Poplavne ravnice i aluvij

Japarić, Edi

Undergraduate thesis / Završni rad

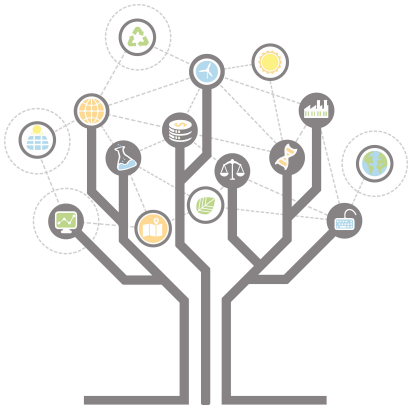
2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:805922

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

EDI JAPARIĆ

POPLAVNE RAVNICE I ALUVIJ

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2020.

Sazivam članove ispitnog povjerenstva

za _____ u _____ sa

Obranu ovog rada kandidat će vršiti i pred

ispitnim povjerenstvom u Varaždinu

Varaždin, _____

Predsjednik
ispitnog povjerenstva:
izv. prof. dr. sc. Igor Petrović

Članovi povjerenstva

1) izv. prof. dr. sc. Hrvoje Meaški
2) Prof. dr. sc. Ranko Biondić
3) Doc. dr. sc. Jelena Loborec

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

POPLAVNE RAVNICE I ALUVIJ

KANDIDAT:
Edi Japarić

MENTOR:
izv.prof.dr.sc. Hrvoje Meaški

VARAŽDIN, 2020.

Sveučilište u Zagrebu
Geotehnički fakultet

ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD

Pristupnik: EDI JAPARIĆ

Matični broj: 2757 - 2016./2017.

NASLOV ZAVRŠNOG RADA:

POPLAVNE RAVNICE I ALUVIJ

Rad treba sadržati: 1. Uvod
2. Poplave
3. Aluvijalna područja
4. Primjeri aluvijalnih poplavnih područja u Hrvatskoj
5. Procjena opasnosti, ranjivosti i rizika
6. Zaključak
7. Popis literature

Pristupnik je dužan predati mentoru jedan uvezen primjerak završnog rada sa sažetkom. Vrijeme izrade završnog rada je od 45 do 90 dana.

Zadatak zadan: 18.05.2020. Rok predaje: 03.09.2020.

Mentor: Predsjednik Odbora za nastavu:

Izv.prof.dr.sc. Hrvoje Meaški

REPUBLIKA HRVATSKA - GEOTEHNIČKI FAKULTET - VARAŽDIN - SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

Izv.prof.dr.sc. Igor Petrović

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom
Poplavne ravnice i aluvij,
rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom izv.prof.dr.sc Hrvoja Meaškog.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 1. 09. 2020.

Edi Japarić

Edi Japarić

(Vlastoručni potpis)

IZJAVA MENTORA O POSTOTKU SLIČNOSTI ZAVRŠNOG RADA S VEĆ OBJAVLJENIM RADOVIMA

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

Poplavne ravnice i aluvij,

pregledan anti-plagijat programskim paketom PlagScan te da postotak sličnosti cjelovitog završnog rada, s već objavljenim radovima, ne prelazi 20%, kao i da pojedinačni postotak sličnosti završnog rada sa svakom literaturnom referencom pojedinačno ne prelazi 5%.

U Varaždinu, 1.09.2020.

Izv.prof.dr.sc. Hrvoje Meaški, mentor

Hrvoje Meaški

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK

Ime i prezime: Edi Japarić

Naslov rada: Poplavne ravnice i aluvij

Poplava je prirodan proces koji ima svoje dobre strane, ali u najčešćim slučajevima lošije strane su zapaženije. Poplave se najčešće pojavljuju nakon obilnih kiša, ali to nije uvijek slučaj. U ovom radu je opisano koje sve vrste poplava postoje, što utječe na njihovo pojavljivanje, koje posljedice i štete zadaju te kako se od njih obraniti. Kroz primjere Lonjskog polja i Kopačkog rita moguće je vidjeti kako se poplave ponašaju u aluvijalnim područjima. Detaljno je objašnjeno kakva su to aluvijalna područja, kako nastaju te kada su nastala.

KLJUČNE RIJEČI:
Poplava, aluvij, rijeka

ABSTRACT

Name and surname: Edi Japarić

Title: Floodplains and Alluvium

Flood is a natural process which has positive sides, but mostly its negative sides are more noticeable. Floods typically occur after a heavy rain, but it's not always the case. The paper describes what types of floods there are, what affects their occurrence, the consequences and damage they inflict and how to prevent them. The examples of floods in the areas of the Sava and Drava River show their behaviour in alluvial areas as well as the way and time of their appearance.

KEYWORDS:
Flood, alluvium, river

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. POPLAVE 3
   2.1. POPLAVNA PODRUČJA 3
   2.2. VRSTE POPLAVA 4
   2.3. UZROCI POPLAVA 9
   2.4. UTJECAJI NA POJAVU POPLAVE 15
   2.5. ŠTETE UZROKOVANE POPLAVAMA 20
   2.6. UČINCI POPLAVA 21
   2.7. OBRANA I ZAŠTITA OD POPLAVA 23
3. ALUVIJALNA PODRUČJA 25
   3.1. ALUVIJ 25
   3.2. ALUVIJALNA RAVNICA 26
   3.3. ALUVIJALNA LEPEZA 27
4. PRIMJERI ALUVIJALNIH POPLAVNIH PODRUČJA U HRVATSKOJ 29
   4.1. PODRUČJA UZ RIJEKU SAVU 29
   4.1.1 Lonjsko polje 30
   4.1.2 Sunjsko polje 32
   4.1.3 Odransko polje 34
   4.1.4 Turopoljski lug 35
   4.2. PODRUČJA UZ RIJEKU DRAVU 36
   4.2.1 Kopački rit 36
5. PROCJENE OPASNOSTI, RANJIVOSTI I RIZIKA 39
   5.1. PREDVIĐANJE POPLAVA 39
   5.2. RIZIK OD POPLAVA 45
   5.3. SMANJENJE OPASNOSTI OD POPLAVA 47
6. ZAKLJUČAK 51
7. POPIS LITERATURE 53

POPIS SLIKA 57

POPISI TABLICA 58

1. UVOD

Poplave su u najčešćim slučajevima prirodan proces. Prirodan proces koji ima svoje pozitivne i negativne strane. Poplave su pozitivne zbog toga što donose nove sitnozrne čestice, tj. čestice koje stvaraju plodno tlo. Nekontrolirane poplave su izrazito negativan proces jer odnose sve – i živote i imovinu. Ako poplave zahvate ruralna područja, uništavaju usjeve što dovodi do nestašice hrane. Za vrijeme poplava obustavljene su ili jako otežani i mnogi gosopodarski i poslovni procesi. Ljudi napuštaju svoje domove zbog narušenih uvjeta života koji nisu prikladni za održavanje normalnog nastavka života obitelji.

Postoje raznorazne vrste poplava, kao i uzroci njenog pojavljivanja, ali najčešće su poplave posljedica obilnih kiša. Nemoguće ih je zaustaviti, ali ih je u današnje vrijeme moguće sve bolje predvidjeti. S obzirom da su posljedice i štete koje nastaju uslijed poplava često neprocjenjive, pokušava se na različite načine oformiti obrana od poplava.

Zadatak ovog završnog rada je objasniti što je to aluviji, kakva su to aluvijalna područja te povezati pojave poplava i aluvijalna područja. Primjerima, iz područja rijeke Save i područja rijeke Drave najbolje se vidi kako poplave djeluju u nizinama, odnosno u aluvijalnim područjima.

U radu su prikazane i određene razlike aluvijalnih područja i poplava, što je najbolje vidljivo iz toga što primjerice uz rijeku Savu ima mnogo više primjera poplavnih područja za objasniti (Lonjsko polje, Odransko polje, Sunjsko polje, Turopoljski lug…), dok je uz područje rijeke Drave aktualno samo jedno, ali ujedno i najveće močvarno područje u Europi – Kopački rit (i to najveće).

Kako bi se štete pokušale svesti na minimum, u radu su prikazane tri moguće metode za predviđanje poplava: statistička, kartiranje i monitoring oluja. Statistička metoda zasniva se na izračunu povratnog perioda (R) preko Weibullove jednadžbe (Nelson, 2015), nakon dugogodišnjih mjerenja. Metoda izrada karata, odnosno kartiranje zasniva se na područjima koja su osjetljivija na pojavu poplave, tj. koja su po povijesnim podacima često znale biti poplavljivane.

I posljednja, monitoring oluja, ili jednostavnije praćenje mogućnosti velikih olujnih padalina kako bi se stanovništvo pravodobno obavijestilo da se pripreme za moguću bujičnu poplavu.

2. POPLAVE

Poplave su najčešće prirodan proces, pozitivan zato jer donose nove čestice, odnosno sitnozrne sedimente koje stvaraju plodno tlo. Pošto su poplave u većini slučajeva prirodnog podrijetla, također je moguće pojavljivanje poplava pod utjecajem antropogenog djelovanja, odnosno jednostavnije pod utjecajem djelovanja čovjeka (deforestacijom, urbanizacijom…). (Konrad, 2016; Gentry & Lopez-Parodi, 1980)

Glavne osobine donjih tokova rijeka su poplavljivanje i erozija. U vlažnijim dijelovima godine (proljeće i jesen), kada dođe do jakih kiša i kada počne otapanje snijega i leda u planinskim područjima, raste vodostaj rijeka. To je posebno izraženo kada tlo i podzemlje budu natopljeni vodom do te mjere da ne mogu više primiti dodatnu vodu. Tada se sav višak vode slijeva u korita rijeka koja se nakon nekog vremena napune te se suvišna voda izlijeva u niža područje.

Plavljenje može imati veliki utjecaj na društvo, odnosno na veliki broj ljudi i različite ljudske aktivnosti u urbaniziranim i gospodarski značajnim područjima. To se prvenstveno odnosi na katastrofalne velike poplave koje ugrožavaju ljudske živote i imovinu.

Poplave uzrokuju direktne ili indirektne štete u poljoprivredi, prometu, energetici, industriji, šumarstvu, na infrastrukturama, objektima, također su veliki rizik za onečišćenje okoliša, uključujući zdravlje i život ljudi. Indirektne štete nakon poplave odnosno sekundarne štete, sa značajnijim i dugotrajnijim posljedicama je teško procijeniti (Frisco1, 2020). Tako su naprimjer poznati negativni direktni, odnosno primarni utjecaji na gospodarstvo, turizam i prahrambenu industriju, kao i negativan utjecaj na psihu ljudi, kojeg je poplava uzrokovala (Frisco1, 2020).

2.1. POPLAVNA PODRUČJA

Poplavna područja su niža područja koja redovite plave. Najčešće su to uski prostori uz rijeke, ali mogu biti i znatno veća poplavna područja čija je površina u

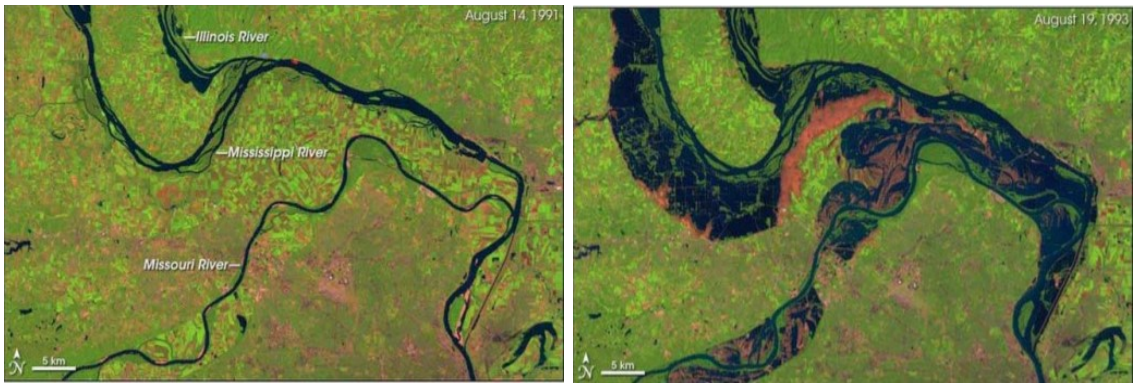
tisućama i tisućama hektara, kao što su npr. Kopački rit uz rijeku Dravu i Dunav te Lonjsko polje uz rijeku Savu. Danas se u svijetu tako veliki poplavni prostori dodatno smanjuju uslijed antropogenih aktivnosti kako bi stvorili prometnice, naselja i oranice. To stvar druge probleme, ako što su npr. brza evakuacija visokih voda u niže dijelove riječnih tokova, odnosno mnogo češća poplavljivanja tih nizvodnijih područja.

2.2. VRSTE POPLAVA

Poplava doline rijeke

Poplava doline rijeke javlja se u srednjem ili donjem dijelu toka rijeke, nakon dugih i intenzivnih kiša kada dolazi do postepenog porasta razine rijeke. Ovaj tip poplave je čest u Aziji i u SAD-u. Rijeka Mississippi je primjer poplave tog tipa.

Katastrofalne poplava poznata kao Great Flood dogodila se 1993. godine (Slika 1), koja je trajala od travnja do listopada. Iznad prosječne kiše i ispod prosječne temperature počele su u ljeto 1992. godine. Ovi su se vlažni vremenski uvjeti oštro suprotstavili sa sušama i toplinskim valovima, tako je s vremenom došlo do prekomjerne saturacije tla i voda se prelijevala u rijeke i potoke, što je na kraju sve rezultiralo vrlo velikom poplavom (Larson, 1996). Ova poplava je zadala ogromne štete, novčano gledano oko 15 milijardi dolara, a poplavljeno je bilo oko 830 000 km^2 (Larson, 1996).

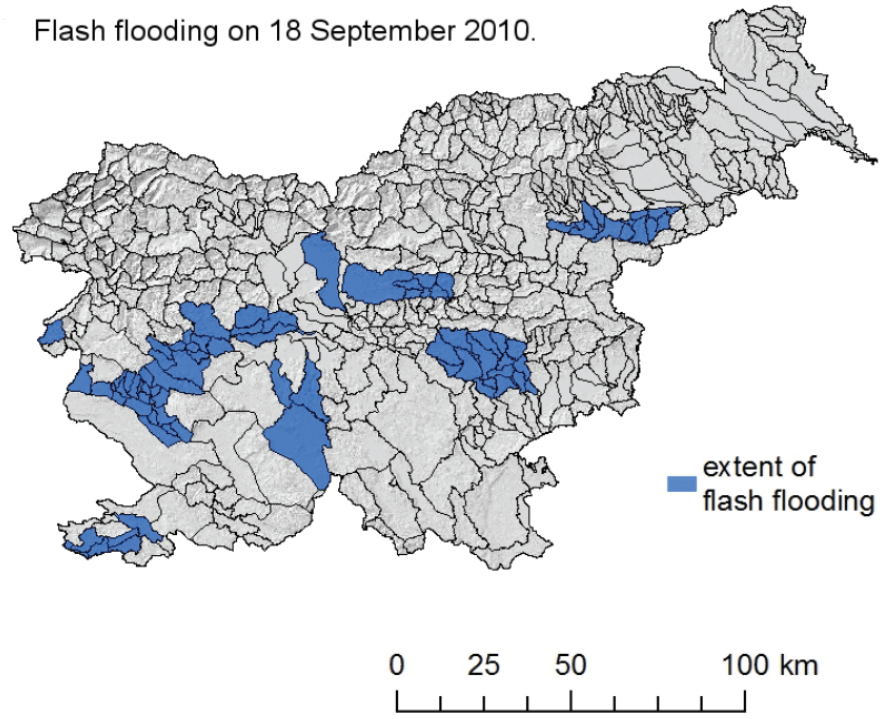


Slika 1. Poplava doline rijeke Mississippi
(preuzeto sa: www.earthobservatory.nasa.gov, 27.8.2020.)

