih vlasti u

upozoravanju i odgovoru na poplave, s glavnim ciljem ograničavanja opasnosti za ljudske živote. Upozorenja na bujične poplave generiraju se na međunarodnoj, nacionalnoj (i međunarodnoj) i lokalnoj razini, te su dodijeljena meteorološkim i hidrološkim službama. U Hrvatskoj DHMZ (Državni hidrometeorološki zavod) koristi prognostički sustav za prognozu bujičnih poplava (Flash Flood Guidance System - FFGS) razvijen je u Hidrološkom istraživačkom centru u San Diegu (HRC). Cilj sustava je poboljšanje mogućnosti ranog upozoravanja na bujične poplave. Pripremaju se upozorenja na pojavu bujičnih poplava do šest sati unaprijed, za slivna područja veličine 25 do 200 km<sup>2</sup> [15]. Jedna od važnih mjera za smanjenje poplavnih rizika je prostorno planiranje, kojim se razvoj područja, izgradnja naselja i industrijskih zona usmjerava, ako je moguće, u područja manjih vjerojatnosti za poplave. Ublažavanje materijalnih šteta vlasnicima može biti zaštita vrijednosti imovine policama osiguranja od poplava.

Smanjenje rizika od bujičnih poplava treba biti sastavni dio upravljanja rizicima od poplava. Također, potrebno je upravljati rizicima sagledavajući cijeli sliv i integralno upravljati njime, a ne lokalno primjenjivati mjere.

### 3. BUJIČNE POPLAVE U HRVATSKOJ 3. FLASH FLOODS IN CROATIA

Aktualnost problematike pojave klimatskih ekstrema i pojave bujičnih poplava može se vidjeti kroz događaj pojave bujične (i urbane) poplave u gradu Rijeci u trenutku pisanja ovog članka. U gradu Rijeci je na dan 28. rujna 2022. palo 296 mm oborine u 24 sata, dok je rujanski prosjek za kišnu Rijeku oko 170 mm. Kumulativna količina oborine za rujna 2022. je 590 mm što je najveća zabilježena vrijednost u povijesti. Bujice su tekle niz ulice, a promet se odvijao otežano. Voda je izbacila poklopce brojnih okana, poplavljene su zgrade te je nažalost izgubljen i jedan ljudski život.



*Slika 2 Poplavljene ulice grada Rijeke [16]*

*Figure 2 The flooded streets of the city of Rijeka [16]*

Bujične poplave česta su pojava i na Jadranskom vodnom području, a jedan takav primjer su bujice koje su se dogodile u Kaštelima 30. svibnja 2022. godine. Usljed kiše velikog intenziteta poplavljenije su ceste, brojni objekti, a bujične vode su nosile erodirani materijal. U nekoliko sati palo je više od 100 mm kiša.



*Slika 3 Poplavljenje ulice grada Kaštela [17]*

*Figure 3 The flooded streets of the city of Kaštela [17]*



Nadalje, primjer bujičnih poplava u gradu Zadru u rujnu 2017. godine prikazuje razmjer šteta koje mogu nastati od bujičnih poplava. U noći s nedjelje (10.09.2017.) na ponedjeljak (11.09.2017.) je, prema podacima s meteorološke postaje Puntamika, palo 285 mm kiše. Ciklonalni poremećaj koji se formirao iznad Tirenskog mora te polako premještao iznad Jadrana popraćen izraženim južnim strujanjem vlažnog zraka uz hrvatsku obalu rezultirao je količinama oborine nezabilježenim u posljednjih 30 godinama u zadarskom prostoru [21].



*Slika 4 Poplavljena garaža i park – grad Zadar [21]*

*Figure 4 The flooded garage and the park - city of Zadar [21]*



Na vodnom područje rijeke Dunav na slivovima savskih pritoka sustavi zaštite obrane od poplava su nedovršeni ili ih uopće nema. Posebno su ugrožena zagorska naselja oko Krapine okružena bujičnim pritocima, naselja u hrvatskom Pounju i naselja Požeške kotline. Grad Zagreb je od medvedničkih bujica zaštićen s djelomično izgrađenim sustavom od 19 brdskih retencija koje štite od velikih voda 20-50 godišnjeg povratnog perioda. Od bujičnih brdskih voda nedovoljno su zaštićeni i drugi gradovi i naselja na slivovima Save i Kupe, među kojima se posebno ističe Ogulin[6].

