

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Valentina Curman

Zaštita od štetnog djelovanja visokih voda u porječju Krapine

Prvostupnički rad

Mentor: izv. prof. dr. sc. Danijel Orešić

Ocjena: _____

Potpis: _____

Zagreb, 2019.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Prvostupnički rad

Zaštita od štetnog djelovanja visokih voda u porječju Krapine

Valentina Curman

Izvadak: U radu su opisani prirodnogeografski uvjeti otjecanja: reljef, hidrogeološka i klimatološka obilježja te način korištenja zemljišta. Potom je analiziran hidrogram kako bi se utvrdile karakteristične protoke Krapine i Krapinčice, glavnih tekućica u porječju. Nakon toga su navedeni uzroci i posljedice pojavljivanja visokih voda. Naposljetku, prikazane su do sada provedene mjere za zaštitu od štetnog djelovanja visokih voda, kao i planirani zahvati u budućnosti u porječju Krapine.

20 stranica, 12 grafičkih priloga, 2 tablica, 9 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: porječje Krapine, visoke vode, štetno djelovanje, zaštita

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Danijel Orešić

Tema prihvaćena: 14. 6. 2018.

Datum obrane: 20. 9. 2019.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Undergraduate Thesis

Protection against the harmful effects of high water in the Krapina's water system

Valentina Curman

Abstract: In this thesis natural and geographical conditions of drainage are being described: relief, hydrogeological and climatological characteristics and the ways in which the land is used. Furthermore, in order to determine the main characteristics of Krapina's and Krapinčica's confluents, naimley the rivers Krapina and Krapinčica are the main streams in the water system, the hydrograph is analysed. What is more, the causes and consequences due to high waters are presented. Finally, in the thesis the protection measurments against the detrimental effect of high water which have been conducted, as well as the interventions planned for the future in the Krapina's water system are also being presented.

20 pages, 12 figures, 2 tables, 9 references; original in Croatian

Keywords: water system, high water, harmful effects, protection

Supervisor: Danijel Orešić, PhD, Associate Professor

UndergraduateThesis title accepted: 14/06/2018

Undergraduate Thesis defense: 20/09/2019

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia

Sadržaj

1. UVOD	1
2. PORJEČJE RIJEKE KRAPINE.....	3
3. PRIRODNOGEOGRAFSKA OBILJEŽJA PORJEČJA	4
3.1. Reljef	4
3.2. Hidrogeološka obilježja	7
3.3. Klimatološka obilježja	7
3.4. Način korištenja zemljišta	9
3.4.1. Korištenje zemljišta u porječju Krapine.....	10
4. REŽIM OTJECANJA	11
5. UZROCI I POSLJEDICE POJAVLJIVANJA VISOKIH VODA U PORJEČJU	13
6. MJERE ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VISOKIH VODA NA PORJEČJU KRAPINE.....	14
6.1. Postojeći sustav.....	14
6.2. Budući sustav	17
7. ZAKLJUČAK	19
LITERATURA I IZVORI	20

1. UVOD

U posljednje vrijeme sve se češće bilježe visoke vode. Visoke vode mogu uzrokovati poplave sa znatnim materijalnim i nematerijalnim štetama. Poplave su prirodne pojave koje nije moguće u potpunosti spriječiti, ali se razvojem sustava od poplava i gradnjom zaštitnih i regulacijskih građevina, provedbom mjera obrane od poplava i drugih odgovarajućih mjera rizici od poplava mogu smanjiti na prihvatljivu razinu. Poplave mogu uzrokovati velike materijalne štete, devastirati kulturna dobra, uzrokovati gubitke života i naštetiti ekologiji. Rizici od poplava su definirani kombinacijom vjerojatnosti poplavnog događaja i njegovih štetnih posljedica. Napomenuto je da se sve češće pojavljuju visoke vode koje uzrokuju poplave, primarni razlog tome su klimatske promjene – pojava ekstremnih oborina i vremenskih nepogoda. Iz tog razloga potrebna je adekvatna zaštita, tj. izgrađenost sustava za obranu od poplava. Zaštita od štetnog djelovanja visokih voda je i tema ovoga rada, a odnosi se na prostor porječja rijeke Krapine.

U radu je proučeno i analizirano, na temelju dostupne literature i podataka Državnog hidrometeorološkog zavoda i Hrvatskih voda, prirodnogeografski uvjeti otjecanja: reljefna i hidrogeološka obilježja, klimatska obilježja i način korištenja zemljišta. Potom je razmotren režim otjecanja za razdoblje 2001.-2017. godine na hidrološkim postajama Zlatar Bistrica, Bračak, Zabok i Kupljenovo. Iz analize hidrograma dobiven je uvid kada su protoci veći, odnosno kada se pojavljuju visoke vode. Nakon režima obrađeni su uzroci i posljedice pojavljivanja visokih voda s opisom nekoliko poplavnih događaja. Završno poglavlje odnosi se na samu zaštitu od štetnog djelovanja visokih voda. Opisani su počeci izgradnje sustava, kakva je današnja zaštita te koji su zahvati i način održavanja planirani u budućnosti u porječju Krapine.

Prostorni obuvat istraživanog područja je porječje rijeke Krapine, koja se nalazi u zapadnom peripanonskom prostoru Hrvatske, na području Hrvatskog zagorja (sl. 1). Administrativno se prostire većim dijelom kroz Krapinko-zagorsku županiju te manjim, južnim dijelom, kroz Zagrebačku županiju.