Bujična poplava

Bujične poplave su česte u višim dijelovima toka, a javljaju se nakon kratkih i intenzivnih kiša. Kod uskih dolina dolazi do naglog povećanja razine vode i stvara takozvani flashflood (National Weather Service, 2017). Ovaj tip poplave se vrlo teško predviđa, a karakterizira ga velika razorna moć (pokreće šljunak, klizišta…) te je naročito opasan za naseljena područja.

Najčešće ovakva vrsta poplave pogađa nama susjednu Sloveniju tijekom ljetnih oluja i jesenskih kiša. Pojavljuje se u planinskim područjima, brdima i brežuljcima te na bujičnim vodotocima, zbog pojačanog transporta naplavina i sedimenata, dovodi do erozije korita, a može dovesti i do proboja i formiranja velikih poplavnih valova. U Sloveniji je približno 237.000 HA zemljišta što je 12% ukupnog slovenskog teritorija, a od toga je jedna trećina, odnosno 27.000 km2 , vodotoka bujičnog karaktera (Slika 2) (Frisco1, 2020).



Slika 2. Prikaz područja bujičnog karaktera u Sloveniji
(preuzeto sa: https://www.total-slovenia-news.com/images/flash_floods_slovenia_2010.png, 2019., 27.8.2020.)

Poplave krških polja

Poplave krških polja nastaju zbog viška vode iznad kapaciteta krških sustava podzemnih voda. Ova vrsta poplave nastupa vrlo redovito, češće u ljetnim intervalima, i polako. Voda stoji nekoliko dana ili tjedana te se nakon toga polako infiltrira s površine kroz krški podzemni sustav.

Krševite planine oko krških polja apsorbiraju velike količine oborina koje se zatim kroz propusnu stijenu cijede u podzemlje pa tako sve dok ne naiđu na neku nepropusnu stijenu gdje voda ponovno izbija na površinu. Obično izbija na jednom kraju polja u obliku jednog ili više raštrkanih izvora. Iz njih često teku rijeke, jer taloženjem lapora i gline nastaje vodonepropusna podloga pa se tako voda održava na površini. (Slika 3)



Slika 3. Poplava krških polja - Stajničko polje kod Ogulina
(preuzeto sa: www.prirodahrvatske.com; Šafarek, 2018, 27.8.2020.)

Poplave mora

Poplave mora nastaju u kombinacijama izrazito visoke plime pa niskim zračnim tlakom i vjetrom u smjeru kopna. Ovakve poplave su uglavnom izazvane prirodnim putem, no ljudski utjecaj na obalni okoliš može dakako doprinijeti nastankom ovakve vrste poplava (Slika 4). Uzroci ovakvih poplava su oluje, u gorim slučajevima uragani i tropske ciklone, koje mogu uzrokovati visoke štete i

žrtve. Isto tako do poplave ovoga tipa može doći kao rezultat zemljotresa, klizišta ili erupcija što uzrokuje stvaranja tsunamija.

Ovakve poplave se sprječavaju projektiranjem i izgradnjom obalnih konstrukcija tj. nasipa i obalnih zidova koji se grade duž obala naseljenih područja. Također, pa druge strane postoje različite prirodne obrane, tj. močvarna područja i šume mangrova koje daju značaju zaštitu od poplava zahvaljujući sposobnosti da rasipaju valnu energiju.



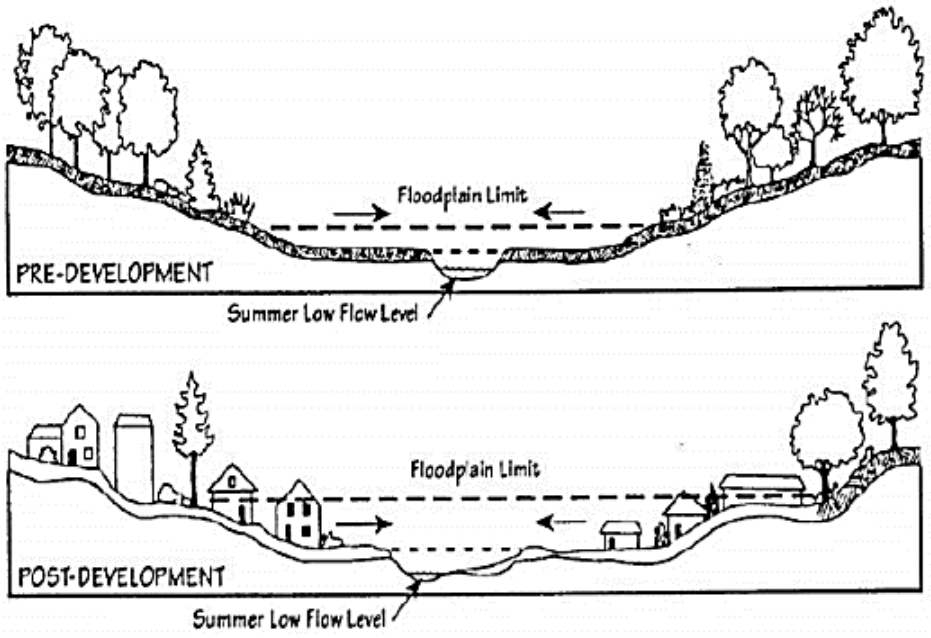
Slika 4. Poplava mora u Dubrovniku 2019. godine
(preuzeto sa: https://direktno.hr/upload/publish/172925/more-direktno_5dcbd5600e6d1.jpeg, 27.8.2020.)

Urbane poplave

Urbane poplave podrazumijevaju sve poplave izazvane nekim oblikom ljudskog djelovanja na nekom određenom području. Ovakav tip poplave se najčešće javlja kod vrlo kratkih i intenzivnih oborina, odnosno kada oborinska voda pa krovova i asfaltnih površina velikom brzinom premašuje drenažni kapacitet kanalizacijskog sustava određene sredine. Mogu biti pluvijalnog ili fluvijalnog porijekla (Holjević, 2016).

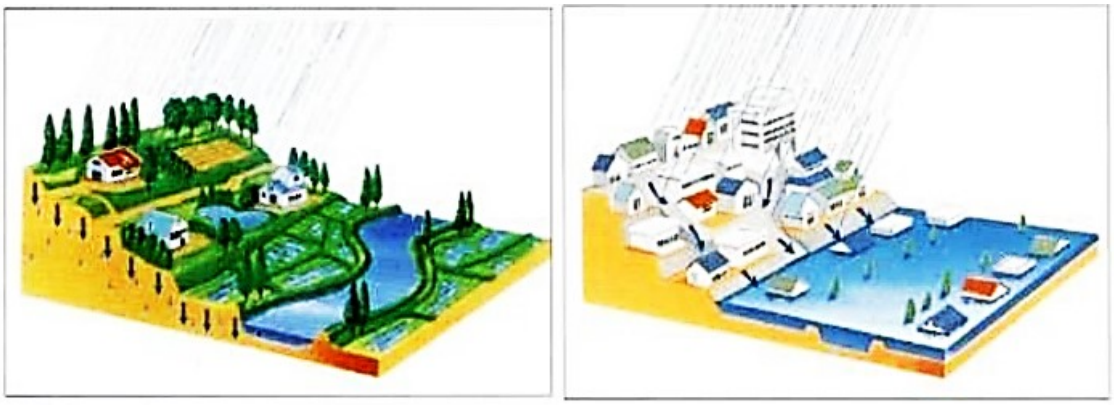
Kada je riječ o fluvijalnom, najčešće su posljedica povećanih dotoka iz šireg slivnog područja, što zbog povećanja vodostaja i izlijevanja vode van korita može izazvati vrlo velike štete na objektima, imovini ljudi i potencijalno ugroziti ljudske

živote. Također u tom slučaju, uzroke treba potražiti u nekontroliranoj urbanizaciji kojom se zauzima prostor prirodnih vodnih tokova, sužuju se inundacijska područja te regulacijskim radovima povećavaju brzine tečenja. (Slika 5)



Slika 5. Fluvijalno podrijetlo poplava (Gupta, 2011)

U drugom slučaju, odnosno kada je riječ o pluvijalnom porijeklu glavni uzrok leži u ekstremnim kišnim oborinama, kada u relativno kratkom vremenu padnu izuzetno velike količine kiše – u hrvatskoj su zabilježeni i kišni događaji od 200 litara kiše u manje od 24 sata u obalnom i priobalnom dijelu Hrvatske i nešto manje količine u kontinentalnom dijelu (Holjević, 2016). U takvim trenutcima nijedan postojeći sustav oborinske odvodnje nije u mogućnosti prihvatiti količine vode koje se pojavljuju kao podzemnom ili nadzemno tečenje. Primjer (Slika 6) sličice lijevo prikazuje da se većina olujne vode infiltrira u zemlju ili se zadržava na površini tla. Rezultat tome je smanjivanje nizvodnog otjecanja. Dok sličica desno prikazuje da beton, asfalt, gubitak šume, vegetacija povećavaju nizvodno otjecanje i tako pogoršavaju štete od poplava u nižim područjima.



Slika 6. Pluvijalno podrijetlo poplava (slika lijevo – prije urbanizacije područja; slika desno – nakon urbanizacije područja

(preuzeto sa: www.adrc.asia, Rivers in Japan 1998., 20.8.2020.)

2.3. UZROCI POPLAVA

Poplave su prisutne širom svijeta i to iz različitih razloga – ali zbog čega se točno događaju poplave? Uzroci poplava se kreću od ljudskih djelovanja, loših infrastruktura do prirodnih razloga.

Jake kiše

Najjednostavnije objašnjenje zašto dolazi do pojave poplave je naravno – obilne kiše (Slika 7). Bez obzira gdje živite, okruženi ste infrastrukturom i sustavima koji su dizajnirani za premještanje kišnice u odgovarajuće bazene i rezervoare.



Slika 7. Poplave nakon jakih kiša u Japanu 2018.

(preuzeto sa: https://m.vecernji.hr/media/img/3f/91/11817e1eb76b0908833f.jpeg, 27.8.2020.)

Međutim, kada kiša pada, takvi sustavi se mogu preplaviti što dovodi do toga da se voda ne isušuje ni približno onoliko brzo koliko bi trebala. Ovo se dešava samo ako su jake i obilne kiše trajala duže vrijeme.

Preplavljivanje rijeka

Nije nužno da se samo uz jaku kišu pojavi poplava. Primjerice, stanovništvo koje živi uzvodno na riječnom području te proživljava obilne kiše, što bi moglo dovesti do ozbiljnog prelijevanja u područja nizvodno nastanjena. Većina većih rijeka grade brane koje pomažu u upravljanju velikim količinama oborina, dok većinom riječnih sustava upravljaju vladine vlasti. Međutim, ponekad te vlasti moraju donositi teške odluke o tome kako graditi brane koje često mogu upravljati vodom i u potpunosti spriječiti poplavu, ali ne uvijek. (Slika 8)



Slika 8. Preplavljivanje Crvene rijeke u Minnesoti 2009.
(preuzeto sa: https://stmedia.startribune.com/images/ows_158156491324299.jpg, 27.8.2020.)

Rušenje brane

Veliki dio infrastrukture građen je 20. stoljeću, tako da već postaje star. U trenutku kada dođu obilne kiše, a vodostaj poraste, može dovesti do pucanja brane te sva voda prolazi u naseljena ili nenaseljena područja (B-Air, 2018). Većina tih infrastruktura, točnije brana, radi dobro svoj posao, ali uvijek postoji mogućnost

da dođe do rušenja brane i da zada velike štete u područjima u kojima se voda izlije. (Slika 9)



Slika 9. Poplava nakon urušavanja brane u istočnom Idahou 1976. godine
(preuzeto sa: Teton Dam – Wikipedia, 27.8.2020.)

U Hrvatskoj je bila poplava vrlo sličnog uzroka, doduše nije riječ o brani već o urušavanju nasipa. Riječ o Gunji 2014. godine. Rijeka Sava je u tom istočnom području dostigla rekordnu razinu i probila nasip kod Rajevog Sela i Račinovaca (Slika 10). Iz područja Gunje, Rajevog Sela, Račinovaca i ostalih okolnih područja evakuirano je nekoliko tisuća stanovnika, koje su bili smješteni Županji, Cerni, Gradištu, Privlaci itd.



**strelice pokazuju mjesta puknuća nasipa.*

Slika 10. Karta poplavljenih područja tijekom velike poplave 2014. godine
(autor: Sokac121, 25.5.2014., Wikipedia)

Uzrok poplave je to što je vrijeme u središnjem tjednu obilježilo višednevni utjecaj ciklone Donat. Meteorološka zbivanja započela su s dolaskom hladne fronte u noći od nedjelje 11. na ponedjeljak 12. svibnja. Ta je fronta bila vezana uz duboku ciklonu nad Sjevernim morem, koja je donijela osjetno hladniji zrak. Sjeverozapadne je krajeve unutrašnjosti zahvatila u večernjim satima nedjelje 12. svibnja, a potom se brzo premjestila prema istoku i jugu Hrvatske. Nad sjevernom se Italijom formirala sekundarna ciklona Donat, koja se u noći s utorka 13. na srijedu 14. svibnja preko hrvatskoga Jadrana premjestila nad istok Jugoistočne Europe. U Bosni i Hercegovini, Srbiji, kao i na istoku Hrvatske pale su vrlo velike količine kiše. (Slika 11) (Crometeo - motrenje i prognoziranje vremena, 2014)



Slika 11. Poplava u Gunji 2014. godine
(preuzeto 28.8.2020. sa: https://net.hr/wp-content/uploads/2019/01/pxl_180514_7755322.jpg)

Gradski slivnici za odvodnju

Većina gradova izgrađena je od betona i drugog nepropusnog materijala. Gradski slivnik koji je napravljen od betona, nedostatak je to što nema zemlju kako bi odvodnja bila efikasnija. Odvodni bazeni se napune, nema kvalitetne odvodnje i što dovodi do pojave poplave jer se voda počne prelijevati van tog bazena. Velika urbana područja imaju problema s takvom odvodnjom te najčešće stradavaju od velikih poplava. (Slika 12)



Slika 12. Poplava u Hobokenu, New Jersey 2018. godine
(preuzeto sa: https://assets.bwbx.io/images/users/iqjWHBFdfxIU/igBA7Rb1jUgU/v0/-1x-1.jpg, 27.8.2020.)

Olujni udari i tsunamiji

Kiša nije uvijek glavni krivac za sve. Olujni udari povezani s uraganima i drugim olujama mogu dovesti do katastrofalnih poplava, kao i tsunami koji je uzrokovan podvodnim potresom.

S obzirom na modernu tehnologiju, moguće je predvidjeti događaj poput olujnog udara ili tsunamija, ali to nije uvijek slučaj. Primjerice, 2004. godine, potres na obali Indonezije predviđen je netom prije nego što se i dogodio. Bila je nemoguća obrana. (Slika 13) (B-Air, 2018)



Slika 13. Poplava uzrokovana tsunamijem u Indoneziji 2004. godine
(preuzeto sa: Philip A. McDaniel - Wikipedia, 27.8.2020.)

