

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvorna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Drole, L., 2016. Inženirsko biološke ureditve na grajenih razbremenilnikih. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Steinman, F., somentor Kozelj, D.): 31 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5888/>

Datum arhiviranja: 12-10-2016

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Drole, L., 2016. Inženirsko biološke ureditve na grajenih razbremenilnikih. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Steinman, F., co-supervisor Kozelj, D.): 31 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5888/>

Archiving Date: 12-10-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM PRVE STOPNJE  
VODARSTVO IN OKOLJSKO  
INŽENIRSTVO**

Kandidat:

**LUKA DROLE**

**INŽENIRSKO BIOLOŠKE UREDITVE NA GRAJENIH  
RAZBREMENILNIKIH**

Diplomska naloga št.: 64/B-VOI

**THE USE OF BIOENGINEERING TECHNIQUES ON  
OVERFLOW CHANNELS**

Graduation thesis No.: 64/B-VOI

**Mentor:**

prof. dr. Franc Steinman

**Somentor:**

asist. dr. Daniel Kozelj

Ljubljana, 20. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

Spodaj podpisani/-a študent/-ka LUKA DROLE, vpisna številka 26300425, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: INŽENIRSKO BIOLOŠKE UREDITVE NA GRAJENIH RAZBREMENILNIKIH

### IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

- a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
  
- b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Podpis študenta/-ke:

\_\_\_\_\_

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK: 502.131.1:626.86(497.4)(043.2)**

**Avtor: Luka Drole**

**Mentor: prof. dr. Franci Steinman**

**Somentor: asist. dr. Daniel Kozelj**

**Naslov: Inženirsko biološke ureditve na grajenih razbremenilnikih**

**Tip dokumenta: Diplomaska naloga – univerzitetni študij**

**Obseg in oprema: 31 str., 34 sl., 2 en.**

**Ključne besede: Ara, Rižana, sonaravni ukrepi, razbremenilnik**

### **Izvleček**

Voda je pomemben vir življenja kot gradnik organizmov in kot življenjski prostor le teh. Slednjega se tudi ljudje vedno bolj zavedamo. Zato se pri urejanju vodnih in obvodnih teles vse pogosteje zatekamo k sonaravnim ukrepom. To so ukrepi, s katerimi se hkrati ugotovi hidravličnim zahtevam in ohranja ali povečuje biodiverzitetno urejanega prostora. V diplomski nalogi sem na tak način izpeljal idejno ureditev na razbremenilniku Ara, ki odvaja visoke vode Rižane v somorični del naravnega rezervata Škocjanski zatok.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT****UDK: 502.131.1:626.86(497.4)(043.2)****Author: Luka Drole****Supervisor: Prof. Franci Steinman, Ph.D.****Cosupervisor: Asist. Daniel Kozelj, Ph.D.****Title: The use of bioengineering techniques on overflow channels****Document type: Graduation Thesis – University studies****Length and equipment: 31 p., 34 fig., 2 eq.****Keywords: Ara, Rižana, sustainable measures, overflow channel****Abstract**

Water is an important source of life. Not only as a building block for organisms, but also as their habitat. Because of this, the use of bioengineering techniques in fields of water management is becoming more common. Bioengineering techniques are techniques, that meet the hydraulic requirements, while maintaining or increasing the biodiversity. In this thesis I planned the restoration of the overflow channel Ara, which discharges the high waters of river Rižana into the brackish part of Škocjanski zatok nature reserve, with the use of bioengineering techniques.

## **ZAHVALA**

Rad bi se zahvalil mentorju in somentorju za strokovno nasvete, ki so mi bili v pomoč pri izdelavi diplomske naloge. Prav tako bi se rad zahvalil staršem in vsem svojim bližnjim, ki so mi bili v oporo skozi vsa leta študija.