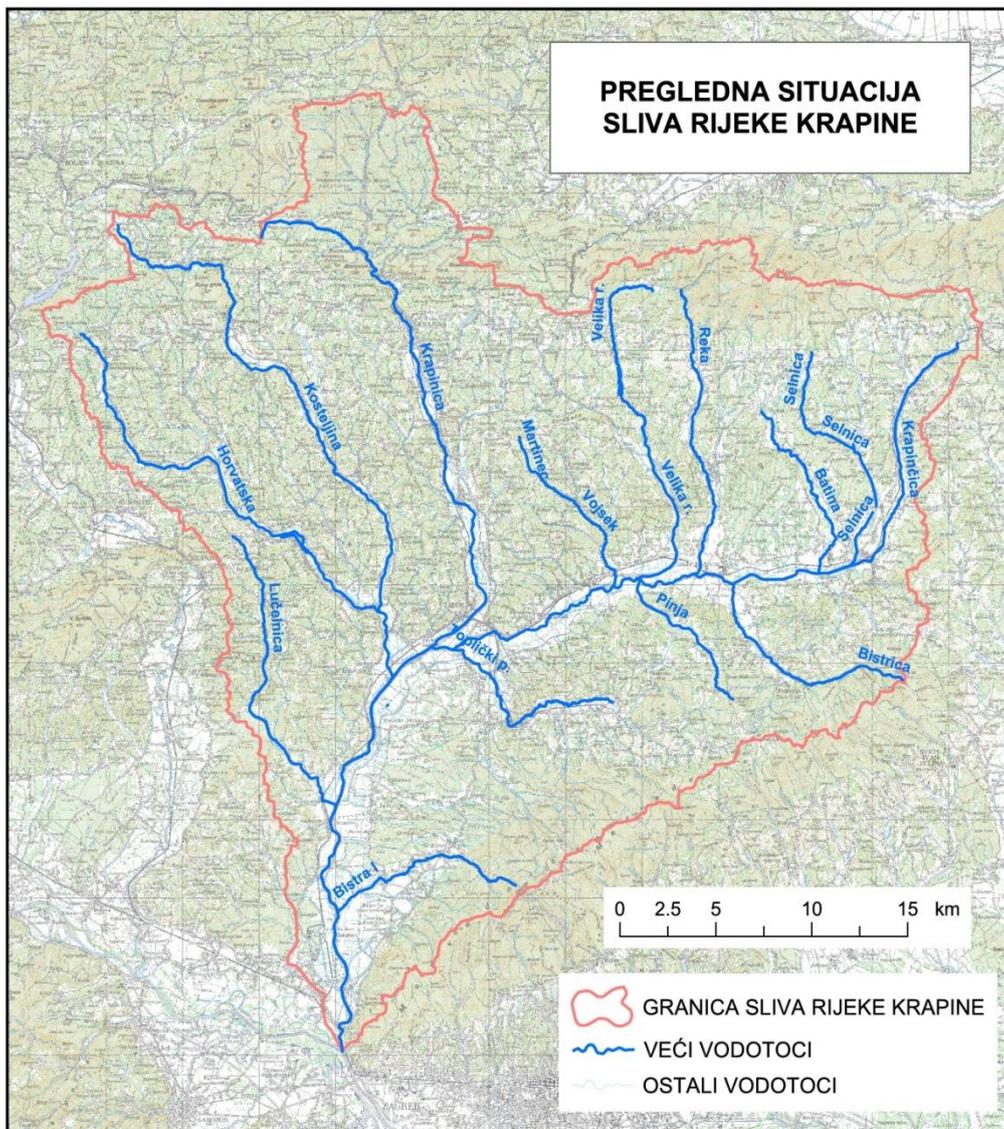


Slika 1. Geografski smještaj porječja Krapine

Izvor: Veliki atlas Jugoslavije 1:500 000

2. PORJEČJE RIJEKE KRAPINE

Rijeka Krapina je lijeva pritoka rijeke Save. Nalazi se na području Hrvatskog zagorja. Administrativno gledajući 89% porječja nalazi se na području Krapinsko-zagorske županije, a 11% na području Zagrebačke županije. Izvor rijeke Krapine je na obroncima Ivanščice, a ušće u Savu kod Zaprešića. Duljina rijeke je 75 km. Površina porječja iznosi 1.236 km², a gustoća riječne mreže je otprilike 1,08 km/km². Porječje je asimetrično u odnosu na rijeku Krapinu. Desni pritoci zauzimaju veću površinu i dulji su, dok su lijevi pritoci kraći i izrazitijeg bujičnog karaktera (sl. 2) (Markanović, Kerovec i dr., 2015).



Slika 2. Porječje rijeke Krapine

Izvor: Rizici od poplava na slivu Krapine, studija, 2004

3. PRIRODNOGEOGRAFSKA OBILJEŽJA PORJEČJA

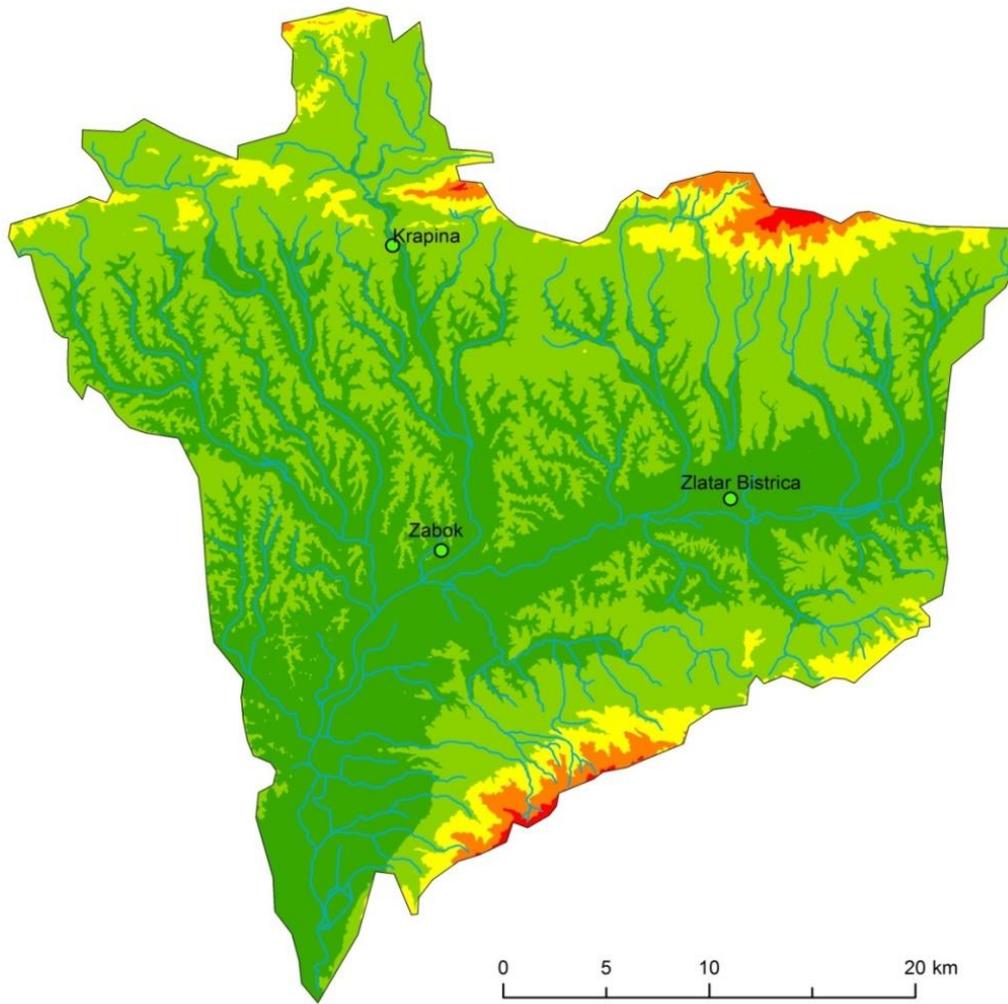
3.1. Reljef

Reljefom prevladavaju nizine i pobrđa. Glavnina porječja nalazi se unutar visinskih razreda < 200 i $200 - 400$ m (sl. 3). Nizine prate tokove tekućica te predstavljaju njihove doline oblikovane erozijskim djelovanjem. Najniža točka nalazi se na 127 m n.v., a najviša na 1030 m n.v., dok srednja visina porječja iznosi 246 m (Tomić, 2015). Zbog niskog porječja, a na čijim se rubnim dijelovima nalaze Medvednica, Ivanščica i Strahinščica, dolazi do brzog otjecanja tekućica koje brzo prelaze u položitije uzdužne profile, što dovodi do ubrzane koncentracije vode u nizinskim područjima (Orešić, 1994).