Nedostatak vegetacije

Vegetacija može pomoći u usporavanju otjecanja i sprječavanju poplava. Međutim, kada vegetacija nedostaje, malo je mjesta koja mogu usporiti brzinu otjecanja vode. Također, nedostatak vegetacije nakon suše može uzrokovati poplave. Taj slučaj se ne događa baš često zbog tog što su nakon suše bazeni za odvodnju oborinske vode prazni, ali može se dogoditi u slučajevima jakih kiša nakon dužeg razdoblja suše. (Slika 14)



Slika 14. Poplava izazvana nedostatkom vegetacije
(preuzeto od: SSgt Paul Griffin 1993.,
https://i.pinimg.com/originals/8b/30/17/8b30174d4b48d66f845a396cacc10234.jpg, 27.8.2020.)

Topljenje snijega i leda

Zime popraćene jakim snijegom i drugim oborinskim podražajima može dovesti do poplave. Uostalom, taj snijeg i led mora otići negdje kada se rastopi. Većina planinskih područja iz godine u godinu ima relativno konzistentne količine snježnih oborina, ali neuobičajeno jaka zima u takvim područjima može biti nagovještaj loših vijesti za nizinska područja kada dođe proljeće. Dobro u tome je jedino što je moguće predviđanje takvih poplava, to jest moguća je rana priprema obrane za takvu poplavu. (Slika 15)



Slika 15. Topljenje snijega izazvalo poplavu u američkoj saveznoj državi Nebraska 2019. (preuzeto sa: https://www.vox.com/2019/3/22/18277244/nebraska-flood-2019, 27.8.2020.)

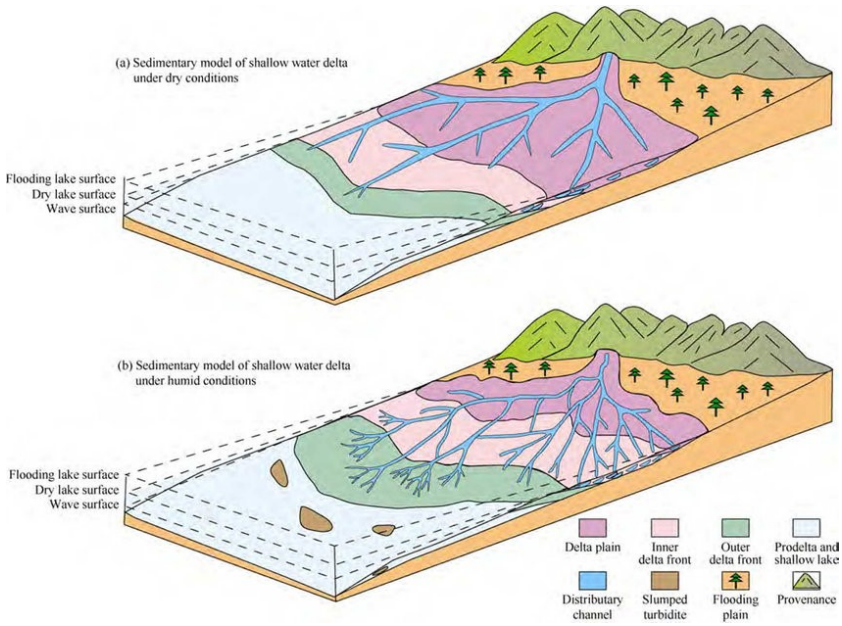
2.4. UTJECAJI NA POJAVU POPLAVE

Razlikujemo dvije moguće vrste utjecaja na pojavu poplave, to su prirodni i antropogeni utjecaji (Frisco1, 2020).

Utjecaj klime na pojavu poplave

Kada se govori o klimi kao utjecaju na pojavu poplave, tu prvotno mislimo o tome kako zbog samih klimatskih promjena dolazi do topljenja ledenjaka, nabujalosti mora i rijeka, tropske ciklone, tsunami, plima i oseka, i ostalo. Veća pojavnost poplave je u aridnim krajevima, pr. nakon iznenadnih kiša u pustinji (Slika 16).

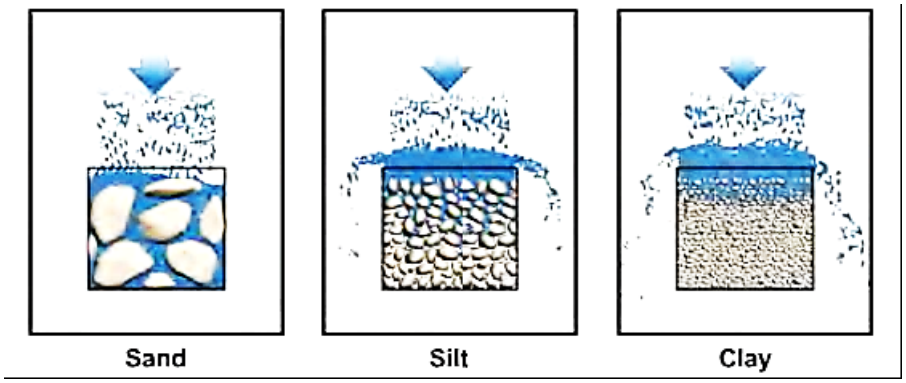
Zbog velikih količina kiša i nepravilnog perioda pojavljivanja padalina, dolazi do plavljenja tla koja imaju manju propusnost. Još jedan od vrlo bitnih utjecaja je što prirodno nema retencijskih bazena (zatvoreni sustav odvodnje), odnosno taložnih bazena u kojoj se sve površinske vode odvode mrežom cijevi u akumulaciju te samim tim nema sustava obrane od poplava.



Slika 16. Riječna delta u suhim i vlažnim uvjetima (Zhu, Zhong, Yuan, & Xian, 2016)

Utjecaj podloge na pojavu poplave

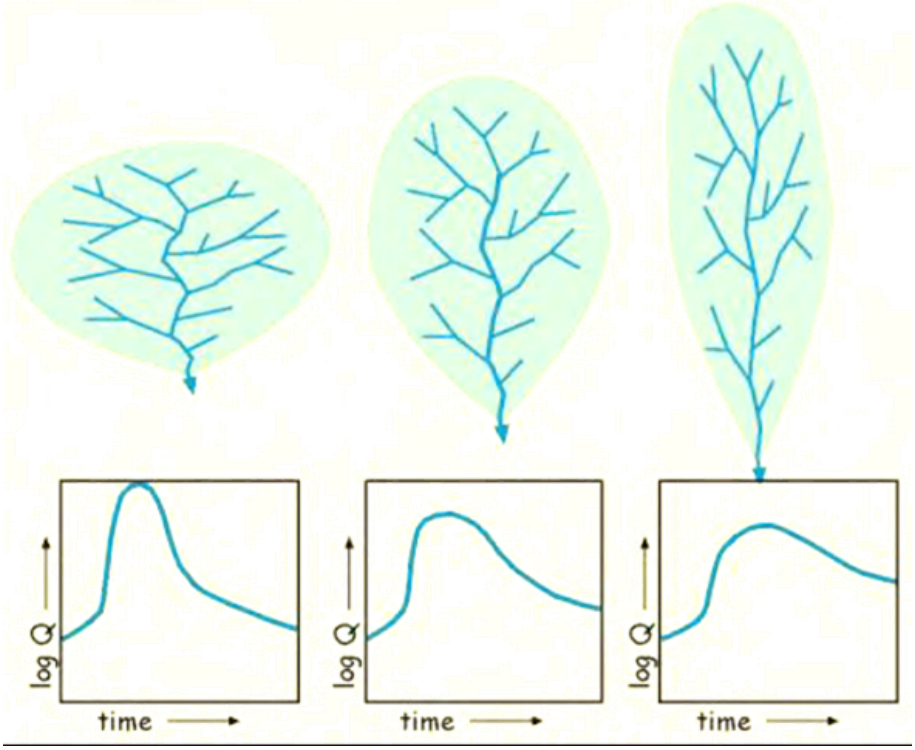
Što je propusnost podloge manja, prije će doći do poplave, što znači da postoji ovisnost propusnosti podloge (Van den Brink, Van der Velde, Bosman, & Coops, 1995). Podloga ima raznih, od glinovitih, pješčenjaka do vapnenaca. Glinovite podloge su prirodno nepropusne. Pješčenjaci zbog različite veličine zrna, imaju različitu propusnost. Krupnija zrna imaju veću propusnost, sitnija zrna manju, dok je vapnenac prirodno propustan. Ulogu igra i sastav tla, odnosno veličina i pakiranje čestica. (Slika 17)



Slika 17. Utjecaji vode na različite vrste podloga (McClain, Victoria, & Richey, 2001)

Utjecaj geometrije sliva na pojavu poplave

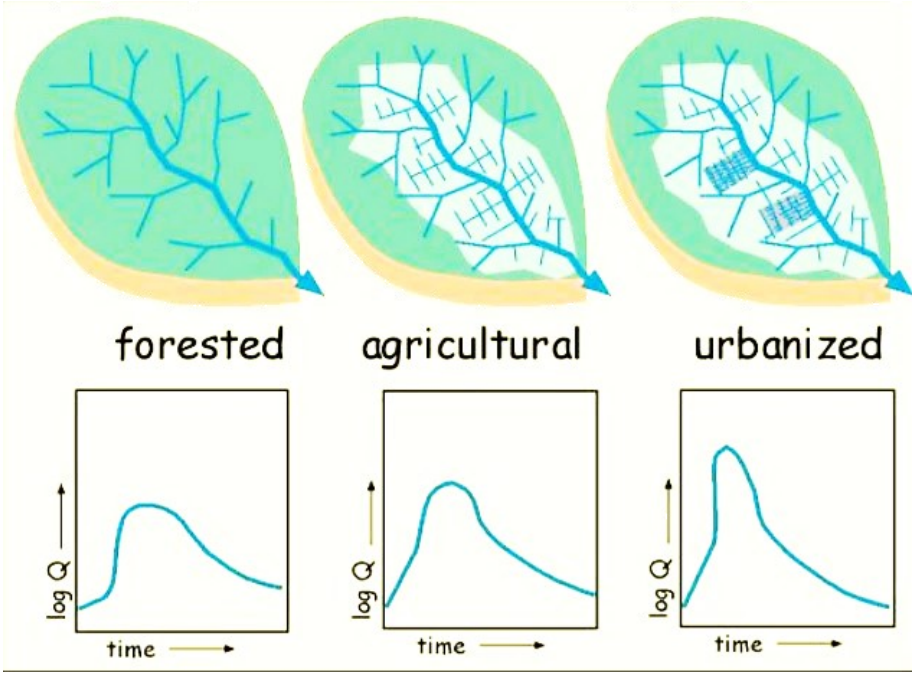
Do poplave će brže doći ukoliko je manja udaljenost od izvora do ušća rijeke (kružni drenažni sliv) te dulje vrijeme odgode ako je sliv izdužen. (Slika 18)



Slika 18. Geometrija sliva (Elsevier, 2019)

Utjecaj upotrebe zemljišta na pojavu poplave

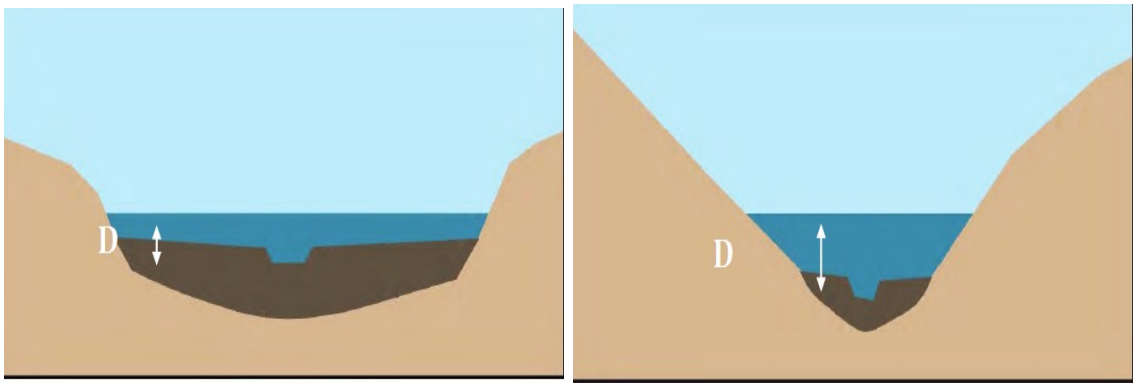
Poplava će se brže pojaviti kod značajno izmijenjenih drenažnih bazena, npr. u urbaniziranim područjima. Zbog čega? U urbaniziranim područjima tlo je začepljeno te je sužena riječna dolina. Masovno se kanaliziraju rijeke i grade obrambeni nasipi, što samo pogoršava problem kada se pojave visoke vode. (Slika 19)



Slika 19. Primjer hidrograma za područja različite upotrebe zemljišta (Elsevier, 2019)

Utjecaj morfologije riječne doline na pojavu poplave

Dva su različita tipa riječne doline, to su široka i uska riječna dolina. Široka riječna dolina utječe na poplavu zbog prirodne retencije, odnosno prirodnog taloženja, također i zbog snižavanja dubine rijeke, pr. Lonjsko polje. Dok uska riječna dolina utječe iz baš suprotnog razloga, a to je povećanje dubine rijeke. (Slika 20)



Slika 20. Morfologija riječne doline (Sutfin & Wohl , 2019)

Antropogeni utjecaji na pojavu poplave

Antropogeni utjecaji na pojavu poplave su utjecaji ljudskog djelovanja.

Utjecaji čovjeka na pojavu poplave u najvećim slučajevima je zbog izgradnje brane te njihovog pucanja. Primjer je pucanja Maplasset brane 1959. u Francuskoj tijekom faze punjenja – direktni propusti u gradnji (Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013). (Slika 21)



Slika 21. Izgled brane Maplasset nakon pucanja
(preuzeto od: The ruins of the dam - Eolefr - Wikipedia, 2018., 27.8.2020.)

Već spomenuto začepljenje tla, sve je to zbog velike urbanizacije, što dovodi do nefunkcionalnog sustava odvodnje. Što je veći stupanj urbanizacije, brže će doći do pojave poplave (Konrad, 2016).

Deforestacija u ruralnim krajevima. Direktno djelovanje čovjeka na pojavu poplave. Deforestacija dovodi do gubitka tla, gubitka mjesta za pohranu. Također dovodi i do erozije tla, točnije do zatrpavanja korita nizvodno. (Gentry & Lopez-Parodi, 1980)

2.5. ŠTETE UZROKOVANE POPLAVAMA

Posljedice poplava mogu biti pogubne. Poplava uništava živote, imanja, infrastrukture, zemlju i dr. Učinak poplave može trajno promijeniti obilježje kopnenih područja. Uzroci i posljedice poplava ne utječu samo na ljude, već i na okoliš. Uništavanja građevina poput mostova i cesta pridonosi ponovnom ulaganju u obnovu istih, što je rezultat ljudske krize. Također, i nuklearne elektrane su pod rizikom. 2011. godine tsunami je pogodio obalu Japanu u kojem je stradala jedna nuklearna elektrana, što je prouzročilo curenje u nuklearnim postrojenjima. Na tom području su zabilježena velika zračenja, a vlasti su se plašile najgoreg. Puno ljudi, uključujući i životinje pogođeno je poplavom. Učinak poplave na nekom području može biti od velike katastrofe jer obnova devastiranog područja može biti skupa. (WNN, 2011)

Štete nastale od poplave su trenutne. Izgubljeni su životi, uništavaju se imanja, a ako su pogođena ruralna područja, dovodi do uništavanja usjeva. Poplava nanosi veliku štetu, remeti ekonomske procese i uzrokuje nestašicu hrane. Područja koja imaju problema s poplavama doći će u situaciju da zbog rizika od poplava moraju snižavati cijene nekretnina.