**KAZALO VSEBINE**

1	UVOD .....	1
2	PREDPISI .....	2
2.1	Zakon o vodah .....	2
2.2	Vodna direktiva .....	2
2.3	Poplavna direktiva .....	3
2.4	Zakon ohranjanju narave .....	3
2.5	Zakon o graditvi objektov .....	3
3	INŽENIRSKO BIOLOŠKE UREDITVE .....	5
3.1	Prednosti sonaravnih ureditev.....	5
3.2	Možni sonaravni ukrepi na brežinah.....	5
3.2.1	Pokrivanje s potaknjenci.....	6
3.2.2	Zasajene kokosove tonjače.....	7
3.2.3	Kamnomet s potaknjenci.....	8
3.2.4	Žive vrbove fašine .....	9
3.2.5	Živi količki.....	9
3.2.6	Lesene kašte z vrbovimi fašinami .....	10
3.2.7	Zasajevanje brežin z nelesnatimi rastlinami .....	11
4	TEORETIČNA HIDRAVLIČNA IZHODIŠČA.....	12
4.1	Predpostavljen režim toka.....	12
4.1.1	Stalni enakomerni tok.....	12
4.2	Manningova enačba .....	12
5	TRENTNE RAZMERE NA IZBRANEM RAZBREMENILNIKU .....	14
5.1	Splošen opis izbranega razbremenilnika.....	14
5.2	Podrobnejši opis, meritve in izračuni v posameznih odsekih struge .....	15
6	IDEJNA ZASNOVA NAČRTOVANE PREUREEDITVE .....	22
6.1	Načrtovanje kanala za sušni pretok .....	22
6.2	Načrtovanje novih oblik prečnih prerezov.....	23
6.3	Vzdrževalna dela na predlagani ureditvi .....	29
6.4	Prednosti predlagane ureditve za investitorja in lastnike stičnih zemljišč.....	30
7	ZAKLJUČEK.....	31
VIRI	.....	32



## KAZALO SLIK

Slika 1: Primer preureditve s sonaravnimi ukrepi .....	1
Slika 2: Pokrivanje s potaknjenci.....	6
Slika 3: Zasajena kokosova tonjača .....	7
Slika 4: Kamnomet s potaknjenci .....	8
Slika 5: Žive vrbove fašine .....	9
Slika 6: Živi količki.....	10
Slika 7: Lesene kašte z vrbovimi fašinami.....	11
Slika 8: Parcelne meje v okolici razbremenilnika.....	14
Slika 9: Delitev obravnavane struge na odseke.....	15
Slika 10: Fotografija sedanjega stanja na 1.odseku .....	15
Slika 11: 1. odsek-trenutni prečni prerez .....	16
Slika 12: Fotografija sedanjega stanja na 2.odseku .....	17
Slika 13: 2. odsek-trenutni prečni prerez.....	17
Slika 14: Fotografija sedanjega stanja na 3.odseku .....	18
Slika 15: 3. odsek-trenutni prečni prerez.....	18
Slika 16: Fotografija sedanjega stanja na 4.odseku .....	19
Slika 17: 4. odsek-trenutni prečni prerez.....	19
Slika 18: Fotografija sedanjega stanja na 5.odseku .....	20
Slika 19: 5. odsek-trenutni prečni prerez.....	20
Slika 20: Prikaz pretočne sposobnosti posameznih odsekov .....	21
Slika 21: Prikaz izračuna normalnega toka v sušnem kanalu s programom Microsoft Office Excel.....	22
Slika 22: Prečna prereza sušnih kanalov .....	23
Slika 23: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 1. odsek.....	23
Slika 24: 1. odsek-načrtovani prečni prerez .....	24
Slika 25: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 2. odsek.....	25
Slika 26: 2. odsek-načrtovani prečni prerez .....	25
Slika 27: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 3. odsek.....	26
Slika 28: 3. odsek-načrtovani prečni prerez .....	26
Slika 29: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 4. odsek.....	27
Slika 30: 4. odsek-načrtovani prečni prerez .....	27
Slika 31: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 5. odsek.....	28
Slika 32: 5. odsek-načrtovani prečni prerez .....	28
Slika 33: Podrobnejši prikaz uporabljene kašte in tonjače s količki.....	29
Slika 34: Primerjava trenutne in nove pretočne sposobnosti posameznih odsekov .....	29

»Ta stran je namenoma prazna.«

## 1 UVOD

To, da je voda eden izmed najdragocenejših naravnih dobrin, postaja počasi že splošno znanje. A tukaj ne mislim zgolj na vodo kot tekočino, katero človeško telo nujno potrebuje za obstoj. Vedno več ljudi se zaveda tudi pomena vode kot ekosistema. Kot bivališča raznoraznih oblik življenja. Iz tega razloga urejanje vodotokov in obvodnih površin vedno bolj stremi k urejanju le teh na čim bolj naraven način. To se lahko dosega z ohranjanjem obstoječih naravnih oblik, ali oponašanjem teh s pomočjo naravnih materialov.