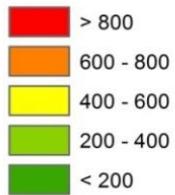
Uz hipsometrijska obilježja, prikazan je još nagib padina. Prema geomorfološkoj klasifikaciji izdvaja se pet kategorija nagiba:

1. zaravnjen teren: $0 - 2^\circ$
2. blago nagnut teren: $2 - 5^\circ$
3. nagnut teren: $5 - 12^\circ$
4. jako nagnut teren: $12 - 32^\circ$
5. vrlo strme padine: $35 - 55^\circ$

Na prostoru porječja prevladavaju područja s nagibima $12 - 32^\circ$ (sl. 4). U tim je područjima prisutna erozija, i procesi spiranja i jaruženja koji su posljedica djelovanja bujičnih tokova. Prostor uz rijeku Krapinu i njezine pritoke je područje nagiba $0 - 2^\circ$, dok se najveći nagibi (najveći nagib iznosi 56°) javljaju na obroncima Medvednice, Ivanščice i Strahinščice (Tomić, 2015).

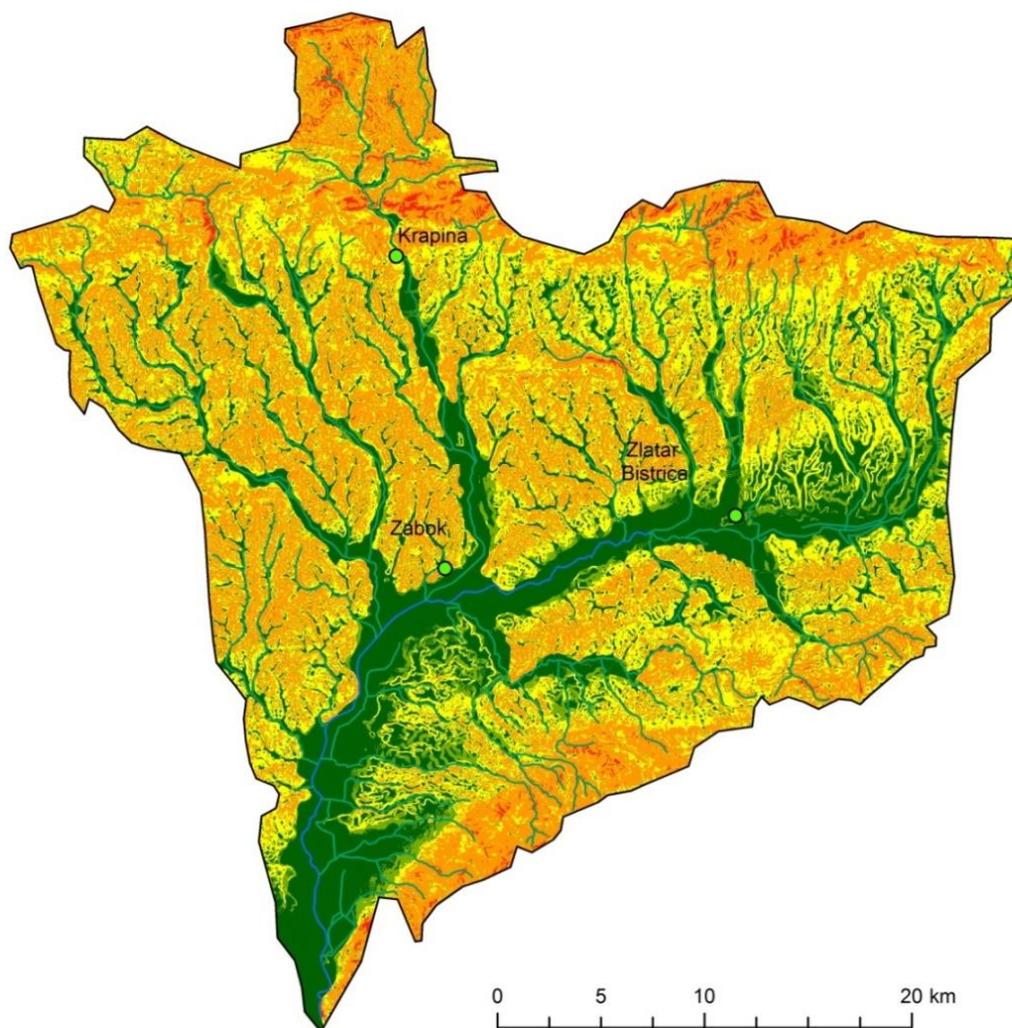


Nadmorska visina (m)



Slika 3. Hipsometrijska karta porječja rijeke Krapine

Izvor: Tomić, 2015



Slika 4. Nagib padina u porječju Krapine

Izvor: Tomić, 2015

Orešić (1994) izdvaja četiri orografska tipa reljefa, ovisno o obliku, visini, raščlanjenosti i nagibima padina: zavalni, predgorski, brdski i gorski. Zavale, u strukturnogeomofološkom pogledu, ulaze u kategoriju akumulacijsko – tektonskih morfostruktura, predgorske stepenice i pobrđa u kategoriju denudacijsko – akumulacijskih, gore u kategoriju denudacijsko – tektonskih morfostruktura. Utjecajem vanjskih sila i procesa, oblikovani su egzogeni tipovi reljefa: u zavalama fluvioakumulacijskim procesima, a u predgorskim, brdskim i gorskim egzogeni tip reljefa je rezultat djelovanja padinskih i fluvijalnih geomorfoloških procesa. Područja u kojima u površinskom sastavu prevladavaju karbonatne stijene (većinom gore) obilježeni su fluvio-krškim reljefom.

3.2. Hidrogeološka obilježja

Porječje rijeke Krapine sastoji se od dvije hidrogeološke jedinice: temeljna gorja, brdovita i brežuljkasta područja.

Temeljna gorja izgrađena su od stijena starijih od tercijara. Stijene su sekundarne poroznosti, bez značajnijih vodonosnih rezervoara na površini, a izvori su malog kapaciteta i razbijenih izvorišta. Značajniji element temeljnih gorja su karbonatne stijene u kojima se susreću izvori većeg kapaciteta uz koje se vežu termomineralni izvori Hrvatskog Zagorja (Miletić i dr., 1973).

Tercijarni i kvartarni sedimenti prekrivaju brdovita i brežuljkasta područja. Karakterizira ih primarna poroznost stijena, skokovitim promjenama dubina do podzemne vode (dubina podzemne vode varira između 1-30 m) u prvom vodonosnom horizontu. Izvorišta su uglavnom razbijenog tipa (Miletić i dr., 1973).