Utjecaj poplave, posebno u urbanim područjima je ogroman. Razori poplave u gradovima remeti poslovanje, trgovinu i turizam. Uzroci i posljedice poplave imaju dalekosežne posljedice. Postoje doba godine kada se zna da će doći do poplave zbog uragana i tajfuna.

Poplava, također djeluje i na socijalnu cjelinu. Ljudi su primorani napuštati svoje domove, odnosno moraju migrirati jer ne mogu normalno funkcionirati u takvoj sredini.

Gubitak života i imovine, masovna migracije i gospodarske štete

Okoliš može biti izrazito uništen zbog poplave. Poplava je uglavnom prljava voda koja nosi raznorazne bolesti i eventualno kemikalije koje mogu utjecati na

kvalitetu tla u okolišu. Opskrba vodom u nekom području može biti zagađena poplavnom vodom što rezultira bolestima i epidemijama.

Kao i ljudi, životinje također migriraju jer su njihova staništa uništena i nisu funkcionalna za voditi normalan život. Mnogo životinja umire tijekom poplave jer su im staništa uništena. Štetočine i divlje životinje poput zmija mogu migrirati u gusto naseljena područja i uzrokovati velike štete.

Poplave uzrokuje pad vrijednosti imovine na nekom području. U gradovima i stambenim područjima, prvo što ljudi potraže su sigurna područja bez katastrofe, točnije koja nisu u potresnim zonama ili koja nisu sklona poplavama. Postoje područja ili zone koja su osjetljivija na poplave zbog lošeg urbanističkog planiranja ili zbog blizine vodnog tijela. Ljudi su prisiljeni napustiti mjesto ako se na nekom području redovito događaju razorne poplave. Ljudi masovno migriraju u viša ili sigurnija područja.

Najteže posljedice koja poplava zadaje je u gospodarstvu. Za vrijeme poplave, sve se zaustavlja, uključujući i poslovne i ekonomske procese. Poplave uništavaju izvore hrane i transportne rute. Zemlja koja redovito doživljava katastrofe od poplava troši novac na oporavak umjesto na rast i razvoj. Životni troškovi su također poremećeni, a firme neće biti voljne ulagati u područja koja su podložna katastrofama. Zaustavlja se razvoj takvih područja.

2.6. UČINCI POPLAVA

Primarni učinci poplava

Primarni učinci poplava nastaju uslijed direktnog kontakta s poplavnim vodama (Marjanac, 2013):

- Prijenos krupnog detritusa i velike količine suspendiranog materijala. Poplavne vode ne nose samo stijene i sediment, nego i materijal erodiran s poplavljenog područja: srušena stabla, mostove, kuće, otpad…

- Erozija. Poplavne vode mogu potkopati mostove, ceste, nasipe i kuće koje se tada urušavaju ili bivaju odnesene bujicom.
- Kvašenje. Poplave potapaju naselja gdje voda uništava namještaj, zidove, kućanske aparate, vozila, uskladištene zalihe repromaterijala, hrane. Većina poplavljenih sirovina više nije upotrebljiva za prvotnu namjenu.
- Zamuljenje. Poplave usporavaju tečenje vode koja se ujezerava, pri čemu se taloži mulj. Nakon povlačenja vode zaostaju velike količine nanesenog smeća i mulja (najčešće glinenog) koji pokriva sve poplavljene površine i objekte.
- Zagađenje voda. Poplavne vode dovode do zagađenja zdenaca i bunara pa voda neko vrijeme nije pitka. Takvu vodu treba prokuhavati prije bilo kakvog korištenja.
- Uništavanje usjeva. Poplave uništavaju usjeve na obrađenim površinama. Istaloženi sediment može smanjiti urod i u sljedećim sezonama, iako može u nekim područjima i pospješiti urode.
- Stradavanje stoke. Poplave nerijetko izazivaju potapanje stočnih farmi koje najčešće imaju vrlo malo vremena za evakuaciju stoke. Poplave potapaju i zalihe stočne hrane pa hrana nedostaje za evakuirane životinje.
- Utapanje ljudi, stoke, životinja, ozljeđivanje plutajućim predmetima, pothlađivanje preživjelih ljudi.
- Nakupljanje smeća prati sve poplave. Smeće može biti industrijsko, komunalno, ili kućansko.

Sekundarni učinci poplave

Sekundarni učinci poplava nastaju uslijed neizravnog, odnosno indirektnog kontakta s poplavnim vodama (Marjanac, 2013):

- Poremećaj opskrbe vodom, energentima zbog oštećenja vodovoda, naftovoda, plinovoda, oštećenja crpnih postrojenja, elektrana, trafostanica, itd.
- Poremećaj u prometovanju nastaje zbog potopljenih i uništenih prometnica, mostova, stanica, aerodroma, itd.

- Sanitarni i zdravstveni rizici na poplavljenim područjima posljedica su zagađenja vode, izlijevanja fekalija, strvina, naplavljenog toksičnog otpada, tuljenje biljaka, uništavanje robnih zaliha

Tercijarni učinci poplave

Tercijarni učinci poplava su dugoročni učinci, odnosno učinci koji iza sebe ostavljaju dugoročne posljedice (Marjanac, 2013):

- Promjene tokova tekućica nastaju zbog preseljenja rijeka u novo korito i napuštanja starog (Drava kod Legrada promijenila tok nakon poplave 1712. godine).
- Uništavanje obradivog zemljišta zbog taloženja sedimenta ili toksičnog otpada.
- Ekonomski gubitci nastaju zbog prestanka rada poplavljenih industrijskih pogona, prekinutih prometnica, potrebe da se prije nastavka proizvodnje u tvornicama pogoni počiste, strojevi servisiraju, nabavi novi repromaterijal, zaposlenicima osigura dolazak na posao itd. Ekonomski gubitci nastaju i zbog podmirivanja šteta nastalih elementarnom nepogodom.

2.7. OBRANA I ZAŠTITA OD POPLAVA

Obrana i zaštita od poplave može biti redovna, izvanredna i preventivna (Hrvatske vode, 2015). Preventivni način obrane od poplave čine redovno održavanje voda i zaštita vodnih građevina čiji je cilj smanjenje rizika od pojave poplave. Redovni i izvanredni način obrane od poplave uključuju mjere koje je potrebno poduzeti neposredno prije mogućeg pojavljivanja poplave, tijekom opasnosti i netom nakon prestanka istog s ciljem da se štete od poplava svedu na minimum. (Hrvatske vode, 2015)

Potrebna je suradnja svih nadležnih tijela u sustavu zaštite i spašavanje kako bi obrana od poplave bila učinkovitija, uključujući i jedinice regionalne i lokalne samouprave, također Državnu upravu za zaštitu i spašavanje koja je nositelj temeljnih ovlasti na području zaštite od velikih nesreća i katastrofa, koje uključuju i one katastrofe nastale od poplava. (Hrvatske vode, 2015)

S inženjerske strane gledano, što se tiče same obrane i zaštite od poplave, inženjerski radovi obuhvaćaju:

- Izgradnju kanaliziranih korita tako da se poveća njihov poprečni presjek.
- Izgradnju umjetnih nasipa kojima se povisuju prirodni nasipi. Umjetni nasipi imaju predviđene ispuste koji se otvaraju radi smanjenja protoka, odnosno kontroliranog plavljenja radi snižavanja vodostaja.
- Izgradnja brana kojima se stvara akumulacijsko jezero omogućuje da se neposredno pred jake oborine otvore ispusti kako bi se ispraznio dio akumulacija pa da akumulacija može prihvatiti višak vode.
- Izgradnja retencijskih brana radi zadržavanja velikih oborinskih voda i njihovo kontrolirano ispuštanje.
- Izgradnja zaštitnih zidova pruža dodatnu zaštitu u slučaju posebno visokih vodostaja (pr. u Karlovcu), ali potencijalno povisuje poplavni val uzvodno (jer povećava trenje s podlogom i usporava tečenje)
- Izgradnja oteretnih kanala omogućuje odvodnju viška vode u druge rijeke ili pritoke s drukčijim hidrološkim režimom.
- Izgradnja poplavnih bazena omogućuje kontrolirano ispuštanje viška vode, to jest kontrolirano poplavljivanje područja u kojem će štete biti minimalne. U tim područjima nije dopuštena izgradnja, a zemljište se koristi u rekreacijske svrhe.

3. ALUVIJALNA PODRUČJA

3.1. ALUVIJ

Aluvij (lat. Alluvius) je rastresito, nekonsolidirano tlo ili sediment koji je erodiran, preoblikovan vodom u nekom obliku, fluvijalnog su podrijetla. Aluvij se obično sastoji od različitog materijala, uključujući sitne čestice gline i mulja te veće čestice šljunka i pijeska (Slika 22). Kada se ovaj rastresiti aluvijalni materijal taloži u litološku jedinicu, naziva se aluvijalnim depozitom (Geoscience News and Information, 2012).

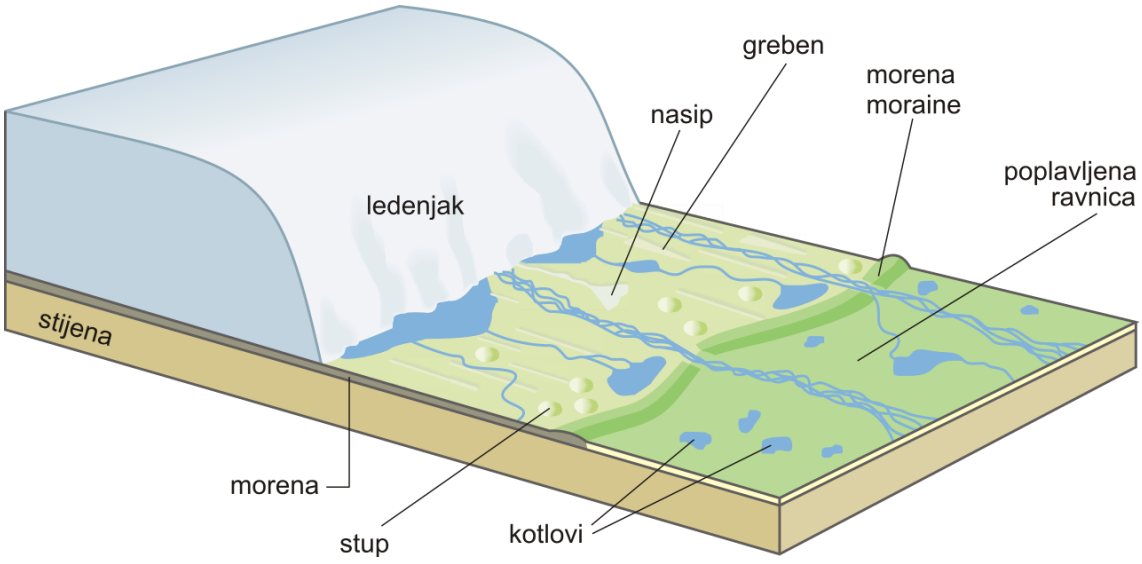
Aluviji se pojavljuju u različitim oblicima (u geomorfološkom smislu), najčešće kao ravan ili lepeza (primjer Panonska nizina). Većina aluvija nastala je, odnosno oblikovana su tijekom geološkog vremena koje se naziva kvartar, prvenstveno holocena (često nazivan aluvijem). Često ih se naziva "pokrovom", zato jer takvi sedimenti zatamnjuju temeljnu podlogu (Geoscience News and Information, 2012).



Slika 22. Primjer aluvija u Big Spring Creeku (Madole, 2008)

3.2. ALUVIJALNA RAVNICA

Aluvijalna ravnica je ravan kopneni oblik nastao taloženjem sedimenata tijekom dugog razdoblja, načinjen od jedne ili više rijeka. Poplave su dio procesa, a poplavna područja su manja područja u koje se rijeke prelijevaju u određenom vremenskom razdoblju. Aluvijalne ravnice su velika područja koja predstavljaju regiju na kojem su se poplavna područja pomicala tokom svog geološkog vremena (Slika 23). Kako dolazi do erozije u gorskom području zbog vremenski prilika i protoka vode, sediment se iz takvih područja prenosi u nizine. Razni pritoci ili potoci će se pobrinuti da voda proteče dalje prema rijekama, jezerima, zaljevima ili oceanima. Sedimenti se talože tijekom poplavnog stanja na nekom poplavnom području, što dovodi do podizanja razine vode na tom području. Podizanjem razine vode na poplavnim područjima također će dovesti do tog da se smanji kapacitet poplavne vode kanala gdje će potok ili pritok tražiti nove puteve u niže krajeve tvoreći meandre. Ostali viši lokaliteti, obično prirodni nasipi na marginama poplavnog kanala će i sami biti erodirani od strane bočnog toka i lokalnih kiša. Ovi procesi će tijekom određenog geološkog vremena formirati ravnicu, područje s malim reljefom uz stalni, ali mali nagib.

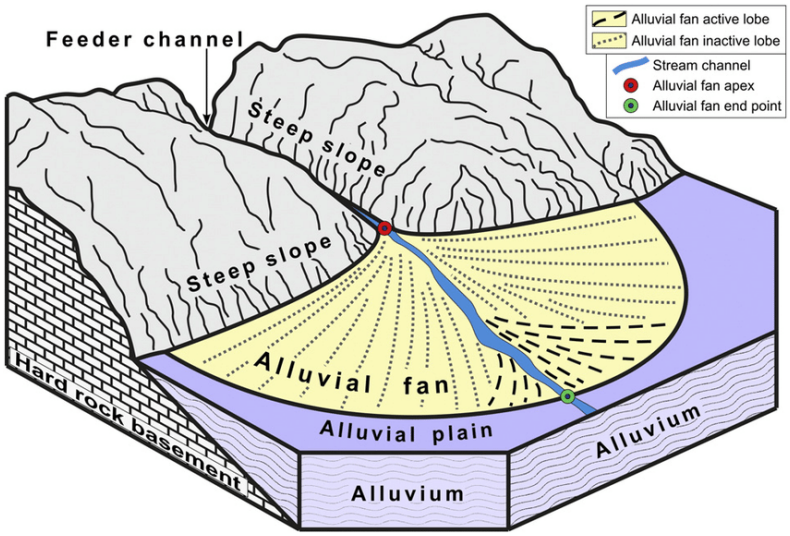


Slika 23. Aluvijalna ravnica

(preuzeto sa: Aluvijalna dolina – Hans Hillewaert - Wikipedia, 2011. , 28.8.2020.)

3.3. ALUVIJALNA LEPEZA

Aluvijalna lepeza je nakupina sedimenata u obliku presjeka plitkog konusa s vrhom prema točki izvora sedimenta, poput uskog kanjona koji izvire iz nasipa (Slika 24). Karakteristični su za planinski teren u suhom do polusuhom podneblju, ali se nalaze i u vlažnijim sredinama koje su podložne intenzivnim oborinama, također i u području ledenjaka. Rasprostiru se na području manje od 1 km^2 do gotovo 20000 km^2 (Morgan, Howard, & Hobley, 2014). Aluvijalne lepeze obično se nalaze tamo gdje protok izlazi iz skučenog kanala i slobodno se širi i infiltrira na površinu. To smanjuje nosivost protoka te rezultira taloženjem sedimenata.