Istočasno pa se moramo zavedati dejstva, da je lahko voda za človeka tudi zelo nevarna, včasih celo pogubna. Zato je pri urejanju treba kot primarni kriterij upoštevati varnost ljudi. V kombinaciji s hitrorastočim številom prebivalstva in posledično večjega povpraševanja po vodi (za ljudi, industrijo, živinorejo...) ter širjenjem življenjskega prostora ljudi na, z vidika vode, potencialno nevarna območja, to postaja vse težje.

Prav zaradi varnosti ljudi, se je v preteklosti, predvsem v urbanih okoljih, vodotoke speljevalo v gladke, betonske struge. S tem se je dosegalo hitro odvajanje vode iz ogroženih predelov. Ta praksa se je pogosto izkazala kot neuspešna, saj se je s tem problem zgolj premestilo na drugo lokacijo, ne pa tudi rešilo. Ker se je tak način smatral kot najoptimalnejši, si večina ni, oziroma si še vedno ne predstavlja, da bi bilo tudi v urbanem okolju možno zagotoviti varnost z uporabo sonaravnih ukrepov. A po svetu je že kar nekaj primerov ureditev, ki kažejo, da temu ni tako. Med bolj znane spada preureditev struge v parku Bishan-Ang Mo Kio, ki se nahaja v Singapurju, kjer se je pokazalo, da je možno s sonaravnimi ureditvami zagotoviti poplavno varnost, hkrati pa tudi izboljšati kakovost življenja okoliških prebivalcev – treba je predvsem vodi dati več prostora in uporabiti naravne materiale.



**Slika 1: Primer preureditve s sonaravnimi ukrepi** (Li, 2012)

V tej nalogi je bila načrtovana idejna ureditev na razbremenilniku, ki se iz reke Rižane izteka v Škocjanski zatok. Pri tem je bil glavni faktor zagotavljanje vsaj enake poplavne varnosti, ob uporabi sonaravnih ukrepov.

## 2 PREDPISI

Pred poseganjem v prostor moramo vedeti, kakšna pravila, oziroma predpisi nas pri tem omejujejo. Če se o tem predhodno ne pozanimamo, nam lahko to kasneje povzroči veliko nevšečnosti in dodatnih stroškov.

### 2.1 Zakon o vodah

Zakon se ukvarja z upravljanjem morja, celinskih in podzemnih voda ter vodnih in priobalnih zemljišč. Upravljanje le teh ne obsega zgolj varstva voda, ampak tudi njihovo urejanje in odločanje o načinu rabe. Zakon prav tako ureja javne službe in javno dobro na področju voda, vodne objekte, naprave in ostala vprašanja ter probleme povezane z vodami.

Cilji zakona so zagotavljanje dobrega stanja voda in ostalih ekosistemov, ki so povezani z njo, varstvo pred škodljivim delovanjem voda, spodbujanje k trajnosti rabe vode, z ohranjanjem in uravnavanjem njenih količin.

Temeljna načela:

- upoštevanje tako naravnih procesov kot dinamike vode ter povezanosti in soodvisnosti med vodnimi in obvodnimi ekosistemi na območju povodja,
- smiselna poraba in dolgoročno varovanje kakovosti vodnih virov, ki so nam na razpolago,
- zagotavljanje varovanja prebivalcev in njihovega imetja pred uničujočim delovanjem vode, ne da bi ob tem zanemarili načela delovanja narave,
- zagotavljanje ekonomskega vrednotenja urejanja, obremenjevanja in varstva voda,
- omogočanje javnosti, da sodeluje pri odločitvah povezanih z načrti o upravljanju z vodami,
- upoštevanje najnaprednejših tehnik in ugotovitev znanosti na področju delovanja narave.

Za moj primer so pomembna predvsem prva tri načela. Ureditev mora biti taka, da čim dlje časa varuje ljudi in njihovo premoženje pred vodo in hkrati zagotavlja raznolike ekosisteme.

### 2.2 Vodna direktiva

Sprejel jo je Evropski parlament, 23. oktobra 2000. Ta podaja vsem članicam EU smernice na področju urejanja vodnih teles in obvodnih površin.

Njen cilj je doseganje in ohranjanje »dobrega stanja voda«, z zmanjšanjem obremenjevanja vodnih teles in izboljšanjem kemijskih in ekoloških parametrov ter količinskega stanja voda.