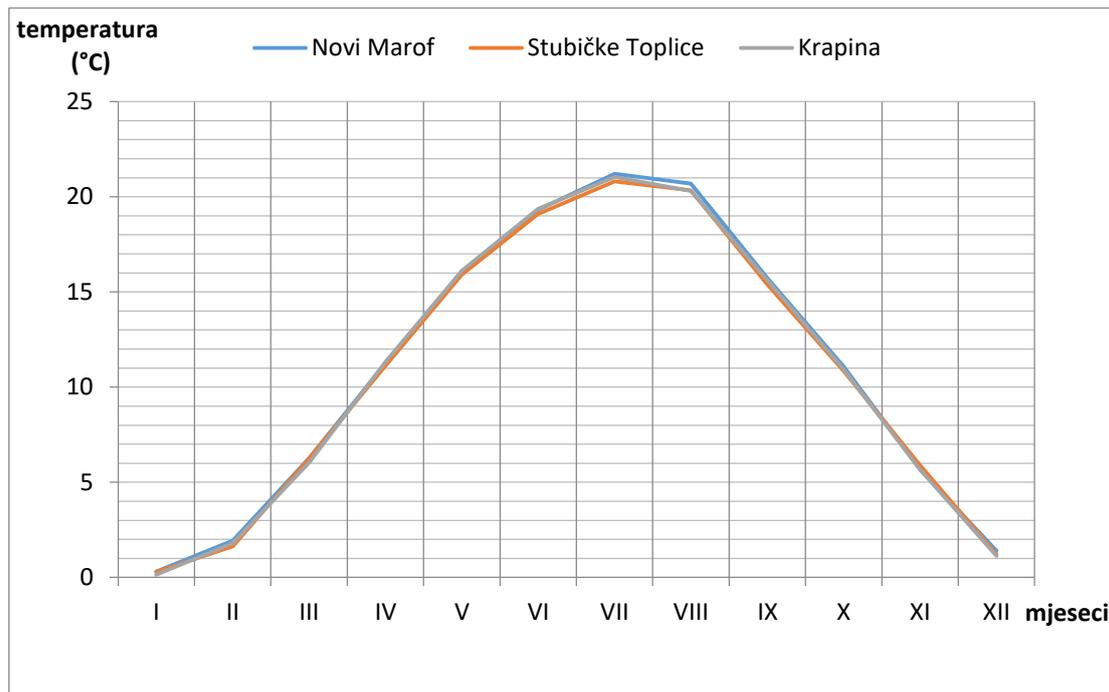
3.3. Klimatološka obilježja

Porječje rijeke Krapine ima umjereno toplu vlažnu klimu s toplim ljetom – Cfb tip klime. Obilježja Cfb klime su: srednja temperatura najtoplijeg mjeseca (srpnja) kreće se između 20 i 22 °C, srednja temperatura najhladnijeg mjeseca (siječnja) kreće se -3-0 °C, nema sušnog razdoblja te najmanje padalina je u hladnom dijelu godine (Šegota i Filipčić, 1996).

S obzirom da su klimatološki podaci Državnog hidrometeorološkog zavoda tajni, u radu su preuzeti podaci od Tomića (2015) koji je analizirao temperaturu i padaline na porječju

Krapine, za vremensko razdoblje 1984.-2013. godine, na postajama Krapina, Novi Marof i Stubičke Toplice.

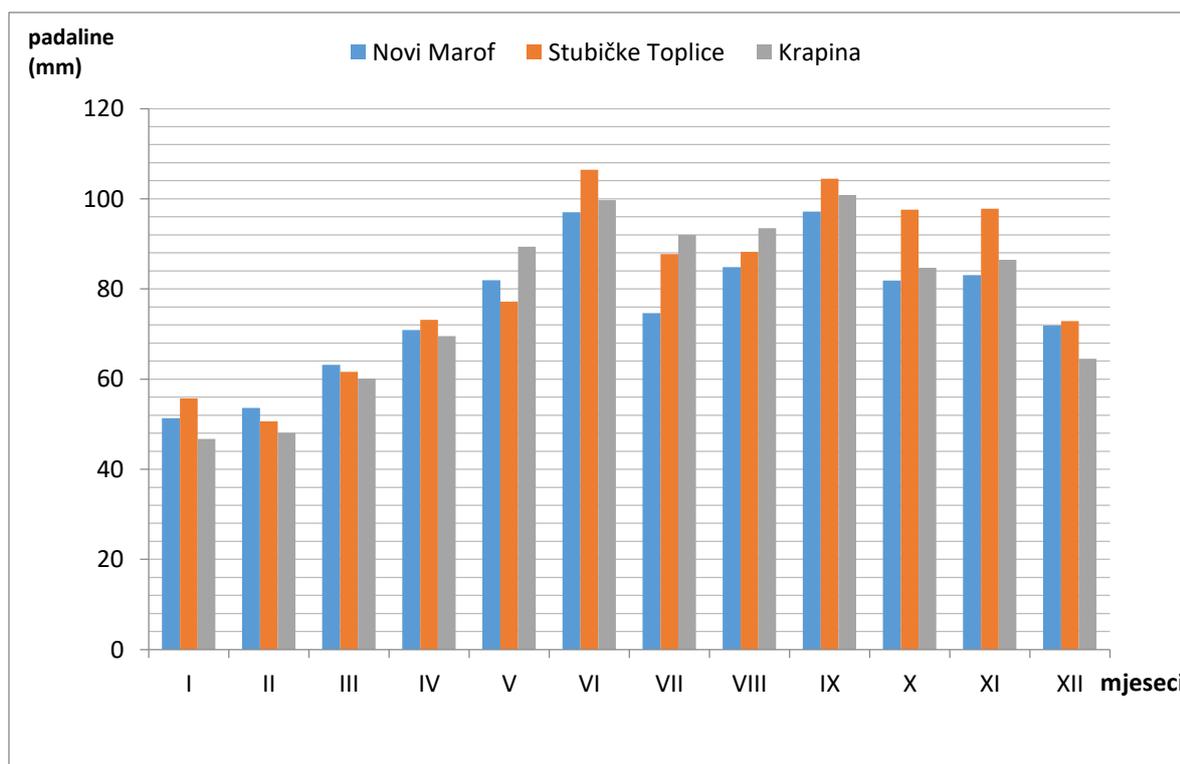
Srednja godišnja temperatura na analiziranim postajama iznosila je 10,8°C. U godišnjem hodu temperature javlja se maksimum u srpnju (21 °C) i minimum u siječnju (0,1 °C) (sl. 5).



Slika 5. Srednje mjesečne temperature na meteorološkim postajama Novi Marof, Stubičke Toplice i Krapina 1984.-2013.

Izvor: Tomić, 2015

Srednja godišnja količina padalina za postaju Novi Marof iznosi 911,4 mm, za postaju Stubičke Toplice 973,4 mm, i za postaju Krapina 935,6 mm. Maksimum padalina na odabranim postajama javlja se u lipnju, a minimum u zimskim mjesecima (sl. 6) (Tomić, 2015). Količine padalina, ovisno o položaju meteoroloških stanica, variraju između 900 i 1200 mm. Prosječna godišnja količina padalina na porječju Krapine je oko 980 mm (Orešić, 1994).



