

Regulacijski zahvati na rijeci Bednji na primjeru nekoliko lokacija od Ludbrega do Malog Bukovca

Grabec, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:938097>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

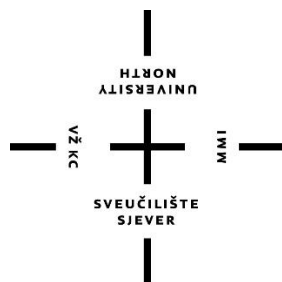
Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-29**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





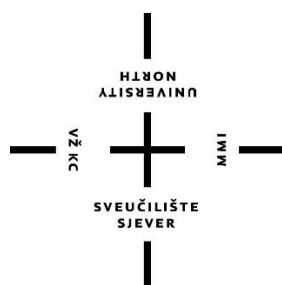
**Sveučilište
Sjever**

Završni rad br. 396/GR/2020

**Regulacijski zahvati na rijeci Bednji na primjeru nekoliko
lokacija od Ludbrega do Malog Bukovca**

Mario Graberec, 0148/336

Varaždin, rujan 2020. godine



Sveučilište Sjever

Graditeljstvo

Završni rad br. 396/GR/2020

Regulacijski zahvati na rijeci Bednji na primjeru nekoliko lokacija od Ludbrega do Malog Bukovca

Student

Mario Grabec, 0148/336

Mentor

Doc.dr.sc. Bojan Đurin

Varaždin, rujan 2020. Godine

Sveučilište
Sjever

LIBRARIJA
SVEUČILIŠTE
SJEVER



SVEUČILIŠTE
SJEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Mario Grabec pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Regulacijski zahvati na rijeci Bednji na primjeru nekoliko lokacija od Ludbrega do Malog Bukovca te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
Mario Grabec

Grabec Mario
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Mario Grabec neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog rada pod naslovom Regulacijski zahvati na rijeci Bednji na primjeru nekoliko lokacija od Ludbrega do Malog Bukovca čiji sam autor/ica.

Student/ica:
Mario Grabec

Grabec Mario
(vlastoručni potpis)

Drijava završnog rada

Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL Odjel za graditeljstvo

STUDIJ preddiplomski stručni studij Graditeljstvo

PRISTUPNIK Mario Grabec

MATIČNI BROJ 0148/336

DATUM 16.09.2020.

KOLEGIJ Regulacije i melioracije

NASLOV RADA Regulacijski zahvati na rijeci Bednji na primjeru nekoliko lokacija od Ludbrega do Malog Bu

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU Regulation works on the river Bednja on the example of several locations from Ludbreg to I

MENTOR dr.sc. Bojan Đurin

ZVANJE docent

ČLANOVI POVJERENSTVA

1. prof.dr.sc. Božo Soldo

2. doc.dr.sc. Bojan Đurin

3. doc.dr.sc. Danko Markovinović

4. doc.dr.sc. Željko Kos

5.

Zadatak završnog rada

BROJ 396/GR/2020

OPIS

U završnom radu, uz teoretsku podlogu, prikazani su i opisani regulacijski zahvati na rijeci Bednji na nekoliko lokacija od Ludbrega do Malog Bukovca. Uz navedeno, opisan je i utjecaj regulacija na okoliš. Predloženi okvirni sadržaj rada po poglavljima je:

- Uvod
- Regulacijski zahvati na vodotocima
- Pregled i opis regulacijskih zahvata na promatranim lokacijama
- Rasprava
- Zaključak
- Literatura

ZADATAK URUČEN

POTPIS MENTORA

Sažetak

U radu se daje teoretski pregled i opis regulacijskih zahvata na vodotocima. U sklopu rada, na rijeci Bednji na lokacijama od Ludbrega do Malog Bukovca analizirano je šest lokacija na djelomično reguliranim dijelovima rijeke. Lokacije se nalaze ispod cestovnih mostova kojima prolaze prometnice, pri čemu je analiziran uzvodni i nizvodni dio lokacija. Za svaku lokaciju prikazano je trenutno stanje. Uvidom u zatečeno stanje obala, regulacijskih zahvata i vegetacije na lokacijama vidljiva je potreba za sanacijom, što se u najvećoj mjeri odnosi na čišćenje od prevelike vegetacije i raslinja. Posebna pažnja u radu posvetila se izvedenim zahvatima i njihovom stanju. U radu su dane smjernice i prijedlozi za sanaciju uzevši u obzir ne samo građevinski (hidrotehnički) aspekt, već i ekološki.

KLJUČNE RIJEČI: regulacija, zahvati, vegetacija, rijeka Bednja

Summary

The paper provides a theoretical overview and description of regulatory interventions on watercourses. As part of the work, six locations on partially regulated parts of the river were analyzed on the Bednja River at the locations from Lubbreg to Mali Bukovac. The locations are located under the road bridges through which the roads pass, and the upstream and downstream part of the locations were analyzed. The current status is displayed for each location. Insight into the current condition of the shores, regulatory interventions and vegetation at the locations shows the need for remediation, which is mostly related to clearing of excessive vegetation and vegetation. Special attention in the work was paid to the performed procedures and their condition. The paper presents guidelines and proposals for remediation taking into account not only the construction (hydrotechnical) aspect, but also the environmental one.

KEYWORDS: regulation, interventions, vegetation, Bednja river

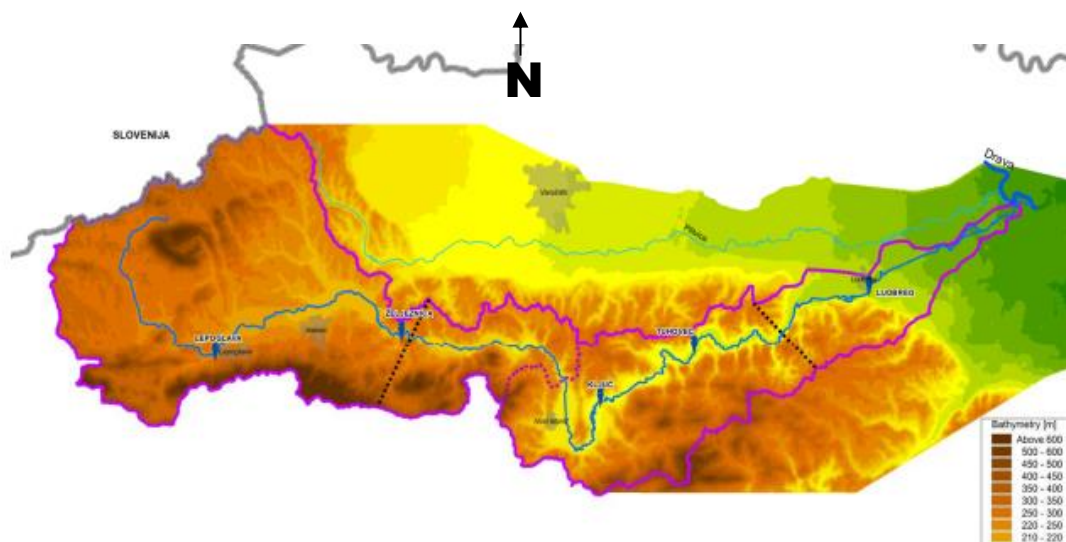
Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Regulacijski zahvati na vodotocima	2
2.1.	Obaloutvrda	4
2.2.	Paralelna građevina	8
2.3.	Regulacijska deponija (kamene naslaga)	8
2.4.	Traverza	9
2.5.	Regulacijsko pero.....	10
2.6.	Pregrada.....	11
2.7.	Prokop	11
2.8.	Wolfovi odboji.....	12
3.	Pregled i opis regulacijskih zahvata na promatranjoj lokaciji.....	14
3.1.	Lokacija 1	14
3.2.	Lokacija 2	17
3.3.	Lokacija 3	19
3.4.	Lokacija 4	21
3.5.	Lokacija 5	22
3.6.	Lokacija 6	24
4.	Rasprava.....	26
5.	Zaključak.....	27
6.	Literatura.....	28
7.	Popis slika	29