### **2.3 Poplavna direktiva**

Poplavna direktiva, sprejeta 23. oktobra 2007, s strani Evropskega parlamenta, podaja smernice o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti. Prednost daje preventivnim ukrepom. Direktiva določa, da je treba določiti območja in stopnjo poplavne ogroženosti ter na njihovi podlagi planirati ukrepe, s katerimi zmanjšamo ogroženost (Erjavec, 2009).

Ob obravnavanem razbremenilniku ni poplavno ogroženih območij. Iz tega lahko sklepamo, da je trenutna maksimalna prevodnost zadostna in jo uporabimo za projektiranje nove ureditve.

### **2.4 Zakon ohranjanju narave**

Zakon ureja področja, ki so pomembna za ohranjanje narave. To dosega z ukrepi na področju varovanja naravnih vrednot in ohranjanja biodiverzitete.

Pod ukrepe za ohranjanje biotske raznovrstnosti spadajo tudi sonaravni ukrepi izvedeni na vodotokih, saj gre za ukrepe, ki varujejo prosto živeče rastlinske in živalske vrste ter njihovime habitate.

### **2.5 Zakon o graditvi objektov**

Zakon o graditvi objektov je osnovni zakon na področju pogojev za gradnjo objektov. Glede na zahtevo po gradbenem dovoljenju loči objekte v tri skupine:

- enostavni objekti – gradbeno dovoljenje ni potrebno,
- nezahtevni objekti – gradbeno dovoljenje je potrebno, pridobi se brez projektiranja, na podlagi enostavne skice,
- zahtevni in manj zahtevni objekti – gradbeno dovoljenje je potrebno, za pridobitev mora projektant izdelati projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja.

Preden ugotavljamo, v katero skupino spada naš objekt, moramo ugotoviti, če sploh gre za objekt.

Definicija objekta:

»Objekt je s tlemi povezana stavba ali gradbeni inženirski objekt, narejen iz gradbenih proizvodov in naravnih materialov, skupaj z vgrajenimi inštalacijami in tehnološkimi napravami. Objekt je povezan s tlemi, če je temeljen ali s pomočjo gradbenih del povezan s tlemi na stalno določenem mestu in ga ni mogoče premakniti brez škode za njegovo bistvo.

Tako npr. plot, razni količki, table in podobni predmeti, ki so samo zapičeni ali položeni v zemljo, brez izvedbe gradbenih del, sploh ne štejejo za objekte.« (Jereb, 2013)

Pri ukrepih, ki jih bom izvajal, gre za elemente, ki so zgolj »zapičeni ali položeni« v zemljinu. Iz prejšnje definicije lahko ugotovimo, da pri načrtovanih ureditvah z zasaditvijo, z lahkimi utrditvami brežin in drugimi biotehničnimi ukrepi torej sploh ne gre za gradbene objekte. To pomeni, da zanje ne bi potrebovali gradbenega dovoljenja. Ker pa z urejanjem izbranega odseka spreminjamo njegovo funkcionalnost, zunanji izgled, idr., smatramo to kot poseg v prostor, zaradi česar bodo potrebna določena dovoljenja – v nekaterih primerih je sicer takšen poseg mogoče izvesti kot dela v javno korist.

### **3 INŽENIRSKO BIOLOŠKE UREDITVE**

Pri inženirsko biološkem načinu urejanja strug gre za način urejanja, pri katerem želimo zagotoviti potrebno pretočnost (in s tem poplavno varnost) in stabilnost ostenja struge, z uporabo sonaravnih ureditev.

Pri sonaravnih ureditvah se ravnamo po sledečih načelih:

- ekološke funkcije imajo prednost pred izgledom,
- zagotavljati moramo različne habitate, da dosežemo čim večjo biotsko raznovrstnost,
- ureditve izvajamo na način, ki čim manj obremenjuje okolje (npr. brez uporabe težke mehanizacije),
- uporabljamo naravne materiale, tako žive kot nežive,
- prednost damo materialom in rastlinam, ki so že prisotni na ali v bližini lokacije urejanja,
- izogibamo se uporabi invazivnih vrst rastlinja,
- upoštevati moramo časovne omejitve posegov (gnezdenje ptic, drstenje rib,...)