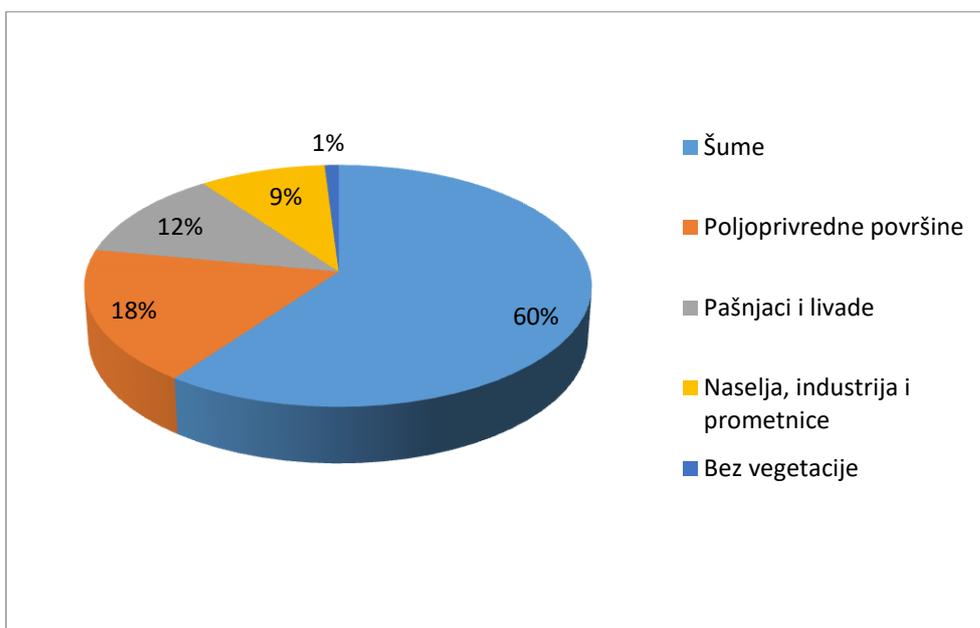
Slika 6. Srednje mjesečne količine padalina za klimatološke postaje Novi Marof, Stubičke Toplice i Krapina za tridesetogodišnje razdoblje 1984. – 2013. godine

Izvor: Tomić, 2015

3.4. Način korištenja zemljišta

Karta zemljišnog pokrova/načina korištenja zemljišta za područje Hrvatske sastoji se od 7 klasa:

- umjetne površine (naselja, industrija, kopovi, odlagališta, prometnice)
- poljoprivreda (oranice) – jednogodišnje kulture
- pašnjaci, stalne livade, rijetka vegetacija
- stalni nasadi (vinogradi, voćnjaci) – višegodišnje kulture
- šume
- područja bez vegetacije
- vodene površine i močvare



Slika 8. Zastupljenost površina na porječju Krapine

Izvor: Rizici od poplava na slivu Krapine, studija, 2004

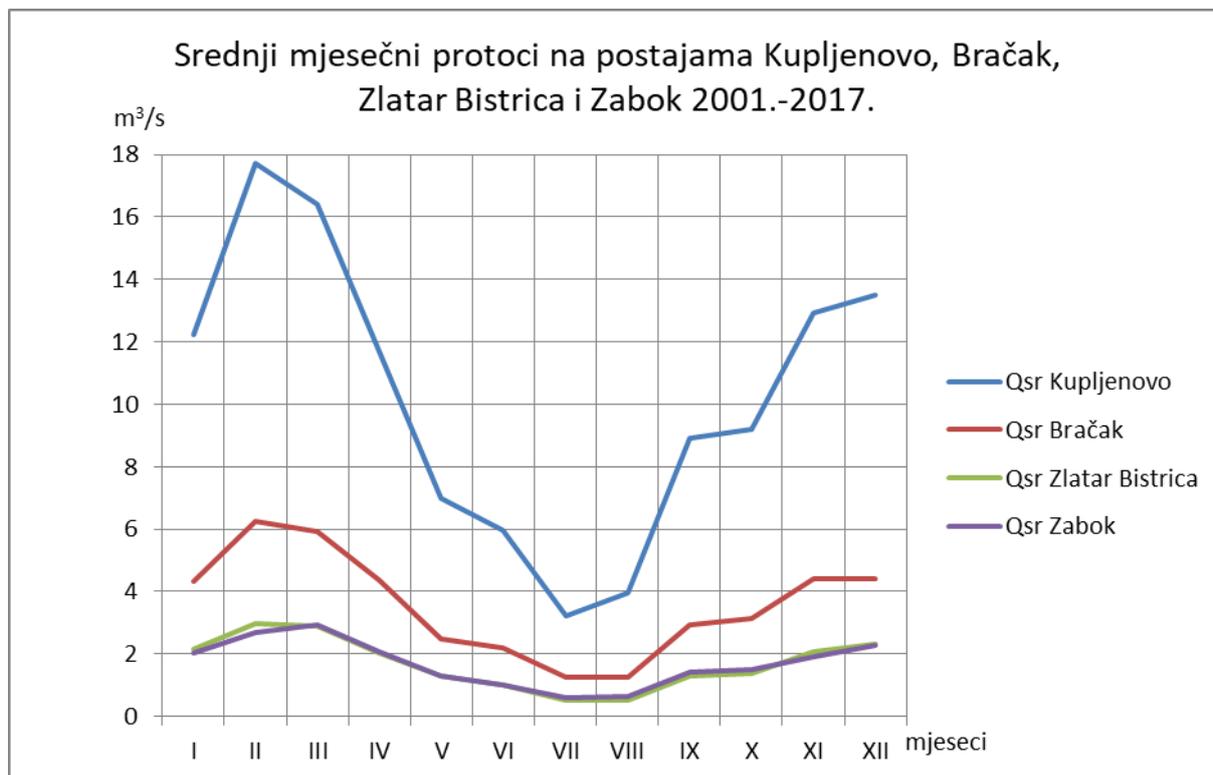
Poplavama su najviše izložena poljoprivredna područja, a potom šume, pašnjaci i livade te naposljetku naselja, industrijska postrojenja i prometnice (Rožić i dr., 2004).

4. REŽIM OTJECANJA

U klasifikaciji protočnih režima za Republiku Hrvatsku razlikuju se sedam tipova režima. Porječje rijeke Krapine pripada peripanonskom kišno-snježnom režimu. Peripanonsko kišno-snježni režim je najheterogeniji tip režima, oslikava, uz različite veličine tekućica i njihovih porječja, raznolikost klimatskih uvjeta otjecanja na mezoregionalnoj i mikroregionalnoj razini. Karakteriziraju ga dva maksimuma i minimuma tijekom godine. Prvi maksimum je u ožujku ili travnju, a drugi, uglavnom izraženiji, javlja se u prosincu. Primarni minimum se uglavnom javlja u kolovožu, a drugi, manje izražen, u veljači. Iznadprosječne vrijednosti protoka javljaju se u pravilu od studenog do travnja (Čanjevac, 2013).