Na slivovima Drave i Dunava mnoštvo je neuređenih bujica koje ugrožavaju naselja i poljoprivredne površine u Međimurju, Podravini i Podunavlju što je potvrđeno brojnim lokalnim poplavama u posljednje vrijeme. Znatan problem zaštite od poplava na Dunavu i donjoj Dravi su pojave ledostaja koje mogu prouzročiti ledene poplave [6].

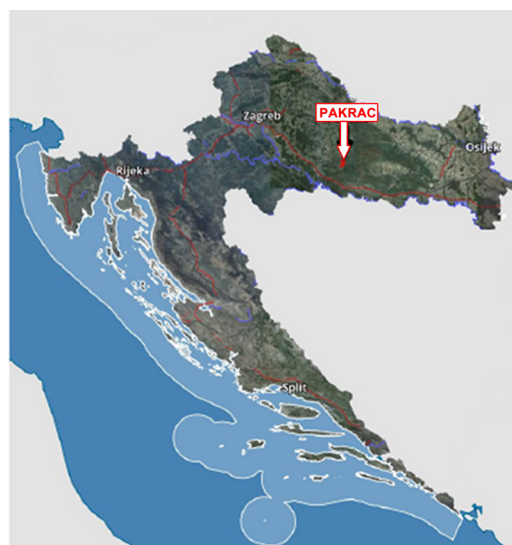
Na zapadnoj obali Istre velike probleme mogu stvoriti i brojne bujice koje ugrožavaju gradove, naselja, prometnice i poljoprivredne površine. Na kvarnerskom području opasnost prijete od zatrpavanja vodotoka klizištima (kanjon Rječine i Vinodolska dolina) koja mogu izazvati poplave većih razmjera. Mnoge bujice ugrožavaju priobalne gradove Kvarnera i Hrvatskog primorja, te naselja i poljoprivredne površine na kvarnerskim otocima. Najvećim dijelom neuređene brdske vode s Velebita ugrožavaju naselja i Jadransku magistralu duž čitavog područja od Senja prema Starigradu i Paklencici. Dalmatinsku obalu od Zrmanje do Prevlake, te dalmatinske otoke također ugrožavaju brojne neuređene bujice, ali i neprimjerena gradnja kojom su presječeni mnogi bujični tokovi [6].

#### 4. IDEJNO RJEŠENJE ZAŠTITE GRADA PAKRACA OD BUJIČNIH POPLAVA

#### 4. CONCEPTUAL DESIGN FOR THE PROTECTION FROM FLASH FLOODS OF THE CITY OF PAKRAC

Grad Pakrac smješten je u zapadnom dijelu Slavonije u Požeško - slavonskoj županiji. (Slika 5 – lijevo). Sredinom svibnja 2014. godine grad Pakrac i okolicu pogodila je velika poplava. S 15. na 16. svibanj u ponoć je zabilježen maksimalni vodostaj od 204 cm koji je bio gotovo za metar viši od do sad najvišeg zabilježenog vodostaja na automatskoj vodomjernoj stanici u Kusionjima [18]. Do tada su sve velike vode koje su se pojavile relativno nesmetano prolazile kroz grad Pakrac i nizvodno. Kroz grad Pakrac vodeni val je uspio proteći s manjim intervencijama, postavljanjem zečjih nasipa na mogućim mjestima izlivanja. Na jednom mjestu voda je odnijela pješački most, a nizvodno prema Lipiku dogodilo se