Slika 24. Aluvijalna lepeza
(preuzeto sa: http://noah.up.edu.ph/#/ , 28.8.2020.)

Formiranje aluvijalne lepeze

Aluvijalne lepeze obično se formiraju tamo gdje zatvoreni dovodni kanal izlazi iz planinskog prednjeg dijela ili na rub ledenjaka. Dok protok izlazi iz dovodnog kanala na površinu lepeze, može se raširiti u široke, plitke kanale ili da se infiltrirati na površinu. Što smanjuje nosivost protoka te rezultira taloženjem sedimenata.

Uski kanali, odnosno ako se radi o samo jednom kanalu podložan je začepljivanju zbog nagomilanih sedimenata ili otpadaka, zbog čega ga protok periodično

probija i pomakne se na dio lepeze sa strmijim nagibom gdje se nastavi taloženje. Kao rezultat, obično je samo neki dio lepeze aktivan u bilo kojem trenutku, a područja koja su zaobiđena mogu proći kroz tlo ili eroziju tla (Morgan, Howard, & Hobley, 2014).

Opasnosti od poplava

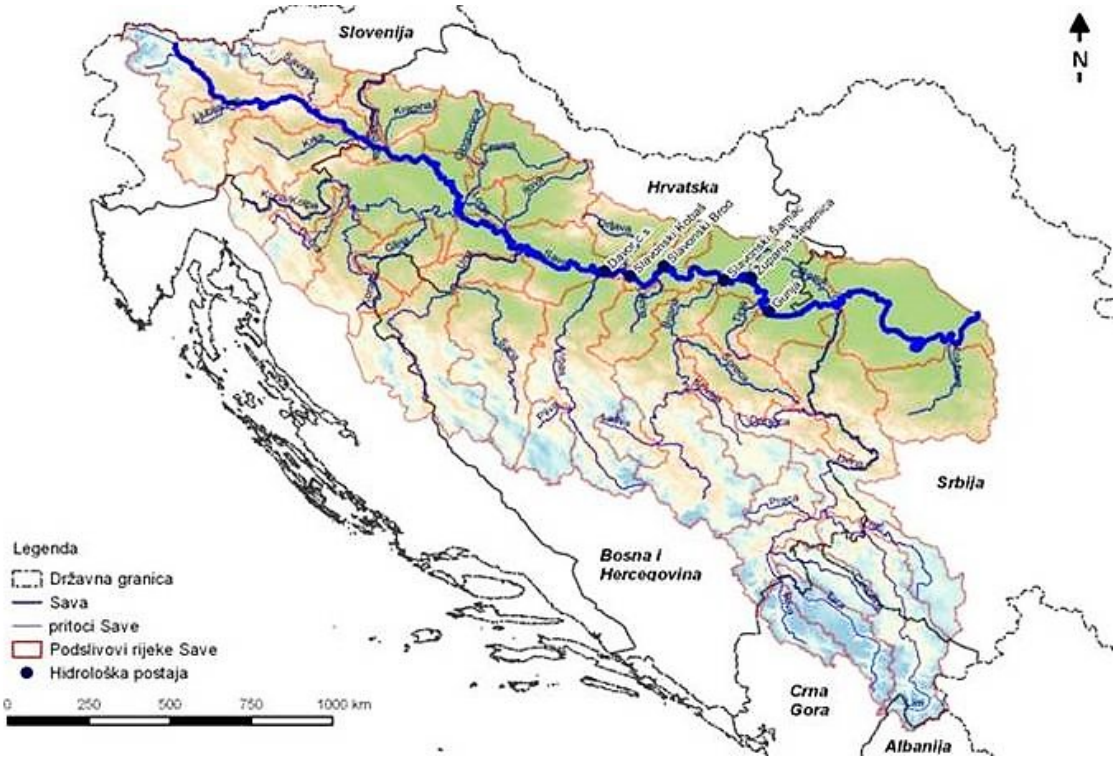
Najveći prirodni rizik za aluvijalne lepeze su poplave i otpadne vode. Poplave na aluvijalnim lepezama obično su bujice: javljaju se s malo ili nimalo upozorenja, obično imaju veliku brzinu i sposobnost prijenosa sedimenata i relativno su kratkog trajanja. Aluvijalne lepeze podložne su poplavama i čak mogu biti opasnije od uzvodnih kanjona. Ako je gradijent strm, aktivni nanos sedimenata s donje strane lepeze stvara podlogu koja nije primjerena za hodanje ili vožnju na kotačima. No kako se gradijent smanjuje padom padina, voda se spušta odozgo brže nego što inače može teći nizvodno i može stvarati opasne dubine.

4. PRIMJERI ALUVIJALNIH POPLAVNIH PODRUČJA U HRVATSKOJ

U Republici Hrvatskoj aluvijalna područja se osim uz doline velikih rijeka Save i Drave, mogu u ograničenom opsegu naći i uz doline drugih plavljeni dijelovi manjih riječnih dolina kao i u krškim poljima. Primjeri ovakvih aluvijalnih područja su npr. Čepič polje, dolina Mirne, dolina Neretve itd. No za potrebe ovoga završnog rada, fokus je bio ipak na velikim riječnim dolinama te su u nastavku samo one prikazane.

4.1. PODRUČJA UZ RIJEKU SAVU

Rijeka Sava je najdulja rijeka u Hrvatskoj koja ima veliki značaj, što gospodarski što ekološki (Slika 25). Za ovu rijeku je karakteristično da je gusto naseljena i da se ističe po svojoj biološkoj raznolikosti.



Slika 25. Prikaz cijelog toka rijeke Save kroz Republiku Hrvatsku
(preuzeto sa: http://hidro.dhz.hr/hidroweb/pocetna/Poplave/PoplaveSave.html , 28.8.2020.)

To je ujedno i najveća poplavna nizina u Europi, a čine je rijeka Sava i oko pedesetak srednjih pritoka na području Hrvatske od kojih su najveći rijeke Sutla, Krapina, Orljava, Lonja, Kupa. Uz rijeku Savu se prostiru bogate šume, a tlo koje prevladava je glina.

Također je bitno naglasiti da rijeka Sava ima poseban režim plavljenja tj. poplavna voda dolazi velikim dijelom iz rijeka, a drugim dijelom iz oborinskih voda koje su dugo stajale u močvarnim područjima. Sezonsko plavljenje tih šuma traje i do nekoliko mjeseci do godinu dana, stoga je ekosustav prilagođen visokim razinama vode.

Poplavna nizina ima dakako pozitivne učinke na ekosustav i danas se takva područja zaštićuju iz razloga očuvanja bioraznolikosti. Jedno od najvećih primjera je područje Lonjskog polja, no također možemo spomenuti i Sunjsko, Odransko te Turopoljski lug kao područja u slučaju rijeke Save.

4.1.1 Lonjsko polje

Park prirode Lonjsko polje ima površinu od 50.650 ha te je samim tim najveće zaštićeno močvarno područje ne samo u Republici Hrvatskoj, već i u cijelom dunavskom porječju (PP Lonjsko polje, 2005). Lonjsko polje se nalazi na aluvijalnoj ravnici rijeke Save u središnjem slivu rijeke Save, između gradova Siska i Stare Gradiške. Čine ga tri polja: Lonjsko, Mokro i Poganovo polje. (Slika 26)



Slika 26. Geografski položaj Lonjskog polja
(preuzeto sa: www.pp-lonjsko-polje.hr/)

Poplava je najvažniji hidrološki proces Parka prirode Lonjsko polje. Na tom području susreće se rijeka Sava sa svojim pritocima – Una, Kupa, Lonja, Strug. U trenutku topljenja snijega pa Alpskog i Dinarskog gorja te jake kiše uzrokuju visoke vodostaje koji u kratkom periodu uzrokuju izlijevanje vode na okolna nizinska područja. Ekstremnim oscilacijama vodostaja, stoljetnim poplavljivanjem i nanošenjem sedimenta, rijeka Sava i njene pritoke pridonose jednom od najsnažnijih ekoloških procesa – formiranje prirodnih poplavnih područja. (PP Lonjsko polje, 2005)

Upravo te rječice u rano prolijeće nabujaju te se izlijevaju u nizak i ravan okolni kraj. Iznenada se dotad zeleni krajolik bilja mijenja u veliko poplavno području, odnosno plavi svijet vode. Nastaju velika jezera, odnosno polja. Najveća su Lonjsko polje, Poganovo i Mokro polje na sjeveru, istočno od Jasenovca. U to je doba čamac jedino prijevozno sredstvo, iako su dijelovi dovoljno plitki da se mogu prehodati u visokim čizmama. (Priroda Hrvatske, 2018)

Sezonsko plavljenje je prirodan proces te je cijeli ekosustav naviknut i prilagođen na vodu i do nekoliko mjeseci. Visok hrast lužnjak bez problema stoji u vodi iz generacije u generaciju. Godišnja kolebanja vode, čak do dva metra, jasno se vide po lišajevima na kori hrasta – dio stabla pod vodom nema tih stanovnika te je u podnožju mahovina koja se hrani sedimentom zaostalim nakon povlačenja vode. Čak dvije trećine poplavnog područja je pod šumom, najviše hrasta, ali također jasena, johe, topole, vrbe. Prevladava šumska zajednica hrasta lužnjaka i poljskog jasena, a na povišenijim gredama su suše hrastove šume s grabom. Manje površine zauzimaju i poplavne šume crne johe i poljskog jasena, a uz rijeke i bare nalazimo mjestimice šume vrbe i topole. (Priroda Hrvatske, 2018) (Slika 27)

U prošlosti, nekontrolirani režim rijeke Save na području srednje Posavine te učestale štete od poplava grada Zagreba, Siska i Karlovca tražile su rješenja koja bi omogućila njihovu zaštitu od velikih voda. Sustav obrane od poplave srednje Posavlje koristi gotovo 200.000 ha prirodnih poplavnih površina Odranskog, Lonjskog, Mokrog i Ribarskog polja te područje Kupčine kao ključna i jedina

moguća rješenja zaštite područje od poplave. Ove prirodne retencije su osim u sustavu obrane od poplava ujedno važne i u procesu pročišćavanja voda iz vodotoka te imaju i važnu ulogu u obnovi zaliha podzemnih voda.

U međunarodnom kontekstu, područje srednje Posavine sa sustavom obrane od poplava predstavlja jedan od prvih primjera u svijetu gdje se obrana od poplava temelji na korištenju prirodnih poplavnih površina, u svijetu poznato kao "prostor za rijeke". (Priroda Hrvatske, 2018)



Slika 27. Lonjsko polje
(preuzeto sa: www.prirodahrvatske.com; Šafarek, 2018, 28.8.2020.)

4.1.2 Sunjsko polje

Sunjsko polje je močvarno područje površine 20270.25 ha. Nalazi se u Sisačko-moslavačkoj županiji. (Zaštićena područja - SMŽ, 2020) (Slika 28)

Sunjsko polje je preventivno zaštićeno područje koje se nalazi pa desne strane rijeke Save, a čini ga područje uz rijeku Sunju, po kojemu je i dobilo ime, i pritoka te rijeke te čini prirodnu cjelinu pa Lonjskim poljem (Slika 29). Poplavne šume su polovica tog područja, a obogaćuje ih hrast lužnjak, crna joha i poljski jasen, dok druga polovica otpada na livade, travnjake i pašnjake. Isto tako područje je od visokog značaja zbog raznolikosti vrsta te za razvoj stočarstva.



Slika 28. Sunjsko polje

(preuzeto sa: www.zastita-prirode-smz.hr, 28.8.2020.)



Slika 29. Geografski položaj Odranskog i Sunjskog polja te Turopoljskog luga

(prikaz položaja na Google maps, 28.8.2020.)

4.1.3 Odransko polje

Odransko polje površinom je veliko 9399.47 ha te se najvećim dijelom nalazi u Sisačko-moslavačkoj županiji. (Zaštićena područja - SMŽ, 2020) (Slika 30)

Rijeka Odra predstavlja okosnicu hidrološkog režima ovoga prostora. Odra pripada slivu rijeke Save, dugačka je 80 km, a površina slivnog područja 604 km^2 (Zaštićena područja - SMŽ, 2020). Odransko polje predstavlja dio većeg retencijskog sustava obrane od poplava Srednje Posavlje, koji obuhvaća i prostore Lonjskog i Mokrog polja. Retencije su važne, osim u odbrani od poplava, i u procesu pročišćavanja voda iz vodotokova te su bitne u regeneraciji podzemnih voda.



Slika 30. Odransko polje
(preuzeto od: Mario Žilec 2015., https://www.kronikevg.com/wp-content/uploads/2015/07/Gmajne-poplava-Odransko-polje-Turopoljski-lug.jpg , 28.8.2020.)

Odransko polje se nalazi između gradova Velika Gorica i grada Siska, a proteže se pa lijeve obale rijeke Save. Pašnjaci ovog područja predstavljaju plavna područja koja su uglavnom posljedica otapanja snijega ili kišnih razdoblja koja dolaze koritom Kupe. Vrlo je bitno naglasiti da posljedica plavljenja je rast razine vode u rijeci Kupi i tada ona počne teći u suprotnom smjeru odnosno unazad, i ta količina vode ulazi u Odransko polje zbog vrlo uskog grla ušća Odre u Kupu. Najčešće su pašnjačke površine poplavljene oko tjedan dana godišnje i to većinom u mjesecima studenom, siječnju i veljači. Poplavljivanje je vrlo kratko i

događa se polako. Poplavne površine tog područja su iznimno bogate biljnim i životinjskim vrstama i zato je i ovo polje proglašeno zaštićenim područjem.

4.1.4 Turopoljski lug

Turopoljski lug je velika površina prekrivena šumom. Obuhvaća 3348 ha zemlje. Nalazi se između željezničke pruge Zagreb – Sisak i rijeke Odre. (Drvodelić, 1999) (Slika 31)



Slika 31. Turopoljski lug
(preuzeto od: Mario Žilec 2015., https://www.kronikevg.com/turopoljski-lug/ 28.8.2020.)

Turopoljski lug je smješten u nizinskom poplavnom području rijeke Save i Odre i proteže od južnog dijela Zagreba pa sve do Siska. Turopoljski lug se proteže na 45km aluvijalne ravnice i dijeli na tri velike cjeline, a to je zaštićena poplavna šuma hrasta lužnjaka koja je stanište brojnim životinjskim vrstama (posebno ptica), zatim vlažne livade uz rijeku Odru te prirodni tok same rijeke (Drvodelić, 1999). Poplave u prosijeku iznose od pola metra do metar visine te se najviše zadržava uz rijeku Odru i u većim depresijama i dolovima, ali se ta voda vrlo brzo povlači ili je uopće nema.