1. Uvod

Reguliranje vodotoka je građevinski postupak obrade prirodnih ili umjetnih vodotoka, odnosno izgradnja i pružanje zaštitnih mjera od štetnih utjecaja vodotoka (poplava, leda, i sl.) te poboljšanje korištenja vodnog bogatstva. Potreba za reguliranjem raste sukladno rastu broja stanovništva, razvoju gospodarstva i industrije. Regulacija je od velike važnosti za stanovništvo zbog opskrbe vodom za piće, higijenskih navika, rekreacije i sporta, dok je za razvitak gospodarstva i industrije potreba za reguliranjem vodotoka neophodna kako bi se osigurale potrebne količine vode za proizvodnju električne energije, odnosno hlađenje uređaja. Regulacijom treba vodotok tako usmjeriti da se otklone štetna djelovanja i omogući njegovo višenamjensko korištenje [1].

Rijeka Bednja cijelim tokom teče kroz Hrvatsku i desna pritoka rijeke Drave. Izvire kod Trakošćana u Maceljskom gorju na 320 m n.v. u Hrvatskom Zagorju. Duga je 133km, uljeva se u rijeku Dravu kod Malog Bukovca na 136 m n.v. Teče kroz mjesta Bednju, Lepoglavu, Ivanec, Beletinec, Novi Marof, Varaždinske Toplice i Ludbreg. Ona čini sjevernu prirodnu granicu i odvaja planinu Kalnik od Topličkog gorja zapadno i od Podravine istočno. Bednja je najduža rijeka koja ima izvor i ušće u Hrvatskoj i koja cijelim svojim tokom teče unutar Hrvatske. Rijeka Bednja cijelim svojim tokom nije plovna. Slika 1.1. prikazuje tok rijeke Bednje od izvora do njenog ušća u rijeku Dravu [2].



Slika 1.1. Tok rijeke Bednje od izvora u Maceljskom gorju do ušća u rijeku Dravu kod Malog Bukovca [3]

2. Regulacijski zahvati na vodotocima

Regulacijske su građevine s konstrukcijskog aspekta jednostavne, međutim odabir tipa, razmještaj u prostoru njihovo oblikovanje spadaju u grupu složenih inženjerskih izazova. Regulacijske građevine treba razumjeti ne kao osamljene objekte, već kao dio vodotoka koji će u sustavu, s obzirom na nove uvjete poprimiti drugačija obilježja. Do osnovnih dimenzija i dispozicije regulacionih građevina dolazi se kroz hidrauličke i morfološke analize. Izbor optimalne konstrukcije građevina se zasniva na tehno-ekonomskoj analizi u kojoj se uspoređuju troškovi izvođenja i održavanja u periodu eksploatacije objekta [4].

Regulacijske građevine u riječnom koritu dijele se na:

- uzdužne (paralelne),
- okomite ili poprečne,
- posebne (specijalne) [4].

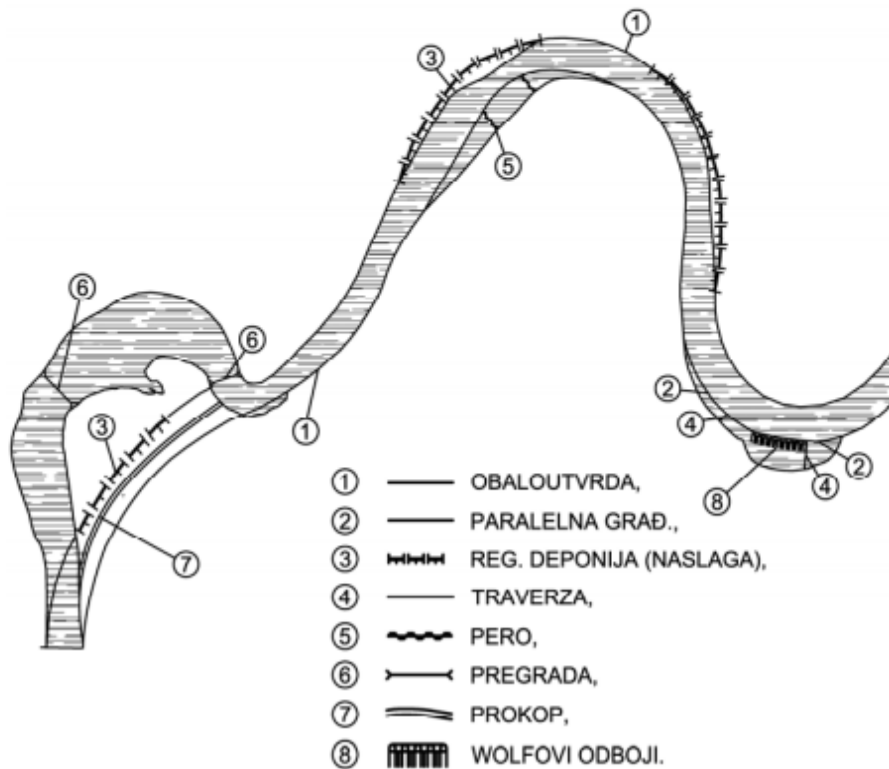
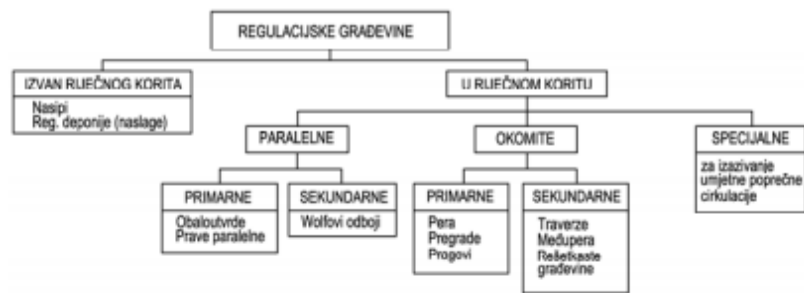
Krajnji ciljevi regulacije su:

- povećanje erozije korita i njegovo produbljivanje,
- omogućavanje protoka vode i pronosa nanosa bez smetnji,
- smanjenje erozije obale,
- izazivanje taloženja nanosa na određenim mjestima,
- povećanje protočnosti korita,
- kombinacija prethodnih namjena [4].

Tehnička rešenja izvedbe su:

- korištenje uglavnom prirodnih materijala kojih ima u blizini gradilišta,
- korištenje sposobnosti vodotoka da sam formira svoje korito [4].

Prema postojećoj literaturi i dosadašnjoj praksi u vodnom gospodarstvu, regulacijske i zaštitne vodne građevine dijele se kako je prikazano shematski na slici 2.1. [5].