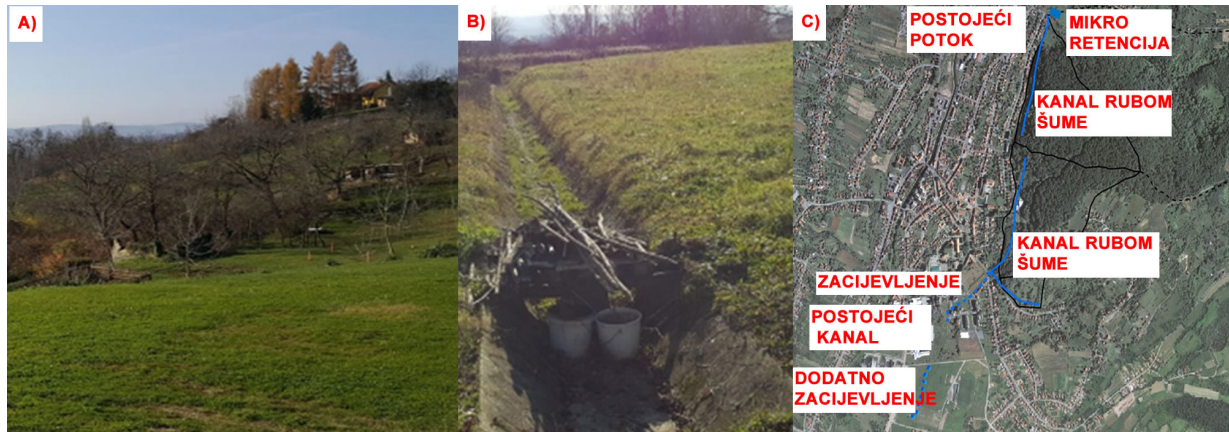
izlivanje vodotoka Pakre na zaobilaznici Pakrac - Lipik gdje se nalazi pregrada. Uzvodno od te pregrade na zaobilaznici nema nasipa, korito je duboko, a teren je visok i do tada se nije dogodilo izlivanje na tom dijelu. Zbog velikog vodostaja došlo je do izlivanja na dužini oko 400 metara Pakre u lijevom zaobalju i to je uzrokovalo plavljenje pet ulica i kuća u tom području. Na desnoj obali dogodila se identična situacija, ali se uzvodno probio nasip i voda je upuštena u Pakru te se spriječilo plavljenje kuća na desnoj obali.



**Slika 5** Geografski položaj grada Pakraca i ugrožene zone –zona A, B, C

**Figure 5** The geographical location of the city of Pakrac and the threatened zones - zone A, B, C

U proteklih deset godina pojava sličnih događaja (kao u svibnju 2014.) je postala sve češća zbog pojave spomenutih klimatskih ekstrema. S ciljem



**Slika 6** A) Konfiguracija terene u zoni A, B) potencijalna lokacija kanala za odvodnju rubom šume, C) idejno rješenje zone A  
**Figure 6** A) Terrain configuration in zone A, B) potential location of the drainage channel at the edge of the forest, C) conceptual solution of zone A

zaštite ugroženih dijelova grada pristupilo se izradi Idejnog rješenja po ugroženim zonama [19]. Na slici 5 – desno označena je lokacija vodotoka Pakre, lokacija h.s. Kusonje i mjesto početka regulacije vodotoka. Također su definirane su zone A, B i C ugroženih dijelova grada.

Prema projektnom zadatku otvoreni dio korita kanala i zacijevljenja potrebno je dimenzionirati na velike vode 100 godišnjeg povratnog perioda. Za određivanje mjerodavnih protoka po zonama podslivova korišten je programski paket HEC-HMS i metoda SCS jediničnog hidrograma [19]. Podaci o intenzitetima oborina definirani su iz ITP krivulja za grad Daruvar [20]. Hidrauličkim proračunom definirane su dimenzije otvorenih korita kanala i zacijevljenja. Proračun potrebnih dimenzija korita dobiven je Manning-ovom jednadžbom, odnosno proračunom normalne dubine za pretpostavljene dimenzije kanala i

mjerodavnog protoka dobivenih hidrološkim proračunom.

Na slici 6 – C prikazano je idejno rješenje odvodnje za zonu A. U zoni A teren je vrlo strm (Slika 6 – A)) te za vrijeme oborina velikog intenziteta dolazi do plavljenja terena, prometnica i okolnih kuća. Da bi se područje zaštitilo od poplava potrebno je izvesti kanal rubom šume i građevinskih parcela (u zoni već postoji potencijalna lokacija kanala rubom šume, Slika 6 – B)).