4.2. PODRUČJA UZ RIJEKU DRAVU

Rijeka Drava ukupne je slivne površine 42238 km^2, a protječe kroz 5 europskih država (HEP Vjesnik 121, 2000). Njena duljina u Hrvatskoj je 323 km (HEP Vjesnik 121, 2000). Na Dravi su izgrađene 3 hidroelektrane: HE Varaždin (1975.), HE Čakovec (1982.) i HE Dubrava (1989.), a ukupno na cijelom toku su 22 hidroelektrane (HEP Vjesnik 121, 2000). Hidroelektrane su višenamjenske, a glavne namjene su: proizvodnja električne energije, opskrba vodom, obrana od poplava, zaštita zemljišta od izjedanja (erozija), navodnjavanje, odvodnja, promet. Zanimljiva činjenica je da u Hrvatskoj uz rijeku Dravu postoji samo jedno poplavno područje, a to je Kopački rit. Zašto je to tako? Zato jer je rijeka Drava jako dobro regulirana rijeka, dobrom regulacijom ne mijenja svoje korito i ne stvara meandre pa ni močvare. Nekad je uz Dravu postojao jedinstveni i gotovo neprekinut pojas močvara, no razvojem ljudskog društva toga više nema.

4.2.1 Kopački rit

Kopački rit je poplavno područje koje se nalazi u Baranji, na sjeveroistoku Hrvatske (Slika 32). Park prirode Kopački rit ukupne je površine od 17000 ha, odnosno 170 km^2 (Wikipedia, 2015). Administrativno ovaj park prirode se nalazi u Bilju – Osječko-baranjskoj županiji te je najstariji proglašeni park prirode u Hrvatskoj.



Slika 32. Geografski položaj Kopačkog rita
(preuzeto sa: www.pp-kopacki-rit.hr, 28.8.2020.)

Kopački rit je poplavno područje Dunava i Drave. Kopački rit je jedno od najpoznatijih močvarnih područja u Europi. Prizori močvara i prirodnih kanala, krda jelena i divljih svinja, tisuće ptica tijekom migracije i gniježđenja poznati su u cijelome svijetu. (Priroda Hrvatske, 2018)

Rit označava povremeno plavljene poplavne nizine, ovisno o vodostaju, a Dunav i Drava dvije su arterije Kopačkog rita. U prolijeće kada se snijeg otopi s Alpa, oba dvije rijeke nabujaju obogaćene proljetnim kišama. Vodni val do ravne Slavonije prije stigne kraćom Dravom, no te vode mnogo veći Dunav još može preuzeti u svoje korito. Dunavski val koji kasni zbog dužeg toka kod ušća nabujale Drave odjednom ostane bez prostora, a uz to ga zaustavlja Aljmaška planina. Sva suvišna voda koju korito Dunava ne može zadržati prelijeva se u nizak i plitak Kopački rit, odnosno najniži dio Baranje. Bolje rečeno, puni se velikim prirodnim kanalima dunavcima. Najveći je Hulovski kanal dug 6 kilometara, a mjestimice širok i do 34 metra. (Priroda Hrvatske, 2018)

Voda puni do tada ionako vlažnu ravnicu prošaranu uskim i dubljim kanalima fokovima, širim i plićim kanalnim žilama, plitkim starim rukavcima dubokim do dva metra (Slika 33). Jedan od najvećih unutarnjih kanala je Čonakut, koji povezuje dva velika jezera, Kopačko i Sakadaško, gdje je pristanište turističkih brodova. Nastaje golemo jezero iz kojega vire uzvišenja ili grede, odnosno ostaci nanosa Drave i Dunava te vršci trske i vrbe. I kad se rijeke povuku, voda se u ritu zadržava još tjednima, prosječno 100 dana u godini. (Priroda Hrvatske, 2018) Pomalo isparava, ali u depresijama ostaje plitka voda, ostaje močvara. Voda, odnosno dinamika plavljenja faktor je koji oblikuje krajolik i određuje životne uvjete na više od 100 km^2, što to područje čini jednom od najvećih poplavnih nizina u Europi. (Priroda Hrvatske, 2018)



Slika 33. Kopački rit
(preuzeto sa: www.prirodahrvatske.com; Šafarek, 2018., 28.8.2020.)

Poplavama su se prilagodile biljke. Ovisno o količini vode i vremenu njezina zadržavanja, razvilo se čak 40-ak biljnih zajednica. Praktički, nalazimo staništa od otvorene vode do suše, ali još uvijek poplavne šume.

Dominantnu šumsku zajednicu čini bijela vrba s močvarnom broćikom. Vodene biljke su prisutne posvuda. Lopoč i lokvanj vladaju površinom dublje vode, a žuti cvjetovi plavuna. zeleni listići vodene leće, vodene mahovine i vodenih paprata prevladavaju u nešto plićim barama. Ispod površine vode gust je mrijesnjak, krocanj i druge podvodne biljke. Uz rub vode česte su bujne uske i dugačke stabljike šiljeva. I u vodi i na suhom nepregledni su trščaci s rogozom te šašici. (Priroda Hrvatske, 2018)

5. PROCJENE OPASNOSTI, RANJIVOSTI I RIZIKA

5.1. PREDVIĐANJE POPLAVA

Poplave mogu zadesiti stanovništvo u bilo koje vrijeme, na bilo kojem mjestu, u bilo koje doba godine i u bilo kojem ekonomskom području. Da bi se štete smanjile, poplava se može na 3 načina predvidjeti:

- statistički
- kartiranjem
- monitoringom oluja

Predviđanje poplava – STATISTIČKI

Ovakav način predviđanja poplava zasniva se na istraživanju učestalosti poplava na nekom području i na njihovom dosegu. To se postiže praćenjem povijesnih zapisa o poplavama (nepouzdano jer se najčešće ne zna visina tadašnjeg vodostaja) i analizom dugogodišnjih zapisa vodostaja. Takvi podaci nam daju mogućnost statističke analize za utvrđivanje učestalosti podizanja razine rijeke. Podaci potrebni za obavljanje ove analize su maksimalno godišnje otjecanje protoka s jedne mjerne stanice tijekom dovoljno dugog razdoblja.

Da bi se odredio povratni period (R), godišnje se utvrđuju vrijednosti otjecanja. Svako otjecanje povezano je s razinom, m, pri čemu je m=1 maksimalno otjecanje tijekom godina praćenja, m=2 je drugo najveće otjecanje, m=3 je treće najveće otjecanje itd. (Nelson, 2015)

Ukratko, povratni period, odnosno prosječno vrijeme između dvije poplave definirane magnitude se računa preko Weibullove jednadžbe: (Nelson, 2015)

$$R = n + 1/m$$

gdje n predstavlja broj godina tijekom kojih poplava neke magnitude može biti zabilježena. (Nelson, 2015)

Primjerom, u tablici 1 prikazani su rangirani podaci za 40 godina koliko su bilježena mjerenja.

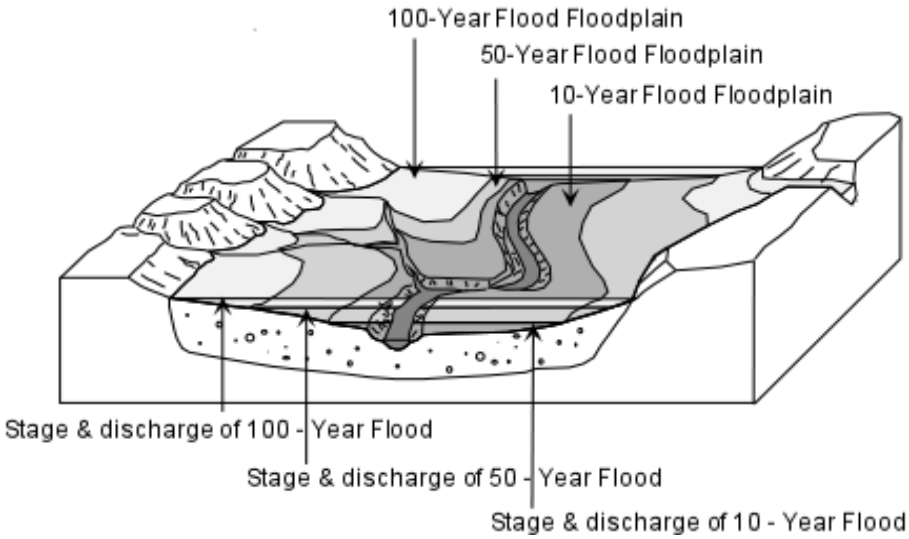
Tablica 1. Rangiranje podataka - STATISTIČKO PREDVIĐANJE (prema Marjanac, 2013, 28.8.2020.)

Godina	Protok	Rang (m)	T (god.)	Vjerojatnost (P)
1992*	2632	1	26,00	3,8
1995*	2453	2	13,00	7,7
1999	2204	3	8,67	11,5
2004	2148	4	6,50	15,4
2003	1912	5	5,20	19,2
1987	1898	6	4,33	23,1
1981	1812	7	3,71	26,9
1982	1716	8	3,25	30,8
1997	1702	9	2,89	34,6
1993	1683	10	2,60	38,5
1983	1641	11	2,36	42,3
1990	1562	12	2,17	46,2
2002	1464	13	2,00	50,0
1998	1462	14	1,86	53,8
1991	1439	15	1,73	57,7
2001	1308	16	1,63	61,5
1986	1277	17	1,53	65,4
1980	1274	18	1,44	69,2
1989	1226	19	1,37	73,1
1996	1103	20	1,30	76,9
1985	1019	21	1,24	80,8
1994	952	22	1,18	84,6
1988	479	23	1,13	88,5
2000	409	24	1,08	92,3
1984	297	25	1,04	96,2

Predviđanje poplava – KARTIRANJEM

Kartiranje opasnosti od poplava koristi se za određivanje područja koja su osjetljiva na poplave. Koriste se povijesni podaci o prethodnim plavljenjima zajedno s topografskim podacima te se karte izrađuju za područja koja su često poplavljivana. (Slika 34)

Kartiranje poplavnih sedimenata nam pokazuje doseg pojedinih poplava. Prema podacima iz mjerenih i predviđenih vodostaja konstruira se karta mogućeg poplavljivanja na temelju detaljne topografske karte. Radi dinamičke projekcije rizika, izrađuju se karte koje pokazuju doseg poplava kakve se zbivaju jednom u 10, 50 ili 100 godina (Nelson, 2015).



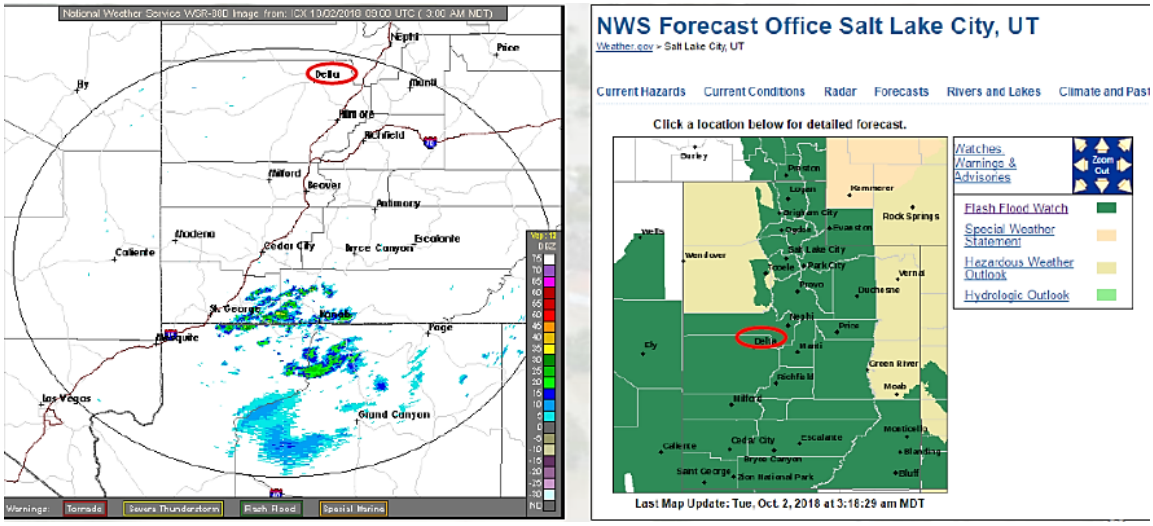
Slika 34. Predviđanje poplave – KARTIRANJE
(preuzeto sa: https://www.tulane.edu/~sanelson/images/floodmap.gif , Earth Science Australia 2016., 28.8.2020.)

Kao što je već navedeno, ovaj model se koristi samo za područja koja su sklona čestim plavljenjima, jer oni rade samo u skladu s postojećim strukturama za sprečavanje poplava i modifikacijama odvodnje.

Predviđanje poplava – MONITORING OLUJA

Ako se mogu utvrditi faktori kao što su količina oborina, stupanj zasićenosti tla, stupanj propusnosti tla, količina vegetacije, tada se oni mogu povezati i dati kratkoročno predviđanje mogućih poplava. (Nelson, 2015)

Izdavanjem prognoze može se priopćiti upozorenje javnosti o poplavama te na taj način dati ljudima vremena da isele iz tog područja. Takve su prognoze vrlo korisne za poplave koje se duže vremena zadržavaju između oluje i samog otjecanja. Bujične poplave kod kojih je karakteristično kraće zadržavanje su problematičnija. Tako, u određenim područjima za koja se zna da su osjetljivija na bujične poplave, upozorenja se izdaju za mogućnost bujične poplave svaki put kada padne veća količina oborina. (Slika 35)



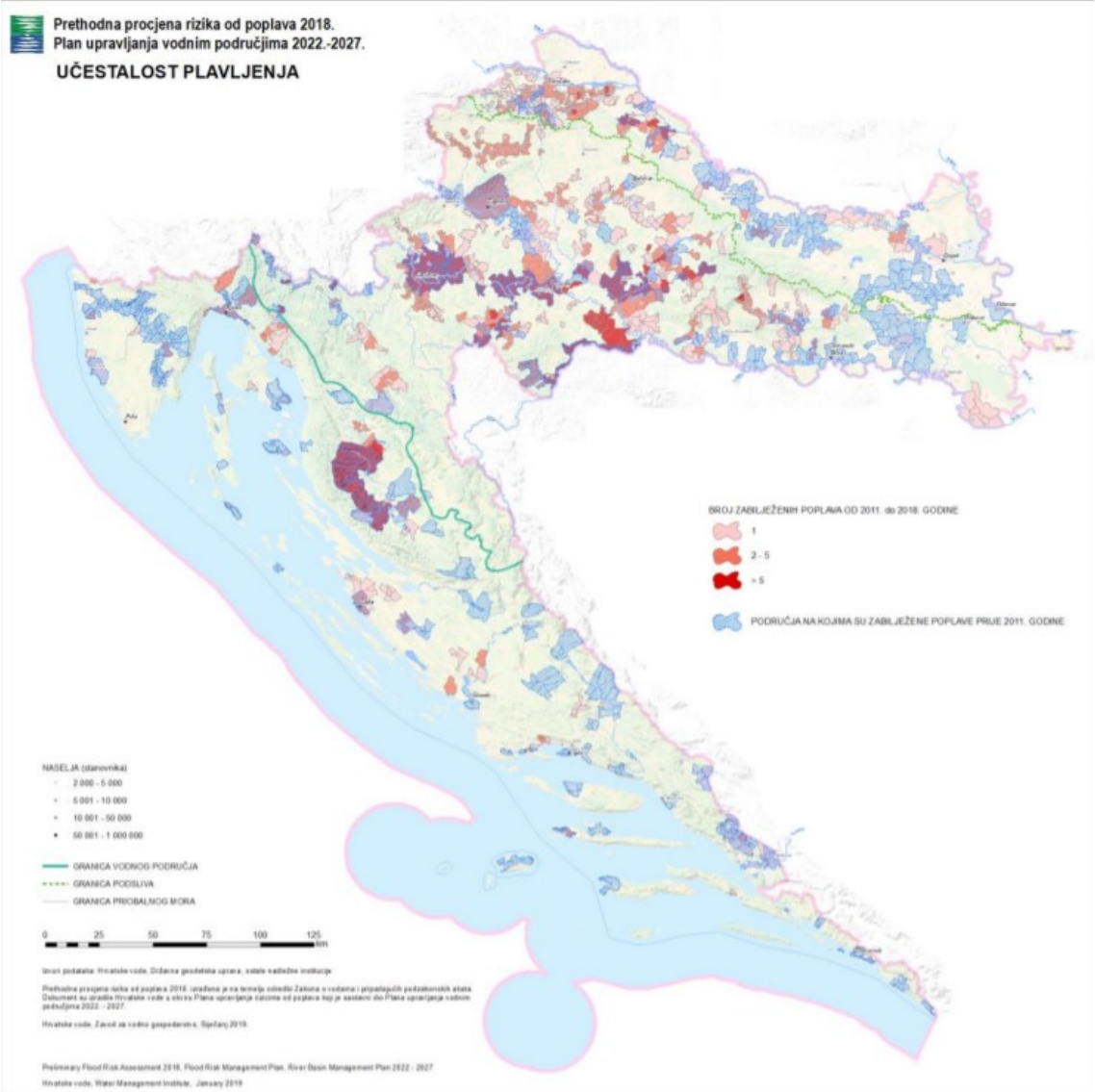
Slika 35. Predviđanje poplave - MONITORING OLUJA
(preuzeto sa: https://kutv.com/news/local/moisture-moves-into-utah-flash-flood-watch-issued , 28.8.2020.)