Slika 2.1. Shematski prikaz podjele regulacijskih građevina [5]

2.1. Obaloutvrda

Obaloutvrde su regulacijske građevine u koritu vodotoka kojima se obale štite od erozije (slika 2.2.), te se njima usmjerava vodni tok uz obalu. Jedne su od najčešćih regulacijskih građevina. Koristimo ih na mjestima gdje su postojeća obala i projektirana po trasi vrlo blizu, kako ne bismo imali velike zemljane radove na iskopu ili nasipavanju. Veliki je broj tipova konstrukcija obaloutvrda koje se koriste u vodogradnjama. Osnovna podjela je na vertikalne i kose konstrukcije. Osnovna razlika, u konstruktivnom smislu je u prijenosu horizontalnih opterećenja. Vertikalne konstrukcije horizontalna opterećenja trebaju prenijeti u tlo, dok kod kosih konstrukcija samo tlo preuzima ta opterećenja (pitanje stabilnosti kosina). Vertikalne konstrukcije dijelimo na dvije osnovne grupe, također vezano uz prijenos horizontalnih sila. U prvu grupu spadaju gravitacijske konstrukcije kod kojih se horizontalna opterećenja prenose na tlo posredstvom vlastite težine građevine. Kod tog tipa, u samoj se konstrukciji ne pojavljuju vlačna naprezanja. Druga grupa predstavlja tipove kod kojih se horizontalna opterećenja prenose u tlo posredstvom unutarnjih sila u konstrukciji. Kod njih se javljaju i vlačna naprezanja [6].



Slika 2.2. Shematski prikaz obaloutvrde [6]

Tipovi obaloutvrda:

- **Vertikalne konstrukcije:**
 - gravitacijske konstrukcije (beton i armirani beton, gabioni, armirana zemlja) (slika 2.3.),
 - AB L-zidovi, žmurje i dijafragme (čelično žmurje, armiranobetonsko žmurje, armiranobetonske dijafragme) (slika 2.4.) [6].

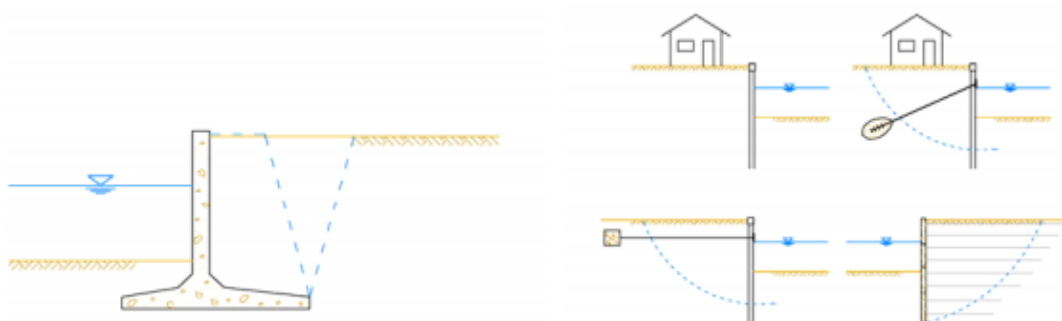
- **Kose konstrukcije:**
 - zaštita obala prirodnim materijalima (biološke vodogradnje),

- konstrukcije od kamena i gabiona,
- betonske konstrukcije,
- geotekstil i geomembrane,
- asfaltne konstrukcije [6].

Gravitacijske konstrukcije od gabiona se često koriste u regulacijama vodotoka zbog toga što su prilagodljive i vodopropusne. Ne samo da se prilagođavaju neravninama temeljnog tla, nego podnose i deformacije tijekom eksploatacije. Izvode se od košara i madraca (čelične pletene ili zavarene žice zaštićene od korozije cinčanjem ili slojem PVC-a, polimerne mreže) koji se ispune kamenim materijalima (trajni, otporan na trošenje, te utjecaje vode smrzavice i atmosferilija)[6].



Slika 2.3. Vertikalne gravitacijska obaloutvrda od gabionskih košara [6]



Slika 2.4. Shematski presjek vertikalnih konstrukcija obaloutvrde tipa AB L-zida, korištenjem žmurja, dijafragmi i armirane zemlje [6]

Tipovi obloga obaloutvrda:

Kamene obaloutvrde:

- Kamenomet (rip-rap),

- Rukom slagana obloga (roliranje),
- Zidana obloga u mortu,
- Kameni blokovi povezani asfaltnim mastiksom[6].

Betonske obaloutvrde:

- Montažni betonski blokovi (slobodno položeni),
- Uklješteni betonski blokovi,
- Povezani betonski blokovi (užadima)[6].

Obaloutvrde od geotekstila:

- Zatravljeni kompozitni madraci,
- Trodimenzionalni madraci i mreže,
- Dvodimenzionalne mreže[6].

Obaloutvrde od asfalta:

- Asfaltbeton (zahtjev nepropusnosti)[6].



Slika 2.5. Kosa obaloutvrda s oblogom od lomljenog kamena [6]



Slika 2.6. Kosa obaloutvrda s oblogom od gabionskih madraca [6]



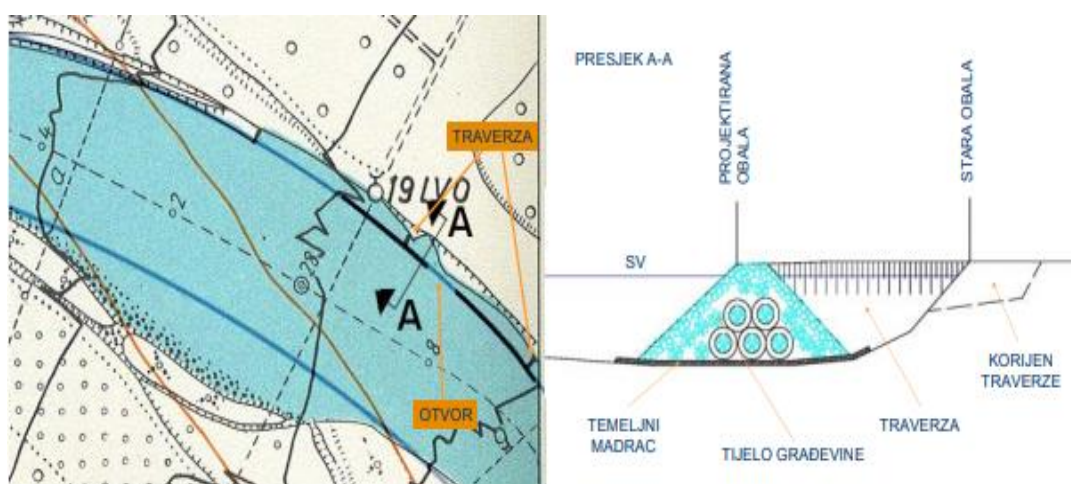
Slika 2.7. Kose obaloutvrde s oblogom od betonskih blokova[6]



Slika2.8. Kose obaloutvrde s oblogom od sintetskih materijala ispunjenih zemljom[6]

2.2. Paralelna građevina

Regulacijske građevine u riječnom koritu kojima se (uglavnom na konkavnim stranama) obala premiješta u korito rijeke. Uglavnom se izvode kao nasipne konstrukcije od lomljenog kamena trasirane na poziciji buduće obale vodotoka. Prostor između paralelne građevine i postojeće obale vremenom se ispunjava nanosom te se u konačnici zatrpa. Taj proces ubrzava izgradnja traverzi – poprečnih građevina između postojeće obale i paralelne građevine, te otvora koji omogućavaju komunikaciju vode i taloženje nanosa i kod manjih vodostaja. Slika 2.9. daje shematski prikaz paralelnih regulacijskih građevina [6].