Za određivanje režima koriste se hidrološke veličine vodostaj i protoke. U ovom radu korištene su protoke, kako bi se mogli uspoređivati podaci pojedinih hidroloških postaja (kod vodostaja nisu moguće izravne usporedbe). Vodostaji mogu poslužiti za utvrđivanje režima,

dok protoci omogućuju uvid u količine vode čime je moguće uspoređivati promjene iz mjeseca u mjesec te dva ili više mjernih mjesta (Orešić, 1994). Podaci o protocima uzeti su s hidroloških postaja: Zlatar Bistrica, Bračak, Zabok i Kupljenovo, a odnose se na razdoblje od 2001. do 2017. godine.



Slika 9. Srednji mjesečni protoci na postajama Kupljenovo, Bračak, Zlatar Bistrica i Zabok za razdoblje 2001.-2017. godine

Izvor: DHMZ, Hidrološki sektor

Srednji mjesečni protoci (sl. 9) pokazuju da su znatno veći u hladnijem dijelu godine, što je posljedica većih gubitaka evapotranspiracijom u toplijem dijelu godine. Na postajama Kupljenovo, Bračak i Zlatar Bistrica prvi maksimum se javlja u veljači, dok se na postaji Zabok javlja u ožujku, što je posljedica topljenja snijega s Ivanšćice. U srpnju se javlja prvi minimum na svim postajama, osim na postaji Bračak na kojoj se javlja u kolovozu (protok manji za 0,020 m³/s u odnosu na srpanj (tab. 1)). Veće protoke tijekom jeseni su odraz padanja kiše. Drugi maksimum se javlja na svim postajama u prosincu, dok se minimum, također, javlja na svim postajama u siječnju. Znatno veći protok na postaji Kupljenovo je, u odnosu na ostale postaje, zbog ulijevanja nekoliko pritoka (Topličina, Horvatska...). U tablici 1 dan je srednji mjesečni protok za analizirane hidrološke postaje.

Tabela 1. Srednji mjesečni protoci postaja Kupljenovo, Bračak, Zlatar Bistrica i Zabok za razdoblje 2001.-2017.

Hidrološka postaja	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Qsr Kupljenovo	12,237	17,736	16,386	11,711	6,997	5,966	3,219	3,951	8,911	9,186	12,912	13,484
Qsr Bračak	4,324	6,237	5,936	4,380	2,489	2,192	1,269	1,249	2,945	3,140	4,388	4,401
Qsr Zlatar Bistrica	2,164	2,965	2,879	2,040	1,288	0,999	0,498	0,528	1,285	1,378	2,078	2,303
Qsr Zabok	2,034	2,683	2,949	2,081	1,281	0,989	0,575	0,645	1,395	1,507	1,904	2,259

Izvor: DHMZ, Hidrološki sektor

5. UZROCI I POSLJEDICE POJAVLJIVANJA VISOKIH VODA U PORJEČJU

Uzroci visokih voda u porječju su nagle razlike u uzdužnim padovima, klimatske promjene zbog kojih su sve češće ekstremne oborine, intenzivne kratkotrajne oborine, nemogućnost rijeke Krapine, kao recipijenta, da prihvati vode s brdskih dijelova porječja, neodrživost pritoka, smanjenje protočnog profila vodotoka, način korištenja zemljišta (Markanović, Kerovec i dr., 2015).

Štete od pojavljivanja visokih voda, tj. poplava dijele se na direktne (materijalne i nematerijalne) i indirektno (materijalne i nematerijalne). Pod direktnim štetama od poplave podrazumijeva se šteta na urbanoj infrastrukturi od direktnog kontakta s poplavom, dok su indirektno štete one štete koje su nastale zbog same činjenice da je došlo do poplave, a ne zbog same poplave (na primjer: poslovni gubici, prekid u prometu itd.). Materijalnim gubicima se podrazumijeva gubitak nečeg što ima novčanu vrijednost (na primjer: zgrade, stoka, infrastruktura itd.), dok se nematerijalnim gubicima smatra gubitak nečeg što nema materijalnu vrijednost (na primjer: gubitak života ili tjelesne ozlijede, naslijeđe itd.) (Basuga, 2011).

Na prostoru porječja najugroženija područja su: grad Zabok (sa značajnom industrijskom zonom), Bedekovčina, Zlatar Bistrica, Konjščina i niz drugih manjih naselja, koja su često izložena poplavama. Poplavama su ugrožene državna cesta Zabok – Konjščina i željeznička pruga Zaprešić – Zabok – Varaždin. Poljoprivredne površine, koje se nalaze u dolini rijeke Krapine, često su plavljene (Markanović, Kerovec i dr., 2015).

Najveće zabilježene poplave su bile 1974., 1989., 1997., 1998. i 1999. godine. Godine 1974. poplavljeno je 9.164 ha površine: područje uz Krapinu nizvodno od Kraljevca do Zaprešića, područje uz Krapinicu, Kosteljinu i Horvatsku. Posljedice su bile velike štete na urbaniziranom području, prometnicama i željezničkoj pruzi.

Poplavom 1989. godine poplavljeno je 5.600 ha površine uz Krapinu, osobito područja Krapine, Donje Stubice, Marije Bistrice, Zaboka i Bistre. Posljedice su bile velike materijalne štete i jedna ljudska žrtva (Rožić i dr., 2004).

Navedenim poplavama iz 1974. i 1989. godine bilo je obuhvaćeno cijelo porječje, a štete su bile katastrofalne. Posljedice ostalih poplava ogledaju se u velikim poljoprivrednim štetama, štetama na izgrađenim objektima (stambeni objekti, prodavaonice, industrijska područja, ceste i željezničke pruge ...) te na vodnim građevinama. Na sreću, ljudskih žrtava, osim iz poplave 1989. godine, nema.

6. MJERE ZAŠTITE OD ŠTETNOG DJELOVANJA VISOKIH VODA NA PORJEČJU KRAPINE

6.1. Postojeći sustav

Zaštita od poplava na porječju Krapine riješena je nasipima, bujičnim pregradama (retencijama) i regulacijskim radovima na rijeci Krapini i njenim pritocima. S obzirom da je oko 70% porječja brdovito, poplave zahvaćaju usko područje riječne doline, a u brdskom djelu su izražene erozije i bujice.

Radovi na regulaciji Krapine započeli su početkom 1950-ih godina uglavnom iz potrebe za zaštitom prometnica i željezničke pruge. Tada je, na donjem toku Krapine, usvojen kriterij dimenzioniranja proticajnog profila korita u nivou 10-godišnje velike vode, s izvedbom nasipa skromnim dimenzijama. Gradnjom Zagorske magistrale, trup ceste na dionici do Zaboka dobio je funkciju lijevog nasipa s namjerom osiguravanja Zagorske magistrale od visokih voda u 100-godišnjem povratnom periodu. Međutim, radovi na održavanju korita i inundaciji nisu se nastavljali te se je protočni kapacitet korita smanjivao. 1980-tih godina ponovno su počeli radovi na koritu i inundaciji (Markanović, Kerovec i dr., 2015).