Učestalost plavljenja

U Republici Hrvatskoj se u sklad s Planom upravljanja vodnim područjima i Planom upravljanja rizicima od poplava redovito u unaprijed planiranim višegodišnjim ciklusima daje širi uvid u problematiku obrane od poplava na osnovu kojeg se određuju područja za koja će se u odgovarajućem planskom ciklusu izraditi plan upravljanja poplavnim rizicima. Planovi su redovito i novelirani.
Trenutačno je aktualan Plana upravljanja rizicima od poplava za razdoblje 2022. - 2027. temeljem Prethodne procjene rizika od poplava iz 2018. godine (Hrvatske vode, 2019)

Rezultati i analize su prikazane na nizu kartografskih prikaza, od kojih su u nastavku prikazani neki od njih koji su tematski bitni za tematiku ovoga završnog rada.

Učestalost plavljenja prikazuju koliko puta je u razdoblju od 2011. do 2018. godine pojedino naselje, odnosno element za analizu na području Hrvatske bio pogođen poplavama. (Slika 36)



Slika 36. Učestalost plavljenja (broj zabilježenih poplava u razdoblju 2011. - 2018. godina) (preuzeto iz: https://www.voda.hr/hr/prethodna-procjena-rizika-od-poplava-2018 , 31.8.2020.)

Mogući značajni izvori plavljenja

Značajni izvori plavljenja su: (Hrvatske vode, 2018)

• riječne poplave, uključujući i poplave uzrokovane ledom na velikim rijekama i poplave
uzrokovane gubitkom funkcionalnosti sustava za obranu od poplava
• poplave uzrokovane podzemnim vodama, karakteristične za područje krša
• plavljenje uslijed visokih razina mora
• plavljenje uslijed zatajenja vodne infrastrukture - kanala i akumulacija

Karta "Mogući značajni izvori plavljenja" prikazuju područja potencijalno izložena pojedinim izvorima plavljenja. (Slika 37)



Slika 37. Mogući značajni izvori plavljenja

(preuzeto iz: https://www.voda.hr/hr/prethodna-procjena-rizika-od-poplava-2018 , 31.8.2020.)

5.2. RIZIK OD POPLAVA

Rizik od poplave se općenito definira kao kombinacija dvije komponente (Gilja, 2016):

Rizik od poplave = Vjerojatnost x Posljedice

Rizik od poplave može se izraziti:

- kao šteta u ekonomskom smislu
- kao potencijal ugroženosti stanovništva
- kao posljedica na okoliš
- kao kombinacija prva tri elementa

Vjerojatnost poplave:

- Poplavni događaj određenog povratnog perioda.
- Obično se promatraju povratni periodi od 2, 100, 200 i 1000 godina. (Gilja, 2016)

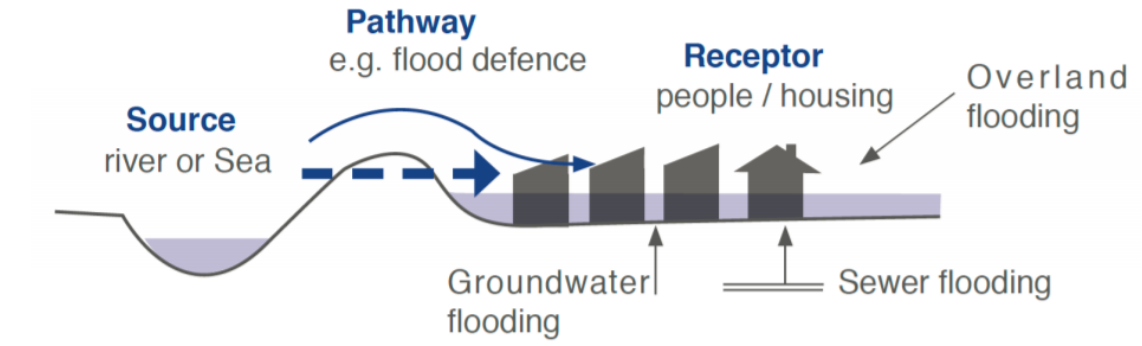
Posljedice poplave ovise o: (Gilja, 2016)

- Opasnosti od poplave (dubina vode, brzina vode, trajanje, zagađenje vode…).
- Osjetljivost receptora (tip građevine, starost građevine i stanovništva, stanje sustava obrane od poplava…).

Procjena rizika od poplave

Procjena rizika zahtjeva poznavanje tri elementa: (Gilja, 2016) (Slika 38)

1. Vjerojatnost izvora poplave (kiša, visoka plima…)
2. Učinak puta do receptora (vodotoci, kanali…)
3. Poznavanje receptora (stanovništvo, imovina, okoliš)



Slika 38. Procjena rizika od poplava
(preuzeto od: HR Walling ford 2001., 28.8.2020.)

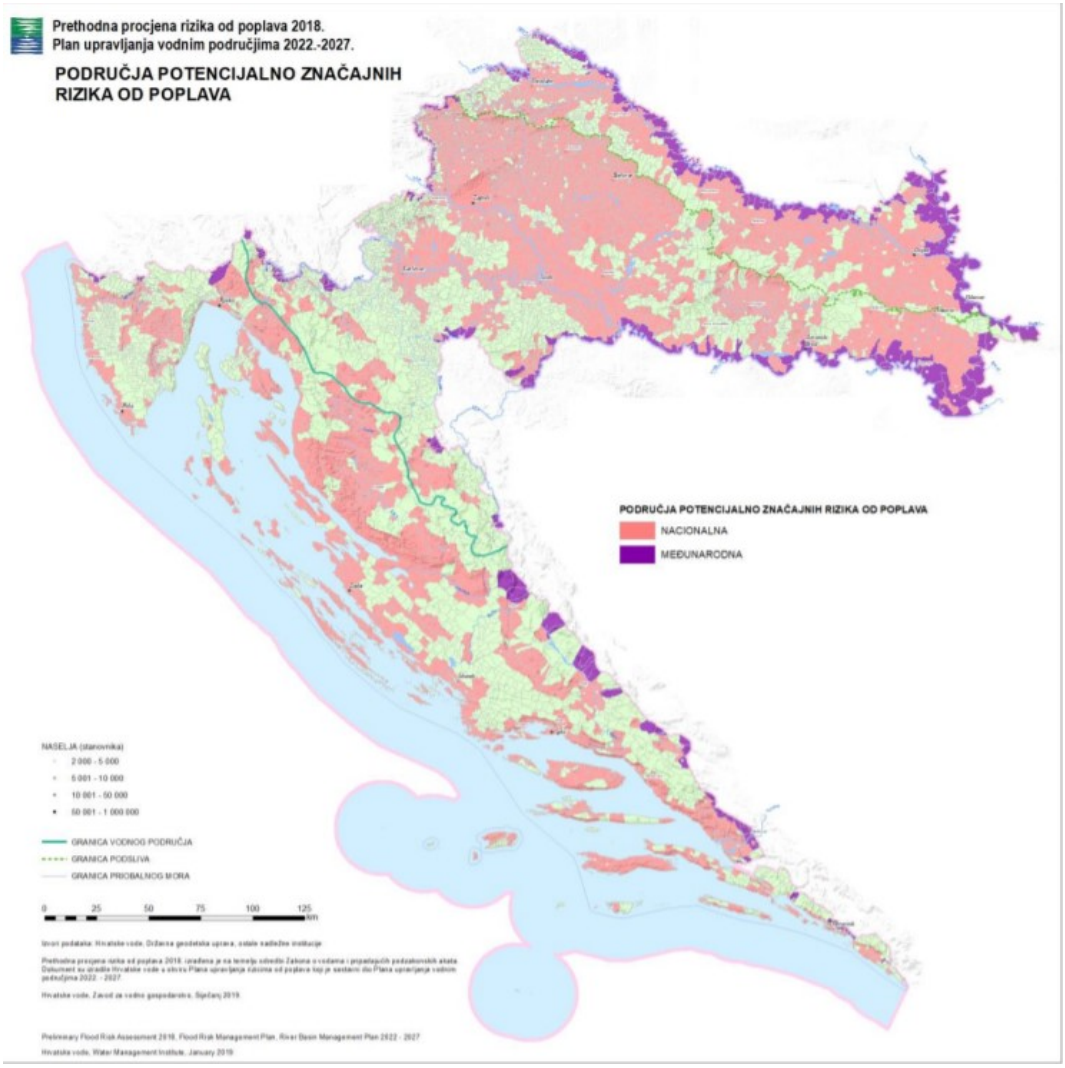
Mjere za ublažavanje ili upravljanje rizikom od poplave (sustavi obrane, konstrukcije otporne na poplavu): (Gilja, 2016)

- Nemaju utjecaj na izvor poplave
- Ali mogu blokirati i omesti putove
- Ili izmjestiti receptore

Pri izradi projektne dokumentacije glavni zadatak upravljanja rizikom od poplava je uočavanje lokacija i vrste receptora, uz naravno poznavanje i razumijevanje izvora i puta poplave do tih receptora.

Područja potencijalno značajnih rizika od poplava

Karta "Područja potencijalno značajnih rizika od poplava" predstavlja kartografski prikaz područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava. (Slika 39)



Slika 39. Verificirana područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava
(preuzeto iz: https://www.voda.hr/hr/prethodna-procjena-rizika-od-poplava-2018 , 31.8.2020.)

5.3. SMANJENJE OPASNOSTI OD POPLAVA

S obzirom da se poplave ne mogu unaprijed odrediti, različitim se pristupima može uvelike smanjiti opasnosti i štete od poplava. Osim određivanja zona opasnosti od poplava i ograničavanja određenih gradnji u pojedinoj zoni moguća je i upotreba posebnih propisa za gradnju u vodo-poplavnom području.

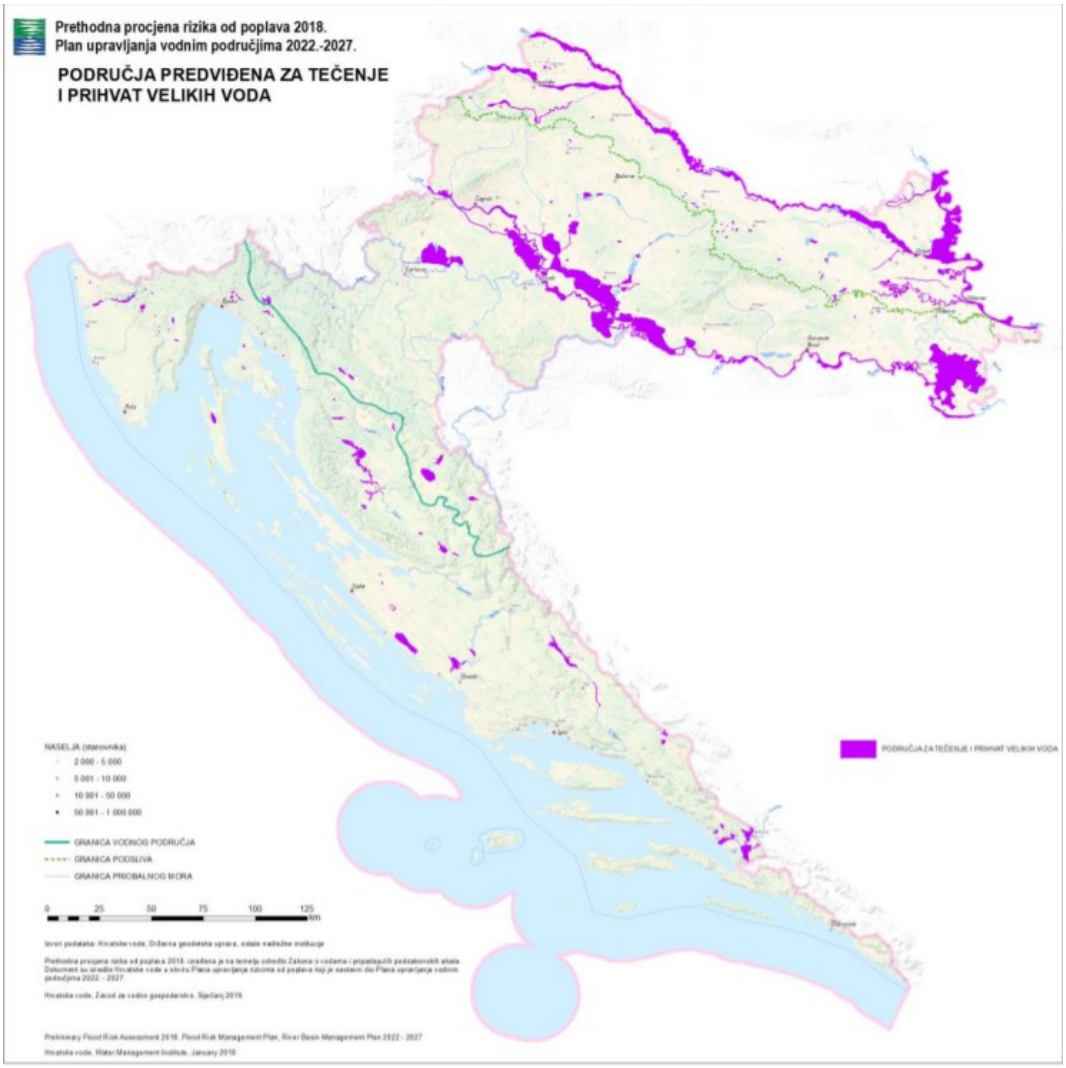
Planiranje, projektiranje i izgradnja vodo-zaštitnih objekata ima vrlo značajan utjecaj i prilikom toga se uzima vrijeme povratnog perioda velikih voda (1, 100, 1000 godina), (Hrvatske vode, 2015) odnosno vjerojatnost da će se određena razina vode pojaviti u jednoj godini. Povratni period od godinu znači da će se s

100% vjerojatnošću javiti određeni vodostaj, PP 100 g, znači da je 1% vjerojatnosti da će se u bilo kojoj godini pojaviti taj vodostaj. PP 1000 g znači 1‰ vjerojatnosti da će se u bilo kojoj godini pojaviti taj vodostaj. (Hrvatske vode, 2015)

Postoje razni načini smanjenja šteta od poplava, no jedan od glavnih načina je regulacija vodotoka, izgradnja nasipa, sustavi retencije, od teretnih kanala, velikih bazena i ostalo. Isto tako su razvijene i metode izrade karata opasnosti od poplava koje sadrže prikaz mogućih razvoja određenih poplavnih scenarija.