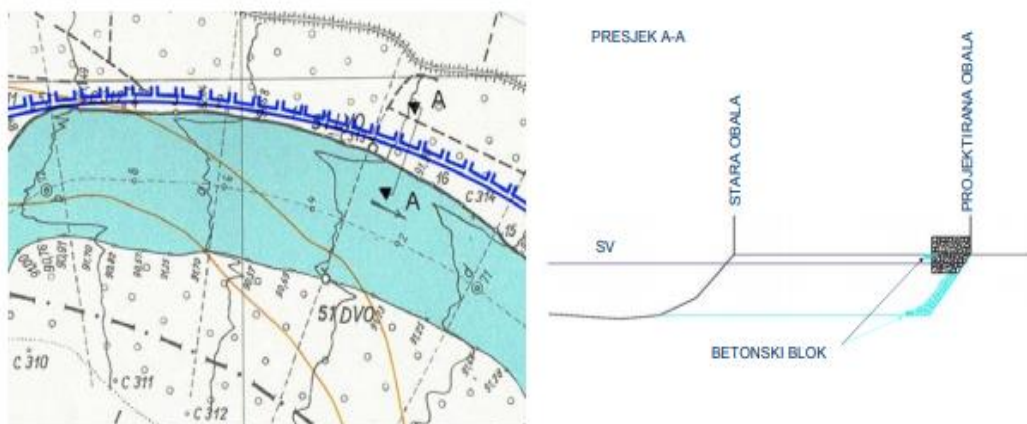


Slika 2.9. Shematski prikaz paralelnih regulacijskih građevina [6]

2.3. Regulacijska deponija (kamene naslage)

Deponije su regulacijske građevine izvan glavnog korita čija je namjena sprečavanje daljnje erozije obale (stabilizacija obale na projektiranom položaju). Izvode se na projektiranoj trasi obale izvan korita vodotoka. Vrlo su jednostavne konstrukcije. Radi se o najobičnijem nasipu od kamenaog materijala čiji promjer zrna je takav da može odoljevati hidrodinamičkom opterećenju toka vode. Taj nasip može biti djelomično ukopan u tlo, a može biti izveden na način da se formira suhozid. Na mjestu gdje je postoji prirodna ili umjetno izazvana erozija obale, vodotok se širi. Proces je postupan i nije moguće predvidjeti koliko će daleko vodotok erodirati tu obalu, niti koliko će dugo taj proces trajati. Kako bi se spriječila prekomjernu eroziju i neželjeni pomak obale izvode se deponije. One se, nakon što ih vodotok podloče, uruše i oblože

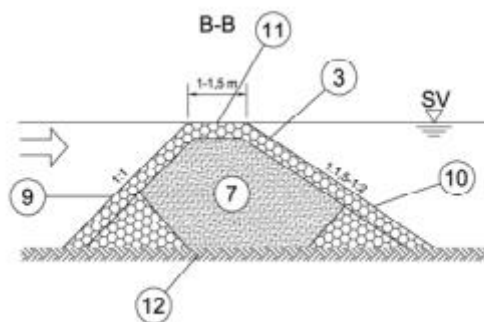
pokos obale. Kasnije se ta obala uredi u konačan oblik. Slika 2.10. daje shematski prikaz deponije (kamene naslage)[6].



Slika 2.10. Shematski prikaz deponije (kamene naslage) [6]

2.4. Traverza

Traverza je vodna građevina u konkavi riječne krivine. Gradi se okomito na paralelnu građevinu koju povezuje s obalom. To je masivna građevina uglavnom od kamena, kao i paralelna građevina, s dobro utvrđenim korijenom u obali. Funkcija paralelne građevine s traverzama je smanjenje širine korita za malu vodu na projektiranu veličinu. To se postiže smanjivanjem brzine vode, odnosno zamuljivanjem pravokutnih polja što ih formiraju paralelne građevine s traverzama. Proces zamuljivanja nastaje prelijevanjem vode preko traverze, a može se pospješiti ostavljanjem otvora u paralelnoj građevini. Slika 2.11. daje shematski prikaz poprečnog presjeka traverze [5]. Pri tome je: 7 Tijelo traverze, 3 Traverza, 9 Prsa traverze, 10 Leđa traverze, 11 Kruna traverze, 12 Temelj traverze ili temeljni jastuk.



Slika 2.11. Shematski prikaz poprečnog presjeka traverze [5]

2.5. Regulacijsko pero

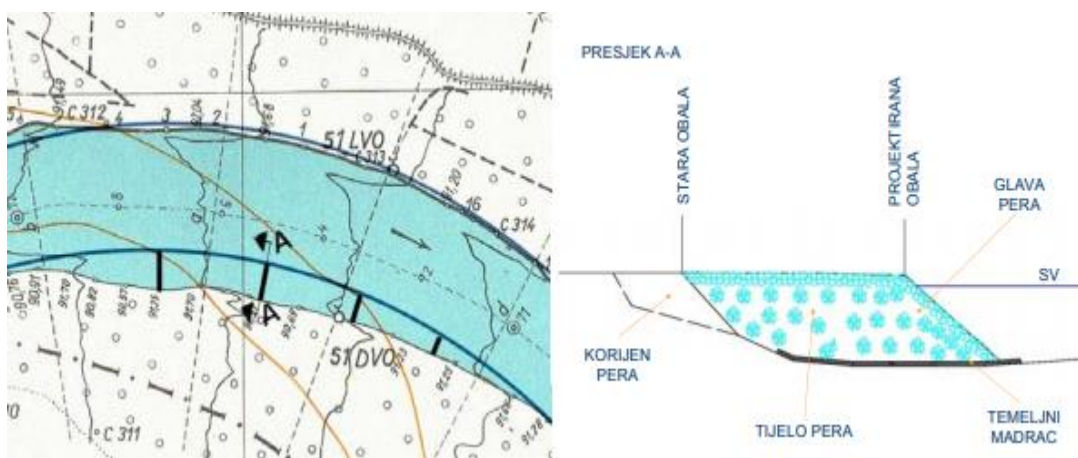
Regulacijska pera su građevine u riječnom koritu kojima se obala premiješta u korito rijeke (slika 2.12.). Poprečne su građevine, a izvode se na način da se od postojeće obale do trase buduće obale nekom konstrukcijom (najčešće nasipom od lomljenog kamena) djelomično prepriječi protočni profil korita. Učinak im je povećanje brzine toka (zbog kontrakcije protočnog profila), a time i povećanje erozijske sposobnosti vodotoka što za posljedicu ima produbljenje korita. S druge strane, prostor između pera postaje umrtvljena zona za proticanje vode te se tako inicira taloženje suspendiranog nanosa. S vremenom prostor se zatrpava i pomiče se obala u korito. Zbog izrazito velike izazvane turbulencije u zoni glave pera, tome dijelu konstrukcije potrebno je posvetiti posebnu pažnju. Za pera potrebno je odrediti njihovu duljinu, visinu, razmak i otklon u odnosu na smjer toka vode, kako bi se postigao željeni učinak [6].