Zona B nalazi se u blizini poduzetničkog centra gdje je početak regulacije vodotoka Pakra. U ovoj zoni potrebno je riješiti odvodnju oborinske vode pomoću izgradnje kanala uz građevinsku liniju i upuštanje izvršiti ispod ceste prema vodotoku Pakra. U zoni već postoji potencijalna lokacija ispusta oborinske vode u vodotok (Slika



**Slika 7** A) Ulaz u postojeće zacijevljenje, B) Idejno rješenje zone B  
**Figure 7** A) Entrance to the existing culvert, B) Conceptual solution of zone B



*Slika 8 A) Poplavljena cestovna petlja, B) izlivanje vode preko ceste, C) Idejno rješenje zone C*

*Figure 8 A) Flooded road loop, B) water spill over the road, C) Conceptual solution of zone C*

7 – A), a idejno rješenje zone B prikazano je na slici 7 – B.

Zona C je presječena s dvije ceste (za naselja Matkovac i Prekopakru). Na cesti za Matkovac nalazi se benzinska postaja koja redovito plavi iz smjera gradskog groblja te je potrebno riješiti odvodnju oborinskih voda (Slika 8 – A). Južno od ceste za Prekopakru nalazi se cestovna petlja na prometnici Pakrac-Lipik. Potrebno je riješiti odvodnju oborinskih bujičnih voda sjeverno od navedene petlje (Slika 8 – B). Na slici 8 – C prikazano je idejno rješenje zone C.

Realizacijom prikazanog idejnog rješenja grad Pakrac bi se zaštitio od velikih voda 100 godišnjeg povratnog perioda.

## 5. ZAKLJUČAK

### 5. CONCLUSION

Bujične poplave nastaju kao posljedica kratkotrajnih oborina velikog intenziteta, a karakterizira ih iznenadna lokalna poplava koja nastaje u razdoblju od manje od šest sati od jake kiše. Također, mogu biti posljedica puknuća brane ili nasipa ili iznenadnog propuštanja vode u vodotoku zarobljene ledom. Uslijed naglog prirasta vodostaja i protoka mogu se pojaviti velike brzine toka, a snaga vode može imati razornu moć.

Posljednjih godina sve je češća pojava klimatskih ekstrema (kiša velikih intenziteta) koje uzrokuju bujične poplave na lokacijama na kojima ih do

sada nije bilo. Za smanjenje rizika od bujičnih poplava izrazito je važna mjera uređenja sliva jer vegetacijski pokrov pozitivno utječe na površinsko otjecanje i stabilnost tla. Ključne mjere za upravljanje bujičnim poplavama su negrađevinske mjere od kojih su najbitnije aktivnosti na lokalnoj razini, edukacija i stanovništva kao i prognostički modeli temeljem čijih prognoza se generiraju upozorenja.

Hrvatska je uključena u projekt RAINMAN koji treba pridonijeti stvaranju podloga za sveobuhvatnije upravljanje rizicima od bujičnih poplava. U planskom ciklusu 2022.-2027., kroz plan upravljanja vodnim područjem u manjoj su mjeri obuhvaćene bujične poplave. Zaštitne mjere za ovu skupinu poplava planiraju se na lokalnoj razini.

Aktualnost problema vidljiva je kroz recentne događaje, bujične poplave u Pakracu, Rijeci, Kaštelima i Zadru. Primjer rješenja zaštite od bujičnih voda prikazan je na primjeru grada Pakraca. Analizom slivnog područja predložena su rješenja po zonama u vidu kanala, zacijepljenja te mikro retencije. Izvedbom prikazanog idejnog rješenja grad Pakrac bi bio zaštićen od velikih voda 100 godišnjeg povratnog perioda.

Slijedom navedenog, smanjenje rizika od bujičnih poplava treba biti sastavni dio upravljanja rizicima od poplava. Kod donošenja mjera za smanjenje rizika od bujičnih poplava bitno je sagledati cijelo slivno područje koje je ugroženo. Ne postoji univerzalno rješenje za sprječavanje poplava već niz mjera, svaka prilagođena lokalnim uvjetima.