Područja predviđena za prihvat i tečenje velikih voda

Karta ''Područja predviđena za prihvat i tečenje velikih voda'', daju prostorni prikaz područja predviđenih za prihvat i tečenje velikih voda, poglavito širokih inundacija i retencija koja predstavljaju okosnicu smanjenja rizika od poplava, naročito na vodnom području rijeke Dunav. (Slika 40)



Slika 40. Područja predviđena za prihvat i tečenje velikih voda
(preuzeto iz: https://www.voda.hr/hr/prethodna-procjena-rizika-od-poplava-2018 , 31.8.2020.)

Značajnije regulacijske i zaštitne vodne građevine

Regulacijske i zaštitne vodne građevine koriste se u upravljanju rizicima od poplava. Čiji je zadatak smanjenje rizika od poplava razvojem vodne infrastrukture i drugih negrađevinskih mjera smanjenja rizika od poplava (zaštite od štetnog djelovanja voda) te osobito planiranje i provođenje mjera obrane od poplava. Regulacijske i zaštitne vodne građevine se koriste u preventivnoj obrani od poplave čiji se postupak provodi po programu održavanja voda koji sadrži: podatke o lokacijama, vrsti usluga, predmjer i količine usluga i procjenu količina nanosa. Program održavanja voda provodi se prema opće tehničkim uvjetima

održavanja voda i za njega se provodi ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu sukladno propisima kojima se uređuje zaštita prirode. (Hrvatske vode, 2018)

Jednostavnije rečeno, regulacijske i zaštitne vodne građevine služe za prihvat i evakuaciju velikih voda, te navodnjavanje, kroz izgradnju vodnih građevina za navodnjavanje. Također, pružaju sigurnost od poplava. (Hrvatske vode, 2018)

Karta prikazuje značajnije regulacijske i vodne građevine. (Slika 41)



Slika 41. Značajnije regulacijske i zaštitne vodne građevine
(preuzeto iz: https://www.voda.hr/hr/prethodna-procjena-rizika-od-poplava-2018 , 31.8.2020.)

6. ZAKLJUČAK

Cilj završnog rada je objasniti što se događa s poplavama u aluvijalnim područjima. Kroz primjere iz područja rijeke Save i područja rijeke Drave objašnjenoj je zbog čega ta područja često ‘’plivaju’’. Velike rijeke poput Save, Drave i Dunava sve što nose u planinskim područjima, točnije u višim područjima talože u nizinskim područjima, odnosno prelijevaju se u nizine. Lonjsko polje i Kopački rit su dva najveća poplavna područja u Hrvatskoj. Postoje mnoga manja poplavna područja u Hrvatskoj, a neki od njih su: (uz Savu) Odransko polje, Sunjsko polje, Turopoljski lug, itd. To pokazuje da je rijeka Drava siromašnija močvarnim i poplavnim područjima, i to naravno u pozitivnom smislu, jer rijeka Drava, odnosno područje rijeke Drave, što je posljedica mnogo bolje regulacije riječnoga toka. Što se više o tome može pročitati u samom odlomku vezanom za područje rijeke Drave.

Kroz rad su detaljno objašnjenje sve vrste poplava, uzroci zbog kojih se pojavljuju poplave, posljedice i štete od poplava. Također, danas je moguće predvidjeti poplavu ili bar upozoriti stanovništvo na mogućnost poplave kako bi što prije iselili iz područja koje bi bilo zahvaćeno.

Čovjek isto tako ima svog utjecaja kod pojavljivanja poplava, indirektno djeluje na prirodu i gradove. Indirektno djelovanje čovjeka u prirodi je preko šuma, točnije deforestacijom. U gradovima – urbanizacijom, što dovodi do začepljivanja tla jer nema kvalitetnog sustava za odvodnju vode. (Konrad, 2016) Ali s druge strane, čovjek sudjeluje u raznim akcijama sprječavanja i formiranja sustava obrane od poplave.

Poplave u Hrvatskoj su postale vrlo česte i neizbježne. Prisjetimo se Gunje 2014. godine, koja je napravila štete koje nikad neće biti nadoknađene. Tisuće ljudi je bilo evakuirano iz svojih domova u okolna područja. Poplava je nastala zbog probijanja nasipa kod Rajevog Sela i Račinovaca, gdje je rijeka Sava dostigla svoju rekordnu razinu.

Gledajući na položaj životinja koje se u poplavnim područjima, kao što su Lonjsko polje i Kopački rit prilagođavaju poplavama, jer takva područja često plave pa su životinje u jednu ruku spremne na takvu nepogodu. Ali područja koja su neočekivano zahvaćena, životinje u većem postotku ugibaju zato jer nemaju šansu preživjeti u takvim uvjetima.

7. POPIS LITERATURE

B-Air. (2018). *B-Air - What Causes Floods? Top 8 Common Causes of Flooding*. Preuzeto 21.. 8. 2020. iz https://b-air.com/2018/02/common-causes-flooding/

Crometeo - motrenje i prognoziranje vremena. (2014). *Ciklona Donat u brojkama: Koliko je kiše palo?* Preuzeto 28.. 8. 2020. iz http://www.crometeo.hr/ciklona-donat-u-brojkama-koliko-je-kise-palo/

Drvodelić, D. (1999). *Ekološki prostorni značaj Turopoljskog luga*. Preuzeto 20.. 8. 2020. iz https://sites.google.com/site/turopole/Home/turopole-i-plemenita-opcina/ekoloski-prostorni-znacaj-turopoljskog-luga

Elsevier, B. (2019). *Journal of Hydrology*. Dohvaćeno iz Science Direct: https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-hydrology

Frisco1. (2020). *Frisco project*. Preuzeto 15.. 8. 2020. iz O poplavama: https://frisco-project.eu/hr/o-projektu-hr/o-poplavama/

Gentry, A., & Lopez-Parodi, J. (1980). *Deforestation and increased flooding of the Upper Amazon.* Preuzeto 27.. 8. 2020. iz https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/deforestation-and-floods/DF3F85985B6CD10EEB28509F8103EDA7

Geoscience News and Information. (2012). *Geology.com*. Preuzeto 25.. 8. 2020. iz https://geology.com/dictionary/glossary-a.shtml

Gilja, G. (2016). *Bujične poplave gradova i mogućnost smanjenja potencijalnih šteta*. Preuzeto 26.. 8. 2020. iz https://www.zastita.info/UserFiles/file/zastita/SIGG/SIGG%202016/PREZENTACIJE/16%20-%20Gordon%20Gilja.pdf

Gupta, A. (2011). *Flood risk and context of land-uses: Chennai city case*. Dohvaćeno iz ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/228477342_Flood_risk_and_context_of_land-uses_Chennai_city_case

HEP Vjesnik 121. (2000). *Hidroelektrane na Dravi*. Preuzeto 25.. 8. 2020. iz www.hep.hr

Holjević, D. (2016). *Zaštita, Hrvatske vode.* Preuzeto 25.. 8. 2020. iz https://www.zastita.info/UserFiles/file/zastita/SIGG/SIGG%202016/PREZENTACIJE/17%20-%20Danko%20Holjevi%C4%87%20pptx.pdf

Hrvatske vode. (2015). *Obrana od poplava*. Preuzeto 17.. 8. 2020. iz Obrane od poplava: https://www.voda.hr/hr/obrana-od-poplava-0

Hrvatske vode. (2018.). *Prethodna procjena rizika od poplava*. Dohvaćeno iz Hrvatske vode: https://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/prethodna_procjena_rizika_od_poplava_2018_0.pdf

Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. (2013). *The traps behind the failure of Malpasset arch dam, France, in 1959*. Preuzeto 10.. 8. 2020. iz https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674775513000723

Konrad, C. (2016). *Effects of Urban Development on Floods*. Preuzeto 28.. 8. 2020. iz https://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/

Larson, W. L. (1996). *The Great USA Flood of 1993.* Preuzeto 28.. 8. 2020. iz Predavanja iz kolegija Geologija zaštite okoliša: https://www.pmf.unizg.hr/_download/repository/GZO4_Rijeke_-_problemi,_erozije_i_poplave.pdf

Madole, R. (2008). *On the origin and age of the Great Sand Dunes, Colorado*. Dohvaćeno iz ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/222435580_On_the_origin_and_age_of_the_Great_Sand_Dunes_Colorado

Marjanac, T. (2013). *Geological Hazards, Why, How and When?* (T. Marjanac, Ur.) Preuzeto 15.. 8. 2020.

McClain, M., Victoria, R., & Richey, J. (2001). *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. Dohvaćeno iz Oxford University Press: https://global.oup.com/academic/product/the-biogeochemistry-of-the-amazon-basin-9780195114317?cc=hr&lang=en&

Morgan, A., Howard, A., & Hobley, D. (2014). *Sedimentology and climatic environment of alluvial fans in the martian Saheki crater and a comparison with terrestrial fans*. Preuzeto 27.. 8. 2020. iz https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/21823/nasm_201440.pdf

National Weather Service. (2017). *Flash Flooding Definition*. Preuzeto 20.. 8. 2020. iz https://www.weather.gov/phi/FlashFloodingDefinition

Nelson, S. A. (2015). *Flooding Hazards, Prediction & Human Intervention*. Preuzeto 24.. 8. 2020. iz https://www.tulane.edu/~sanelson/Natural_Disasters/floodhaz.htm

PP Lonjsko polje. (2005). *Park prirode Lonjsko polje*. Preuzeto 18.. 8. 2020. iz Poplava: https://pp-lonjsko-polje.hr/vrijednosti-parka/prirodne-vrijednosti/ekoloski-procesi/poplava/

Priroda Hrvatske. (2018). *Priroda Hrvatske - Kopački rit*. Preuzeto 19.. 8. 2020. iz Kopački rit – poplavno područje Dunava i Drave: http://prirodahrvatske.com/2018/06/19/kopacki-rit/

Priroda Hrvatske. (2018). *Priroda Hrvatske - Lonjsko polje*. Preuzeto 18.. 8. 2020. iz Lonjsko polje: http://prirodahrvatske.com/2018/05/15/lonjsko-polje/

Sutfin, N., & Wohl , E. (2019). *Elevational differences in hydrogeomorphic disturbance regime influence sediment residence times within mountain river corridors*. Dohvaćeno iz Nature communications: https://www.nature.com/articles/s41467-019-09864-w

Van den Brink, F., Van der Velde, G., Bosman, W., & Coops, H. (1995). *ResearchGate, Effects of substrate parameters on growth responses of eight helophyte species in relation to flooding*. Preuzeto 16.. 8. 2020. iz https://www.researchgate.net/publication/223769430_Effects_of_substrate_parameters_on_growth_responses_of_eight_helophyte_species_in_relation_to_flooding

Wikipedia. (2015). *Park prirode Kopački rit*. Preuzeto 19.. 8. 2020. iz https://hr.wikipedia.org/wiki/Park_prirode_Kopa%C4%8Dki_rit

WNN. (2011). *Fukushima faced 14-metre tsunami*. Preuzeto 25.. 8. 2020. iz https://www.world-nuclear-news.org/RS_Fukushima_faced_14-metre_tsunami_2303113.html

Zaštićena područja - SMŽ. (2020). *Odransko polje*. Preuzeto 22.. 8. 2020. iz https://zastita-prirode-smz.hr/zastcena-podrucja/odransko-polje/

Zaštićena područja - SMŽ. (2020). *Sunjsko polje*. Preuzeto 20.. 8. 2020. iz https://zastita-prirode-smz.hr/zastcena-podrucja/sunjsko-polje/

Zhu, X., Zhong, D., Yuan, X., & Xian, B. (2016). *Development of sedimentary geology of petroliferous basins in China*. Dohvaćeno iz ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/309269558_Development_of_sedimentary_geology_of_petroliferous_basins_in_China

POPIS SLIKA

Slika 1. Poplava doline rijeke Mississippi 4
Slika 2. Prikaz područja bujičnog karaktera u Sloveniji 5
Slika 3. Poplava krških polja - Stajničko polje kod Ogulina 6
Slika 4. Poplava mora u Dubrovniku 2019. godine 7
Slika 5. Fluvijalno podrijetlo poplava 8
Slika 6. Pluvijalno podrijetlo poplava (slika lijevo – prije urbanizacije područja; slika desno – nakon urbanizacije područja 9
Slika 7. Poplave nakon jakih kiša u Japanu 2018. 9
Slika 8. Preplavljivanje Crvene rijeke u Minnesoti 2009. 10
Slika 9. Poplava nakon urušavanja brane u istočnom Idahou 1976. godine 11
Slika 10. Karta poplavljenih područja tijekom velike poplave 2014. godine 11
Slika 11. Poplava u Gunji 2014. godine 12
Slika 12. Poplava u Hobokenu, New Jersey 2018. godine 13
Slika 13. Poplava uzrokovana tsunamijem u Indoneziji 2004. godine 13
Slika 14. Poplava izazvana nedostatkom vegetacije 14
Slika 15. Topljenje snijega izazvalo poplavu u američkoj saveznoj državi Nebraska 2019. 15
Slika 16. Riječna delta u suhim i vlažnim uvjetima 16
Slika 17. Utjecaji vode na različite vrste podloga 16
Slika 18. Geometrija sliva 17
Slika 19. Primjer hidrograma za područja različite upotrebe zemljišta 18
Slika 20. Morfologija riječne doline 18
Slika 21. Izgled brane Maplasset nakon pucanja 19
Slika 22. Primjer aluvija u Big Spring Creeku 25
Slika 23. Aluvijalna ravnica 26

Slika 24. Aluvijalna lepeza 27
Slika 25. Prikaz cijelog toka rijeke Save kroz Republiku Hrvatsku 29
Slika 26. Geografski položaj Lonjskog polja 30
Slika 27. Lonjsko polje 32
Slika 28. Sunjsko polje 33
Slika 29. Geografski položaj Odranskog i Sunjskog polja te Turopoljskog luga 33
Slika 30. Odransko polje 34
Slika 31. Turopoljski lug 35
Slika 32. Geografski položaj Kopačkog rita 36
Slika 33. Kopački rit 38
Slika 34. Predviđanje poplave – KARTIRANJE 41
Slika 35. Predviđanje poplave - MONITORING OLUJA 42
Slika 36. Učestalost plavljenja (broj zabilježenih poplava u razdoblju 2011. - 2018. godina) 43
Slika 37. Mogući značajni izvori plavljenja 44
Slika 38. Procjena rizika od poplava 46
Slika 39. Verificirana područja s potencijalno značajnim rizicima od poplava .. 47
Slika 40. Područja predviđena za prihvat i tečenje velikih voda 49
Slika 41. Značajnije regulacijske i zaštitne vodne građevine 50

POPISI TABLICA

Tablica 1. Rangiranje podataka - STATISTIČKO PREDVIĐANJE 40