Prednosti regulacijskog pera su:

- Laka prilagodba i ispravljanje pogrešaka,
- Efikasno nasipavanje staroga korita,
- Manji troškovi izgradnje [6].

Mane regulacijskog pera su:

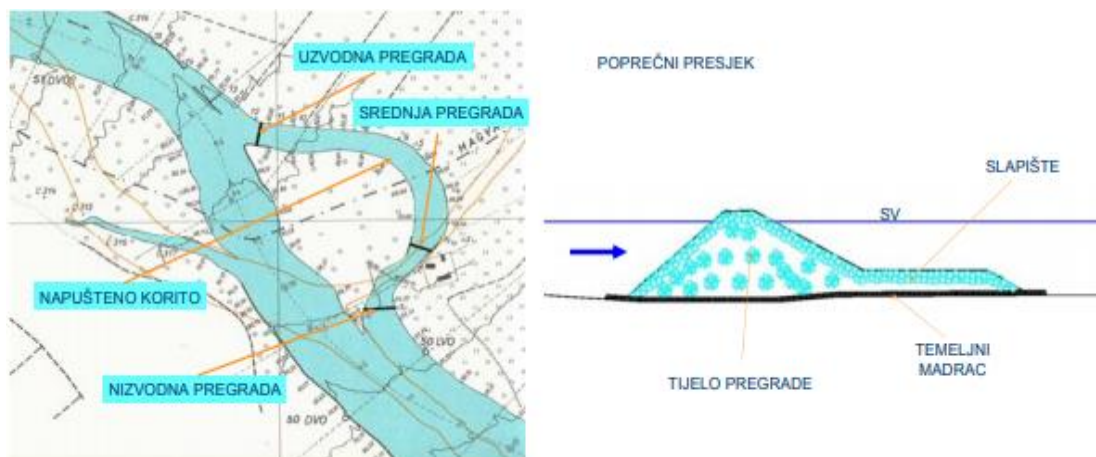
- Izazivanje poprečnih strujanja u koritu vodotoka,
- Česte havarije kod velikih voda (prelijevanje preko pera),
- Definiranje regulacijske obale je točkasto (a ne kontinuirano) [6].



Slika 2.12. Shematski prikaz regulacijskih pera [6]

2.6. Pregrada

Pregrade su poprečne građevine čija je zadaća smanjenje brzine toka vode u bujicama čime se zaustavlja i deponira bujični nanos. Visine pregrada su 2 i više metara i konsolidiraju poprečni profil bujičnog korita u uzdužnom i poprečnom smislu. Slika 2.13. daje shematski prikaz poprečnog regulacijskih pregrada [5].

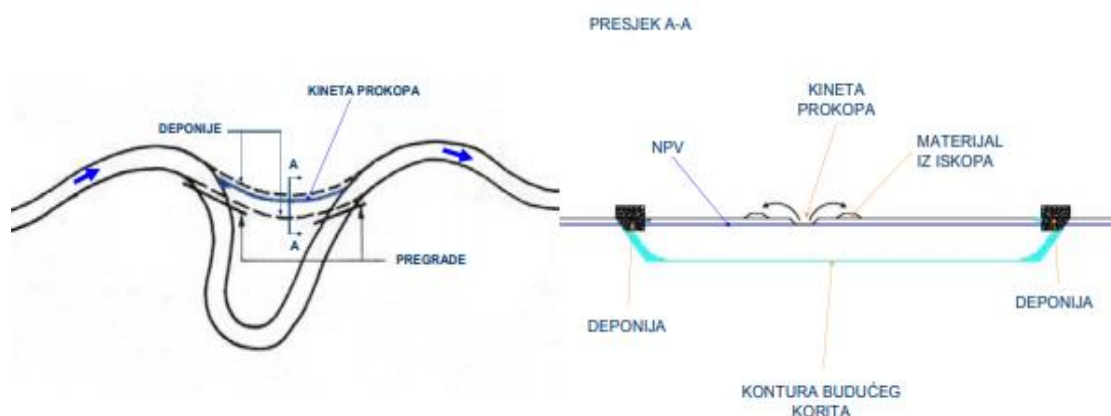


Slika 2.13. Shematski prikaz regulacijskih pregrada [6]

2.7. Prokop

Prokopi su regulacijske građevine (zahvati) presjecanja meandra kojima se skraćuje tok rijeke. Prokopi se koriste na mjestima gdje se prirodni meandar želi skratiti zbog potreba plovnosti, povećanja protočnosti vodotoka ili potreba korištenja meandra za druge svrhe (npr. osnivanje luke ili zimovnika). Na mjestu prokopa kombinira se niz regulacijskih građevina. To su obaloutvrde na koritu vodotoka ispred i iza prokopa, zatim kamene deponije na samom prokopu, kineta prokopa kao inicijalno korito te pregrade. Na slici 2.14 dan je shematski prikaz prokopa s pripadajućim građevinama. Obaloutvrde sprečavaju neželjene promjene na koritu vodotoka ispred i iza prokopa. Kineta, kao inicijalno korito izvodi se kao kanal do razine podzemne vode i uvijek se trasira bliže konveksnoj (unutrašnjoj) obali zavoja korita. Deponije služe kontroli procesa širenja prokopa i ograničavanju na projektnu širinu. Pregrade se izvode s uzvodne i nizvodne strane prokopa ili samo s uzvodne strane, ovisno o tome da li će se napušteno korito koristiti u neke svrke (luka) ili ne. One se izvode tek nakon što se gotovo u cjelosti formira novo korito, odnosno dok se ne formira do te mjere da njime može nesmetano protjecati voda, nanos i led (kako ne bi izazvale preveliki uspor vode i eventualno poplave uzvodno od prokopa). Pregrade ubrzavaju proces konačnog formiranja prokopa, ali se obično izvode u fazama (ili po visini ili po duljini) kako bi se do potpunog formiranja korita kroz staro korito mogle propuštati vodne količine velikih vodnih valova. Prokopi su relativno agresivni zahvati na vodotoku koji imaju posljedice u promjeni režima tečenja, režima pronosa nanosa te

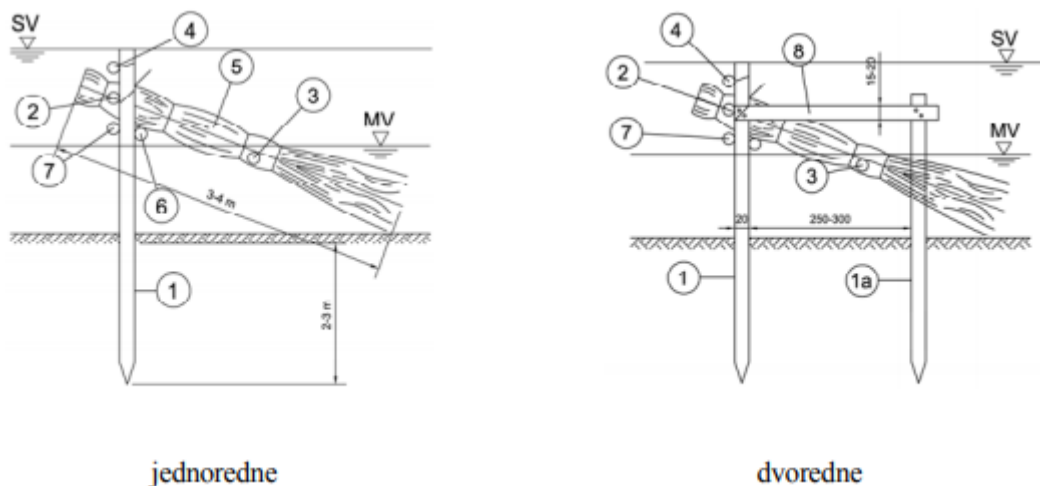
na promjene geometrije korita ne samo na lokaciji prokopa nego i šire. Razlog je lokalno skraćenje zbog kojeg se inicijalno lokalno povećava uzdužni pad (veća energija toka) [6].