## 6. REFERENCE

### 6. REFERENCES

- [1.] World Meteorological Organization (WMO). Floods; Dostupno na: <https://public.wmo.int/en/resources/world-meteorological-day/previous-world-meteorological-days/climate-and-water/floods> (pristupljeno 27. rujna 2022.)
- [2.] Prilagodba klimatskim promjenama, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. Kako smanjiti rizik od poplava?; Dostupno na: <https://prilagodba-klimi.hr/kako-smanjiti-rizik-od-poplava/> (pristupljeno 30. rujna 2022.)
- [3.] Frisco 1, Međunarodnom suradnjom do manjih poplavnih rizika: O poplavama; Dostupno na: <https://frisco-project.eu/hr/o-projektu-hr/o-poplavama/> (pristupljeno 30. rujna 2022.)
- [4.] Guidance on Flash Flood Management, Recent Experiences from Central and Eastern Europe, Associated Programme on Flood Management, 2007. Dostupno na: [https://www.preventionweb.net/files/2710\\_APFMCEESynthesisweb.pdf](https://www.preventionweb.net/files/2710_APFMCEESynthesisweb.pdf) (pristupljeno 30. rujna 2022.)
- [5.] Nacrt plana upravljanja vodnim područjima 2022.-2027, Hrvatske vode, siječanj 2022. Dostupno na: <https://voda.hr/hr/plan-2022-2027> (pristupljeno 28. rujna 2022.)
- [6.] Prethodna procjena rizika od poplava 2018., Hrvatske vode, srpanj 2019. Dostupno na: <https://voda.hr/hr/prethodna-procjena-rizika-od-poplava-2018> (pristupljeno 28. rujna 2022.)
- [7.] Zakon o vodama, NN 66/19, 84/21; Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019\\_07\\_66\\_1285.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2019_07_66_1285.html) (pristupljeno 28. rujna 2022.)
- [8.] Bonacci, O., Erceg, O.: Hidrološki i ekohidrološki vidovi vodotoka koji presušuju i povremenih vodotoka, Hrvatske vode 27, 237-244., 2019 Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/330181> (pristupljeno 26. rujna 2022.)
- [9.] Varras, G., Tsirogiannis, I., Myriounis, C., Pavlidis, V. : Incorporation of Hydrometric Works in Natural Landscape, Case Study in Aeropotamos Torrent, Greece, Agriculture and Agricultural Science Procedia 4, 261-270, 2015. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.03.030
- [10.] DIREKTIVA VIJEĆA 92/43/EEZ od 21. svibnja 1992. o očuvanju prirodnih staništa i divlje faune; Dostupno na: [florehttps://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A31992L0043](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/?uri=celex%3A31992L0043) (pristupljeno 29. rujna 2022.)
- [11.] Okvirna direktiva o vodama: <https://voda.hr/hr/vodno-zakonodavstvo-eu> (pristupljeno 25. siječnja 2023.)
- [12.] Stefanović, M., Gavrilović, Z., Bajčetić, R.: Lokalna zajednica i problematika bujičnih poplava: priručnik za lokalnu zajednicu i organizacije civilnog društva, OECD, Misija u Srbiji, Beograd, 2014. Dostupno na: <https://www.osce.org/files/f/documents/4/0/148311.pdf> (pristupljeno 28. rujna 2022.) ISBN 987 – 86 – 6383 – 011 – 0
- [13.] CAMARO-D Cluster 2: Land Use and Vegetation Cover along Torrents, Small Rivers and Their Catchments – Erosion, Floods, Surface Runoff, Invasive Plant Species, Water Pollution, u: Transnational Cluster Manual for Practitioners, Interreg, 2018. Dostupno na: <https://www.jcerni.rs/wp-content/uploads/2019/10/camaro-d/220%20Transnational%20landuse%20characteristics%20for%20large%20rivers%20and%20reservoirs.pdf> (pristupljeno 28. rujna 2022.)
- [14.] Beguš, J., Mertelj, J., Škrjanec, S.: Kranjska Gora Pilot Action Region Environmentally-Friendly Construction of the Planica Nordic Centre. Best Practice Examples of Ecosystem-Based Risk Management Implementation in the GR4A Pilot, 2021. Dostupno na: <https://www.intechopen.com/books/10813> (pristupljeno: 4. listopada 2022.) DOI: 10.5772/intechopen.95015 ISBN: 978-1-83969-329-8
- [15.] Državni hidrometeorološki zavod: Development and Implementation of a Regional Flash Flood Guidance System (FFGS) South Eastern Europe Region. Dostupno na: <https://meteo.hr/istravanje>