Na prostoru porječja postoji varijabilnost uređenosti u funkciji zaštite od poplava između primijenjenih tehničkih rješenja regulacije dionica vodotoka i ostvarenog stupnja zaštite od poplava, što je pretežno posljedica rješavanja problema zaštite najugroženijih dionica zbog smanjena šteta na materijalnim dobrima kao što su ceste, željeznička pruga, stambeni prostori i industrijska postrojenja (Markanović, Kerovec i dr., 2015).

Kao što je prije rečeno, poplave zahvaćaju nizinski prostor, a u tom području su smještene i brojna naselja, kao i gospodarski objekti te prometnice. Zbog toga je regulacijskim i zaštitnim radovima najviše obuhvaćen nizinski dio porječja, i to u najvećoj mjeri rijeka Krapina kao glavni recipijent porječja. Gledajući reguliranost Krapine, izdvajaju se dionice:

- Na dionici izvor Krapine – Konjščina korito rijeke Krapine je djelomično uređeno
- Na dionici Konjščina – Zlatar Bistrica korito je uređeno i održavano premda postoje potezi obrasli vegetacijom
- Na dionici Zlatar Bistrica – Zabok protočni profil je obrastao raslinjem i djelomično održavan
- Na dionici Zabok – ušće protočni profil je u potpunosti uređen kao klasični zatravljeni profil.

Ostali veći vodotoci – Krapinčica, Topličina i Horvatska, također su uređeni.

Vodotok Krapinčice reguliran je 1950-ih godina. Gornji dio korita je, do Svetog Križa Začretje, obrastao raslinjem i neuređen, a nizvodnije je u većoj mjeri reguliran. U gradu Krapini korito je betonirano, a pokosi su izvedeni uporabom kamena u betonu.

Korito Topličine većim je dijelom uređeno i održavano, dok su bujični pritoci koji se ulijevaju većim dijelom neregulirani (djelomično su izgrađene stepenice i obaloutvrde).

Korito Horvatske je uređeno i održavano (Markanović, Kerovec i dr., 2015).

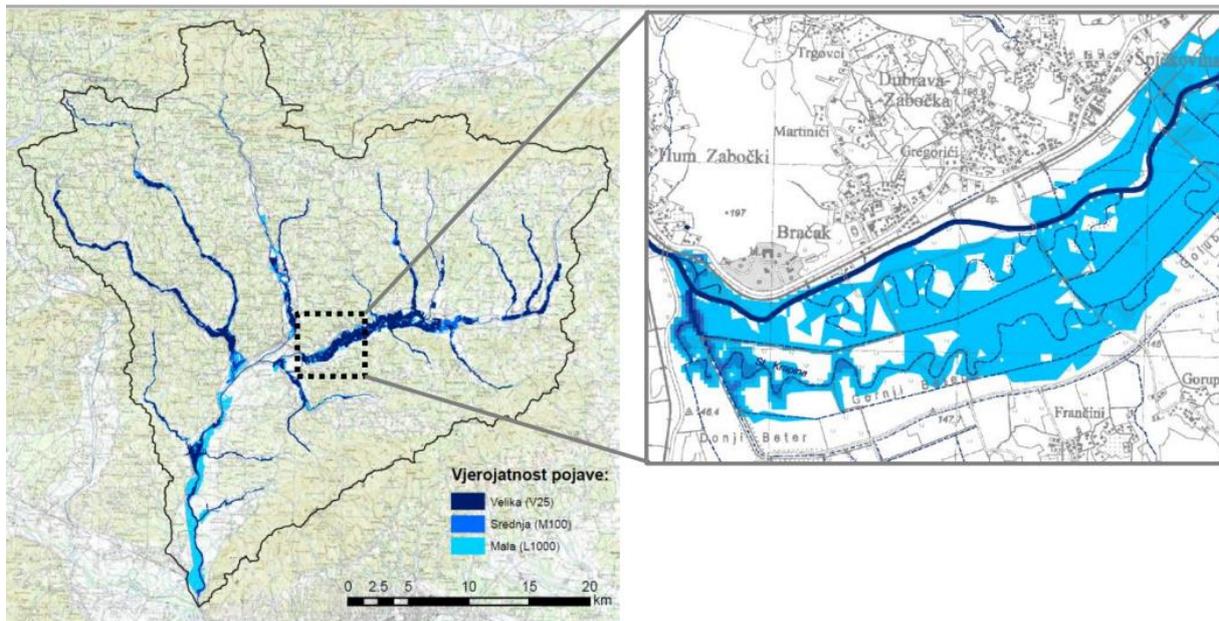
Postojeći sustav dan je u prilogu, dok je u tablici 2 naveden broj regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina na porječju Krapine (u duljinu nasipa nisu ubrojene ceste koje imaju funkciju nasipa, a protežu se uz lijevu obalu nizvodnog dijela rijeke Krapine) (Rožić i dr., 2004).

Tabela 2. Popis regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina na porječju Krapine

Regulacijske i zaštitne vodne građevine	Količina
Ustave	2 kom
Hidrotehničke stepenice	120 kom
Sifoni	2 kom
Obaloutvrde	14 km
Nasipi	12.5 km
Mostovi i pločasti propusti	498 kom
Čepovi	12 kom
Lateralni kanali	15.5 km
Umjetna korita vodotoka	2 km

Izvor: Rizici od poplava na slivu Krapine, studija, 2004

S obzirom na izgrađenost sustava, određena je vjerojatnost poplavnog događaja, koja se prikazuje kartom opasnosti od poplava u određenom periodu. Karta opasnosti od poplava utječe na pouzdanost procjene poplavnih rizika i štetnih posljedica, što u konačnici rezultira određenim mjerama za ublažavanje istog (Bekić, 2015). Na slici 10 prikazana je opasnost od visokih voda povratnog perioda 1/25, 1/100 i 1/1000. Prikazan je obuhvat visokih voda za cijelo područje i dubina vode za dio rijeke Krapine za događaj vjerojatnosti 1/100.



Slika 10. Obuhvat visokih voda cijelog porječja (lijevo) i dubina vode za dio porječja (desno)

Izvor: Karte opasnosti od poplava na slivu rijeke Krapine, studija, 2015

6.2. Budući sustav

Budući sustav (sl. 11) obrane od visokih voda na porječju Krapine obuhvaća:

- izgradnju akumulacija i retencija u brdskom dijelu porječja, pregrada za zaustavljanje nanosa, sustava odvodnje uz ceste te manjih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina
- sanaciju i rekonstrukciju postojećih regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina (protuerozijske pregrade i osnovni melioracijski objekti odvodnje)
- primjenu negrađevinskih mjera: ograničiti neprikladne gradnje koje bi mogle povećati rizik od poplave, očuvati šumska staništa i promijeniti korištenje zemljišta, zaštita pojedinačnih objekata, razvoj sustava prognožiranja poplava uz kampanje informiranja i educiranja javnosti (Rožić i dr., 2004)

7. ZAKLJUČAK

Zaštita od štetnog djelovanja visokih voda u porječju Krapine nije u dovoljnoj mjeri izgrađena. Visoke vode koje se pojavljuju nekada učine znatnu štetu, posebno poljoprivrednim površinama. S obzirom na reljef, poplave zahvaćaju usko nizinsko područje, a u najvećoj mjeri rijeku Krapinu kao glavnog recipijenta porječja.