Slika 2.14. Shematski prikaz prokopa [6]

2.8. Wolfovi odboji

Wolfovi odboji (lese) su pomoćne regulacijske građevine pomoću kojih se vodni tok djelomično odbija (skreće) od svog osnovnog smjera, a djelomično se usporava onaj dio toka koji prolazi kroz i preko tih gradnji. Time se izaziva taloženje suspendiranog nanosa na dijelu korita koji je pomoću tih građevina odvojen od glavnog toka. Wolfove lese se izvode u koritu vodotoka duž regulacijske crte projektirane nove obale. Sastoje se od niza drvenih pilota (stupova) zabijenih u riječno dno duž regulacijske crte te od nosivih drvenih elemenata koji su uzdužno pričvršćeni na zabijene pilote, a na te uzdužne drvene elemente su pričvršćeni (ovješeni) fašinski snopovi nešto iznad nivoa malih voda, tako da čine uronjenu zavjesu u koritu vodotoka. Primjenjuju se dvoredne i jednoređne Wolfove lese. Dvoredne imaju dva, a jednoređne jedan red pilota zabijenih u nizu duž projektirane regulacijske crte. Slika 2.15. prikazuje presjek jednoređnih i dvorednih Wolfovih odboja [5].

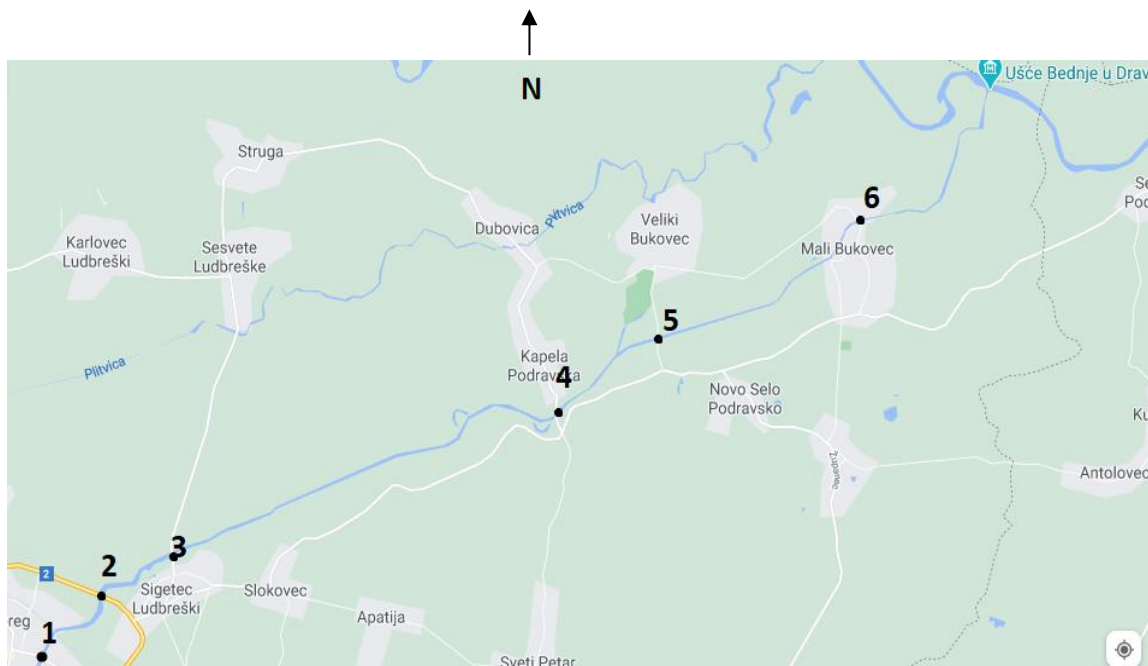


Slika 2.15. Presjek jednorednih i dvorednih Wolfovih odboja [5]

Pri tome su 1 Glavni piloti (1a pomoćni piloti), 2 Glavna nosiva motka, 3 Ukruta fašinske zavjese, 4 Pomoćne motke (drugi red), 5 Fašinski snopovi, 6 Pomoćne motke (treći red), 7 Pomoćne motke (prvi red), 8 Razupora kod dvoredne konstrukcije.

3. Pregled i opis regulacijskih zahvata na promatranim lokacijama

Promatrane lokacije na rijeci Bednji nalaze se od grada Ludbrega nizvodno do naselja Malog Bukovca. Ukupno se promatralo šest lokacija na kojima je izvedena regulacija rijeke Bednje, ali je uočena potreba za dodatnim zahvatima. Slika 3.1. prikazuje promatrane lokacije.



Slika 3.1. Promatrane lokacije na rijeci Bednji [7]

3.1. Lokacija 1

Prva promatrana lokacija nalazi se u Gradu Ludbregu – most kod limnigrafa. Na lokaciji je uočeno da su već izvedeni regulacijski zahvati u više etapa. Obje obale su uređene mehanički oblikovanjem stranica rijeke. Također, vidljivo je da je ispod mosta izvedena kosa obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most s obje njegove obale (slika 3.2.). Izvedene regulacijske građevine su u dobrom stanju te nije potrebna njihova sanacija.



Slika 3.2. Obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most na lijevoj obali [8]

Neposredno uzvodno od mosta nalazi se sabirni kanal koji nije reguliran (slika 3.3.). Ušće sabirnog kanala nije obloženo, već se nalazi u prirodnom, zemljanom iskopu i na ušću je evidentirano urušavanje njihove obale u korito. Ukoliko bi došlo do daljnjih urušavanja, na ušću sabirnog kanala u rijeku potrebno je izvesti obaloutvrdu da se spriječi daljnje erodiranje obale.



Slika 3.3. Ušće sabirnog kanala gdje je došlo do urušavanja obale u korito[8]

Uočena je potreba za čišćenjem obje obale uzvodno i nizvodno od mosta od vegetacije. Čišćenjem vegetacije dobila bi se veća protočnost rijeke Bednje zbog povećanja profila

poprečnog presjeka, odnosno hidrauličkog radijusa, kao i zbog sprječavanja zaustavljanja granja i smeća koje se može kretati rijekom. Slike 3.4. i 3.5. prikazuju stanje vegetacije na obalama uzvodno i nizvodno od mosta.



Slika 3.4. Vegetacija na obalama uzvodno od mosta[8]



Slika 3.5. Vegetacija na obalama nizvodno od mosta[8]

3.2. Lokacija 2

Drugapromatrana lokacija nalazi se kod mosta na zaobilaznici Ludbreg. Prvo što je uočeno odmah pogledom sa mosta da je obala zarasla raslinjem što se vidi na slici 3.6. Vidljiva je potreba za čišćenjem obala od vegetacije. Čišćenjem vegetacije dobila bi se veća protočnost rijeke Bednje zbog povećanja profila poprečnog presjeka, odnosno hidrauličkog radijusa, tj. povećanja protočnosti, kao i zbog sprječavanja zaustavljanja granja i smeća koje se može kretati rijekom.