- php?section=projekti&param=zavrse  
ni\_projekti&el=see\_ffgs (pristupljeno: 4.  
listopad 2022.)
- [16.] Novi list. U samo dva sata na Rijeku se  
srušila gotovo cijela rujanska količina  
kiše; Dostupno na: [https://www.novilist.  
hr/rijeka-regija/rijeka/u-samo-dva-sata-na-  
rijeku-se-srusila-gotovo-cijela-rujanska-  
kolicina-kise-pogledajte-veliki-foto-  
izvjestaj/?meta\\_refresh=true](https://www.novilist.hr/rijeka-regija/rijeka/u-samo-dva-sata-na-rijeku-se-srusila-gotovo-cijela-rujanska-kolicina-kise-pogledajte-veliki-foto-izvjestaj/?meta_refresh=true) (pristupljeno:  
4. listopad 2022.)
- [17.] HRT Vijesti: Bujične poplave u Kaštelima:  
Sve službe i dalje rade na raščišćavanju  
prometnica; Dostupno na: [https://  
vijesti.hrt.hr/hrvatska/velika-kisa-u-  
kastelima-otezala-promet-na-d8-7657878](https://vijesti.hrt.hr/hrvatska/velika-kisa-u-kastelima-otezala-promet-na-d8-7657878)  
(pristupljeno: 4. listopad 2022.)
- [18.] Državno hidrometeorološki zavod;  
Dostupno na: [https://hidro.dhz.hr/  
\(pristupljeno: 2. listopad 2022.\)](https://hidro.dhz.hr/)
- [19.] HidroKonzalt projektiranje d.o.o.: Idejno  
rješenje zaštite grada Pakraca od bujičnih  
voda. Građevinski projekt, travanj 2017.
- [20.] Patrčević, V. : Analiza intenziteta oborina  
za dimenzioniranje objekata odvodnje  
oborinskih voda protoka Grada Daruvara.  
Inženjerstvo okoliša, Vol.2 No.2., 2015.
- [21.] Meteadriatic: Sjećanje na zadarsku  
poplavu 11. rujna 2017. Dostupno na:  
[https://www.meteoadriatic.net/sjecanje-  
na-zadarsku-poplavu-11-rujna-2017/  
\(pristupljeno: 12. listopad 2022.\)](https://www.meteoadriatic.net/sjecanje-na-zadarsku-poplavu-11-rujna-2017/)

## AUTORI · AUTHORS

• **Ivana Lovrić** - Rođena je 1989. godine u Zagrebu gdje završava osnovnu i srednju školu. Po završetku srednje škole upisuje Građevinski fakultet, Sveučilišta u Zagrebu. Dvije godine kasnije upisuje Poslijediplomski doktorski studij građevinarstva također na Sveučilištu u Zagrebu gdje je još uvijek studentica. Radi kao predavač na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Izvodi predavanja i vježbe iz hidrotehničkih predmeta i predmeta vezanih uz zaštitu okoliša. Primarni interes rada i obrazovanja su vezani za područje hidrotehnike. Sudjeluje na stručnim projektima vezanim uz hidrologiju i odvodnju prometnica. Udana je i majka je jednog djeteta.

## Korespondencija · Correspondence

ilovric@tvz.hr

• **Filip Kalinić** - Rođen je 1992. godine u Zagrebu gdje je završio X. gimnaziju „Ivan Supek“. Diplomirao je na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu na usmjerenju hidrotehnika. Nakon završetka fakulteta sudjeluje u projektu izgradnje škole „Little Silverback“ u Ugandi. Po povratku u Hrvatsku se zapošljava u tvrtki IPZ UNIPROJEKT TERRA gdje radi kao projektant idejnih, glavnih i izvedbenih projekata građevina te studija vezanih uz gospodarenje otpadom. Trenutno je doktorand na Građevinskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu te radi kao predavač na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu na kolegijima vezanim uz područja hidrotehnike i zaštite okoliša. Ovlašteni je inženjer građevinarstva i član Hrvatske komore inženjera građevinarstva. Član je hrvatske Mense.

• **Magdalena Novinc** - Rođena je 14.06.2000. godine u Pakracu. Završila je opću gimnaziju u Daruvaru. Stručni studij graditeljstva, smjer okoliš u graditeljstvu završava 2022. na Tehničkom veleučilištu u Zagrebu. Trenutno pohađa specijalistički diplomski stručni studij graditeljstva.