Sustav zaštite odnosi se na zaštitne i regulacijske građevine kao što su stepenice, nasipi, lateralni kanali itd., koji se nalaze na kritičnim dionicama. Dakle, sustav zaštite nije u cijelosti izgrađen. Zbog nedostatka financijskih sredstava i time nedovoljnog održavanja izgrađenih zaštitnih i regulacijskih građevina, upitno je u kolikoj mjeri iste štite od visokih voda. Kako bi se povećala zaštita potrebno je održavati korita i kanale, te građevine.

U budućnosti se planiraju radovi na daljnoj zaštiti u vidu izgradnje te, spomenutog, održavanja (novčana sredstva iz EU fondova) čime bi se zaštita od štetnog djelovanja visokih voda u porječju Krapine povećala.

LITERATURA I IZVORI

Basuga, I., 2011: *Gis u upravljanju poplavama, diplomski rad*, Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, 19 str.

Bekić, D., Kadić, V., Ivezić, V., Kerin, I., 2015: *Karte opasnosti od poplave na slivu rijeke Krapine*, studija, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zavod za hidrotehniku, 2, 11 str

Čanjevca, I., 2013: Tipologija protočnih režima u Hrvatskoj, *Hrvatski geografski glasnik* 75(1), 23 – 42.

Markanović, D., Kerovec, M. i suradnici, 2015: *Izrada studijske dokumentacije za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu krapine iz EU fondova*, studija, knjiga 6 (Studija izvedivosti za pripremu projekata zaštite od poplava na slivu krapine), Hrvatske vode, Zagreb, 31, 24, 68-75, 28-29, 20 str

Miletić, P., Boričić, D., Turić, G., 1973: Regionalne hidrogeološke značajke porječja Krapine, *Geološki vjesnik* 25, Zagreb

Orešić, D., 1994: *Hidrogeografske značajke porječja Krapine*, magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 223, 64-79, 224, 164 str.

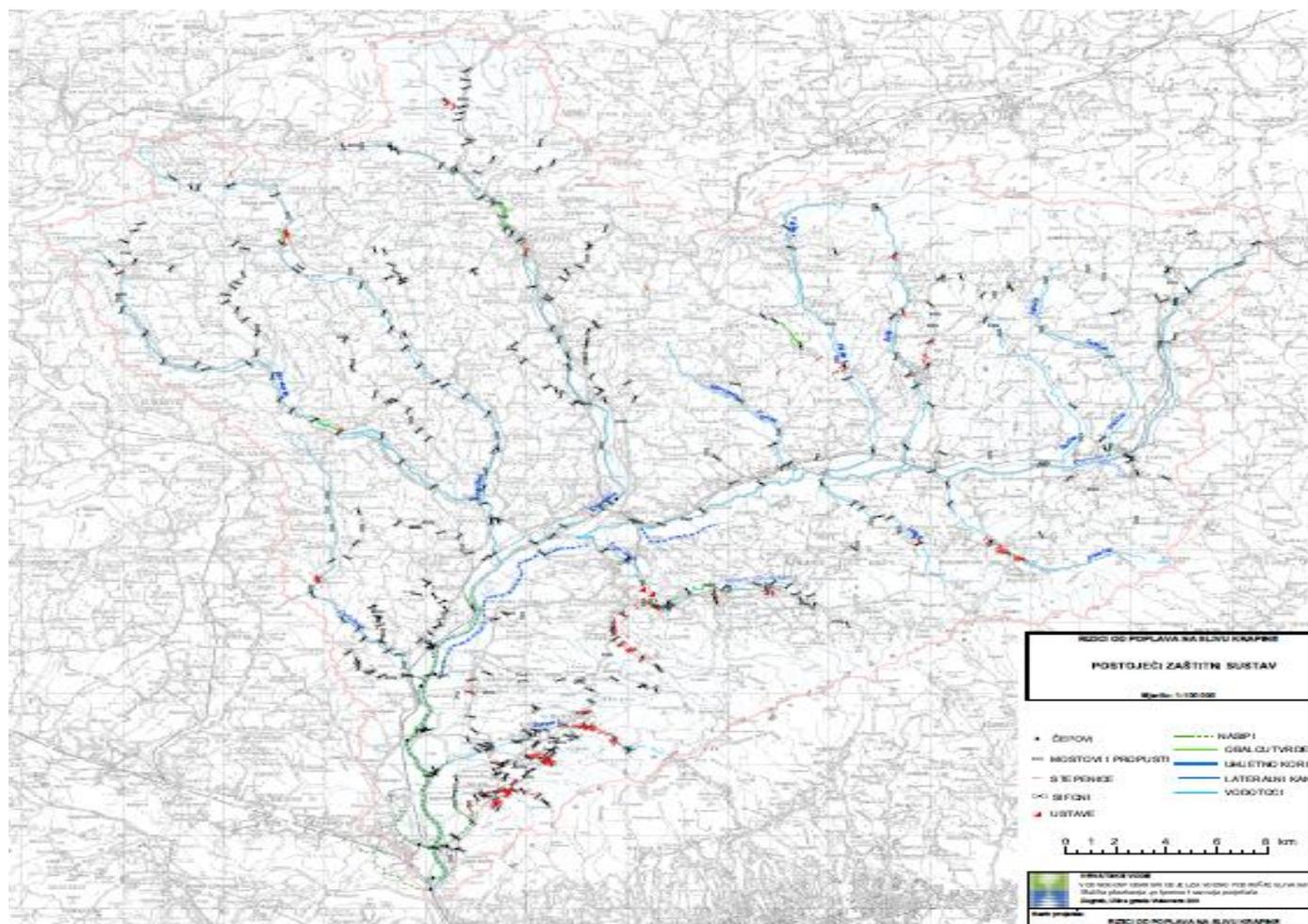
Rožić, M., Stipaničev, D., Prusina, M., 2004: *Rizici od poplava na slivu Krapine*, studija, Hrvatske vode, Zagreb, 20, 35, 32, 42 str

Šegota, T., Filipčić, A., 1996: *Klimatologija za geografe*, Školska knjiga, Zagreb

Tomić, D., 2015: *Promjene režima otjecanja u porječju Krapine*, diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 21, 23, 26-29 str.

IZVOR 1: DHMZ HR, Hidrološki sektor, Zagreb, 2018

PRILOZI:



Slika 12. Postojeći zaštitni sustav

Izvor: Rizici od poplava na slivu Krapine, studija, 2004