Slika 3.6. Obala zarasla raslinjem uzvodno od mosta[8]

Vidljivo je da je ispod mosta izvedena kosa obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most s obje njegove obale (slika 3.7.).



Slika 3.7. Kosa obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most[8]

Uzvodno je uočeno da je izvedena kamena obaloutvrda(rip-rap) na desnoj obali (slika 3.8.), ali na lijevevoj obali je nema (slika 3.9.), te je lijeva obala neregulirana. Na desnoj obali je izvedena obaloutvrda da se spriječi daljnje erodiranje obale te da smiri tok. Sa lijeve strane rijeka ne erodira obalu.



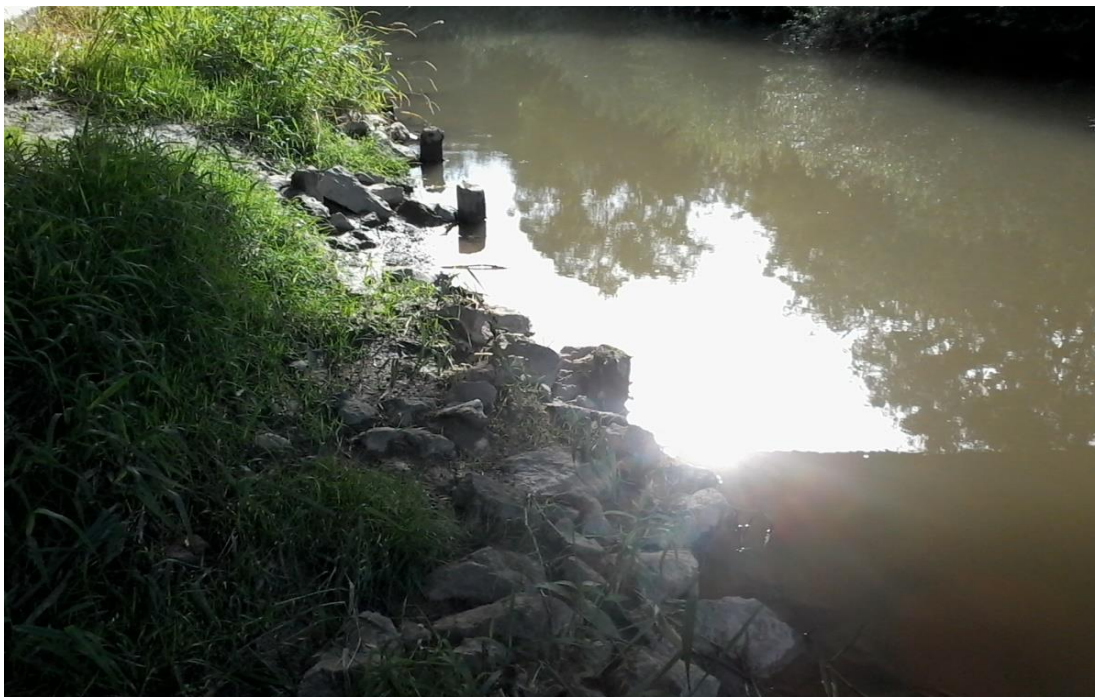
Slika 3.8. Kamena obaloutvrda(rip-rap) na desnoj obali[8]



Slika 3.9. Neregulirana lijeva obala[8]

3.3. Lokacija 3

Treća promatrana lokacija je most u mjestu Sigetec Ludbreški. Na lokaciji je uočeno da su već izvedeni regulacijski zahvati. Vidljivo je da je izvedena kosa obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most s obje njegove obale (slika 3.10.). Vidljivi su drveni stupovi (ostaci nekadašnje obaloutvrde), postavljeni u obalu.



Slika 3.10. Obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most sa drvenim stupovima [8]

Obala je zarasla raslinjem što se vidi na slici 3.11. Vidljiva je potreba za čišćenjem obala od vegetacije. Čišćenjem vegetacije dobila bi se veća protočnost rijeke Bednje zbog povećanja profila poprečnog presjeka, odnosno hidrauličkog radijusa, kao i zbog sprječavanja zaustavljanja granja i smeća koje se može kretati rijekom. Zapažena je velika količina nanosa koji je rijeka donjela usljed visokih voda (slika 3.12.). Uočena je žičana mreža koja sprječava odron obale rijeke koja bi kasnije mogla uzrokovati promjenu tokarijeke.



Slika 3.11. Uzvodna obala zarasla raslinjem[8]



Slika 3.12. Nanos ispod mosta koji je rijeka nanjela uslijed visokih voda[8]

3.4. Lokacija 4

Četvrta promatrana lokacija je most kod naselja Kapela Podravska. Na lokaciji je uočeno da je obala regulirana mehanički te da je zarasla sa vegetacijom (slika 3.13). Također je uočeno da je rijeka u tom dijelu puno sporija te dublja nego na prijašnjim promatranim lokacijama, (slika 3.14.).



Slika 3.13. Obala zarasla raslinjem koji smanjuje protok rijeke[8]



Slika 3.14. Rijeka Bednja kodmjestu Kapela Podravska[8]

3.5. Lokacija 5

Peta promatrana lokacija je most kod Velikog Bukovca. Na lokaciji je izgrađen prag (slike 3.15., 3.16., 3.17.) od mješavine kamenog i šljunčanog materijala. Razlog je usporavanje toka vode kod mosta radi sprječavanja erozije, tj. sprječavanje erozije stabilizacijom dna rijeke. Lijeva i desna obala ispod mosta obložene su lomljenim kamenom sa vezivom, tj. izvedena je obaloutvrda. Izvedene građevine se u dobrom stanju te nije potrebna njihova sanacija. Također je vidljivo da je potrebno uklanjanje vegetacije sa obala.



Slika 3.15 Nasuti prag te obaloutvrda ispod mosta[8]



Slika 3.16 Raslinje na obali uz prag[8]



Slika 3.17. Rijeka Bednja nakon praga [8]

3.6. Lokacija 6

Šesta promatrana lokacija je most kod mjesta Mali Bukovec. Vidljivo je da je izvedena kosa obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz obje obale (slika 3.18.). Vidljivi su drveni stupovi, postavljeni u obalu. Zapažena je žičana mreža koja sprječava odron obale rijeke koja bi kasnije mogla uzrokovati promjenu toka rijeke. Također je vidljivo da je potrebno čišćenje vegetacijena obalama (slika 3.19.).



Slika 3.18. Obaloutvrda na lijevoj obali koju drže stupovi te žičana mreža[8]



Slika 3.19. Vegetacija na obalama nizvodno od mosta[8]

4. Rasprava

Na svim promatranim lokacijama uočena je potreba za regulacijskim radovima. Potrebno je čišćenje od vegetacije uz postojeće regulacijske objekte (obaloutvrde, pragovi, mostovi) te popravak dijelova postojećih regulacijskih građevina (pragova, obaloutvrda). Provođenje selektivne siječe vegetacije je od iznimne važnosti na svim lokacijama. Kod sječe vegetacije treba obratiti pažnju na okoliš kako bi se negativni utjecaji mogli spriječiti ili ublažiti.

Predlaže se intenzivno čišćenje vegetacije i raslinja na dijelovima rijeke Bednje koja prolazi u blizini naselja, industrijskih objekata i poljoprivrednih površina. Time bi velike vode mogle što prije proći kroz takve dijelove bez opasnosti od plavljenja. Kod dijelova koji prolaze blizu šuma i močvara preporuča se minimalno održavanje u smislu sprječavanja rasta većeg grmlja ili drveća u samome koristu, budući da to može uzrokovati nastanak začepljenja, odnosno pojavu uspora na uzvodnoj strani te izlivanje koje može uzrokovati opasnost ukoliko se uzvodno nalaze urbane sredine.

5. Zaključak

Obilaskom lokacija na rijeci Bednji vidljivo je da se regulacijske građevine koje su izvedene i nalaze se ispod mostova održavane, ali one koje se nalaze uzvodno ili nizvodno od promatranih lokacija nisu uređene. Izvedeni hidrotehnički objekti obaloutvrde i pragovi se uredno održavaju te je po potrebi potrebna samo manja sanacija dodavanjem materijala koji je ispran ili čak i otuđen.

Ekstremni klimatski događaji (male ili velike količine oborina, visoke temperature) predstavljaju sve veći i veći problem kod regulacija vodotoka, naročito prirodnih. Male količine oborina i visoke temperature zraka dovode do pojave presušenja vodotoka, odnosno rasta vegetacije, grmlja pa čak i drveća ne samo uz obale, već i u samom koritu vodotoka. Ukoliko dođe do porasta protoka radi ekstremno velikih oborina, takva mjesta uzrokuju začepjenja zbog transporta vegetacije i granja, ali i smeća kroz vodotok. Tada regulacijske građevine gube svoju ulogu.

Usprkos svim raspoloživim modelima, provedenim znanstvenim istraživanjima te stalnim praćenjem parametara koji predviđaju klimatske promjene, iznimno je nezahvalno predvidjeti pojavu ekstremnih oborina i/ili temperatura zraka. Ljudska aktivnost, ali i svijest imaju iznimnu važnost kod zaštite okoliša. Svako odlaganje otpada, kao i nekontrolirano crpljenje vode dovodi do promjene režima tečenja vode u vodotoku, odnosno do opasnosti za ekoosustav.

Sveučilište
Sjever

LIBRARIJ
SVEUČILIŠTE
SJEVER



SVEUČILIŠTE
SJEVER

**IZJAVA O AUTORSTVU
I
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU**

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, Mario Grabec pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor završnog rada pod naslovom Regulacijski zahvati na rijeci Bednji na primjeru nekoliko lokacija od Ludbrega do Malog Bukovca te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:
Mario Grabec

Grabec Mario
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, Mario Grabec neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog rada pod naslovom Regulacijski zahvati na rijeci Bednji na primjeru nekoliko lokacija od Ludbrega do Malog Bukovca čiji sam autor/ica.

Student/ica:
Mario Grabec

Grabec Mario
(vlastoručni potpis)

6. Literatura

- [1] P. Stojić: Hidrotehničke građevine, Knjiga III., Sveučilište u Splitu, Građevinski fakultet, Split, 1999.
- [2] Rijeka Bednja. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2020., dostupno 22.09.2020.
- [3] K. Čargonja-Reicher: EU Projekt Zaštite od Poplava na Slivu Bednje, Studija Utjecaja na Okoliš, za 3. sjednicu Povjerenstva
- [4] N. Kuspilić, E. Ocvirk: Hidrotehničke građevine, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2014.
- [5] N. Kuspilić, Igor Kapitan: OPĆI TEHNIČKI UVJETI ZA RADOVE U VODNOM GOSPODARSTVU, KNJIGA 1 Gradnja i održavanje regulacijskih i zaštitnih vodnih građevina i vodnih građevina za melioracije, Zagreb, prosinac 2010.
- [6] N. Kuspilić: Hidrotehničke građevine, 2. dio, Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet, Zagreb, 2008.
- [7] <https://www.google.com/maps/@46.2772171,16.6924223,13.25z>, dostupno 23.09.2020.
- [8] Đurin, B.: Autorske fotografije, 2020.

Popis slika

Slika 1.1. Tok rijeke Bednje od izvora u Maceljskom gorju do ušća u rijeku Dravu kod Malog Bukovca [3]	1
Slika 2.1. Shematski prikaz podjele regulacijskih građevina [5].	3
Slika 2.2.. Shematski prikaz obaloutvrde [6]	4
Slika 2.3. Vertikalne gravitacijska obaloutvrda od gabionskih košara [6]	5
Slika 2.4. Shematski presjek vertikalnih konstrukcija obaloutvrde tipa AB L-zida, korištenjem žmurja, dijafragmi i armirane zemlje [6]	5
Slika 2.5. Kosa obaloutvrda s oblogom od lomljenog kamena [6]	6
Slika 2.6. Kosa obaloutvrda s oblogom od gabionskih madraca [6]	7
Slika 2.7. Kose obaloutvrde s oblogom od betonskih blokova[6].....	7
Slika 2.8. Kose obaloutvrde s oblogom od sintetskih materijala ispunjenih zemljom[6]	7
Slika 2.9. Shematski prikaz paralelnih regulacijskih građevina [6]	8
Slika 2.10. Shematski prikaz deponije (kamene naslage) [6]	9
Slika 2.11. Shematski prikaz poprečnog presjeka traverze [5]	9
Slika 2.12. Shematski prikaz regulacijskih pera [6]	10
Slika 2.13.. Shematski prikaz regulacijskih pregrada [6]	11
Slika 2.14. Shematski prikaz prokopa [6].....	12
Slika 2.15. Presjek jednorednih i dvorednih Wolfovih odboja [5].....	13
Slika 3.1. Promatrane lokacije na rijeci Bednji [7].....	14
Slika 3.2. Obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most na lijevoj obali [8].....	15
Slika 3.3. Ušće sabirnog kanala gdje je došlo do urušavanja obale u korito[8].....	15
Slika 3.4. Vegetacija na obalama uzvodno od mosta[8].....	16
Slika 3.5. Vegetacija na obalama nizvodno od mosta[8].....	16
Slika 3.6. Obala zarasla raslinjem uzvodno od mosta[8].....	17
Slika 3.7. Kosa obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most[8].....	17
Slika 3.8. Kamena obaloutvrda (rip-rap) na desnoj obali[8].....	18
Slika 3.9. Ne regulirana lijeva obala[8]	18
Slika 3.10. Obaloutvrda od kamena (rip-rap) uz most sa drvenim stupovima [8]	19
Slika 3.11. Uzvodna obala zarasla raslinjem[8]	20
Slika 3.12. Nanos ispod mosta koji je rijeka nanijela uslijed visokih voda[8]	20
Slika 3.13. Obala zarasla raslinjem koji smanjuje protok rijeke[8]	21
Slika 3.14. Rijeka Bednja kod mjesta Kapela Podravska [8].....	22

Slika 3.15. Nasuti prag te obaloutvrda ispod mosta[8].....	23
Slika 3.16. Raslinje na obali uz prag[8].....	23
Slika 3.17. Rijeka Bednja nakon praga [8]	24
Slika 3.18. Obaloutvrda na lijevoj obali koju drže stupovi te žičana mreža[8]	25
Slika 3.19. Vegetacija na obalama nizvodno od mosta[8].....	25