(Steinman et al, 2014b)

#### **3.1 Prednosti sonaravnih ureditev**

Med prednostmi takega načina urejanja pred konvencionalnim so na prvem mestu, brez dvoma, pozitivni učinki na okolje. Najbolj očiten med njimi je večja biodiverziteteta, kot posledica različnih habitatov. Poleg tega pa so tukaj še čiščenje vode preko rastlin, izboljšanje rodovitnosti okoliške prsti z odlaganjem sedimentov, boljše koriščenje vode (tla imajo večjo sposobnost zadrževanja vode, posledično imajo rastline tudi v sušnih mesecih na razpolago več vode), itd..

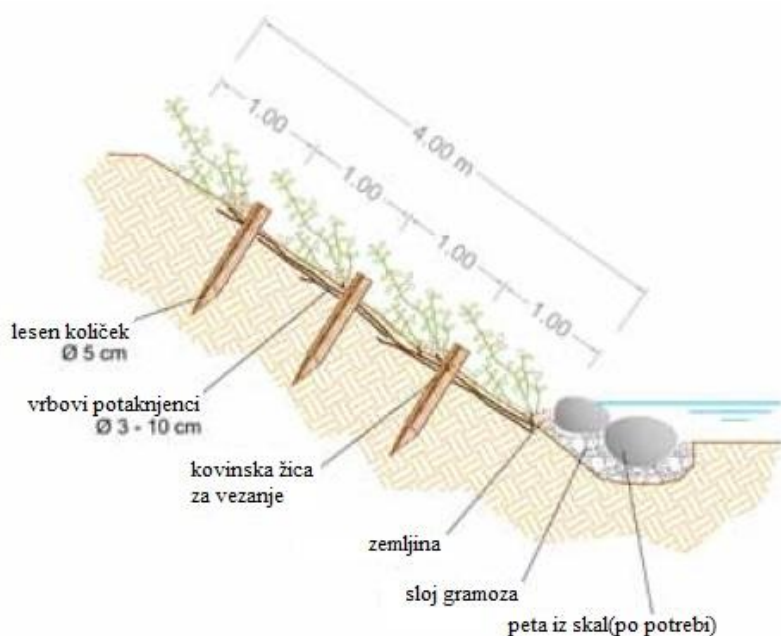
Pravilno izvedena sonaravna ureditev ima načeloma, na dolgi rok, tudi ekonomske prednosti. Tukaj gre predvsem za prihranek na račun uporabe materialov, že prisotnih na lokaciji urejanja, neuporabe težke mehanizacije in majhnih stroškov vzdrževanja. (Steinman et al, 2014a)

#### **3.2 Možni sonaravni ukrepi na brežinah**

V tem poglavju bom opisal nekaj možnih načinov izvedb sanacij oziroma zaščit brežin, z uporabo sonaravnih ukrepov. Med opisanimi variantami bom kasneje tudi izbiral ukrepe, ki jih bom uporabil pri načrtovani ureditvi.

### 3.2.1 Pokrivanje s potaknjenci

Ta način ureditve je sestavljen iz treh glavnih elementov. To so peta, leseni količki in vrbovi potaknjenci. Peta je narejena iz skal, pod katerimi je sloj gramoza. V tega se potakne prvo vrsto potaknjencev. Naloga pete je preprečevanje spodjedanja bregov, hkrati pa služi kot temelj za sile po pobočju navzdol. Količki služijo kot začasna opora vrbovim potaknjencem – če so iz mrtvega lesa, s časom strohnijo in postanejo vir hranil, če so živi, se lahko ukoreninijo in razrasejo kot grmičevje ali drevje. Ko se vrbe razrastejo, s svojim koreninskim sistemom povežejo zemljino in s tem preprečujejo erozijo.



**Slika 2: Pokrivanje s potaknjenci** (Gentili et al, 2011, str. 16)

Postopek izvedbe:

- Planiranje brežin, če je treba zmanjšati naklon (ne sme biti večji od 30-35°).
- Po potrebi izdelava jarka za peto, širine 40 cm in globine 30 cm (pri tokih z majhno hitrostjo ni potrebna).
- Po pripravi terena, se v tla zabije lesene količke, v medsebojni razdalji 1 m in 1-3 m med posameznimi vrstami količkov. Pri zabijanju pazimo da iz tal štrli vsaj 20 cm količka.
- Sledi polaganje vrbovih vej, v smeri prečno na tok. Končni deli palic morajo biti zapičeni v zemljino ali pa v stiku z vodo. Veje z žico pritrdimo na količke. Po vezanju delno pokrijemo veje z zemljo, tako da je nekje 50% vej nepokritih.
- Na koncu zasujemo jarek za peto s slojem gramoza, na katerega položimo skale.

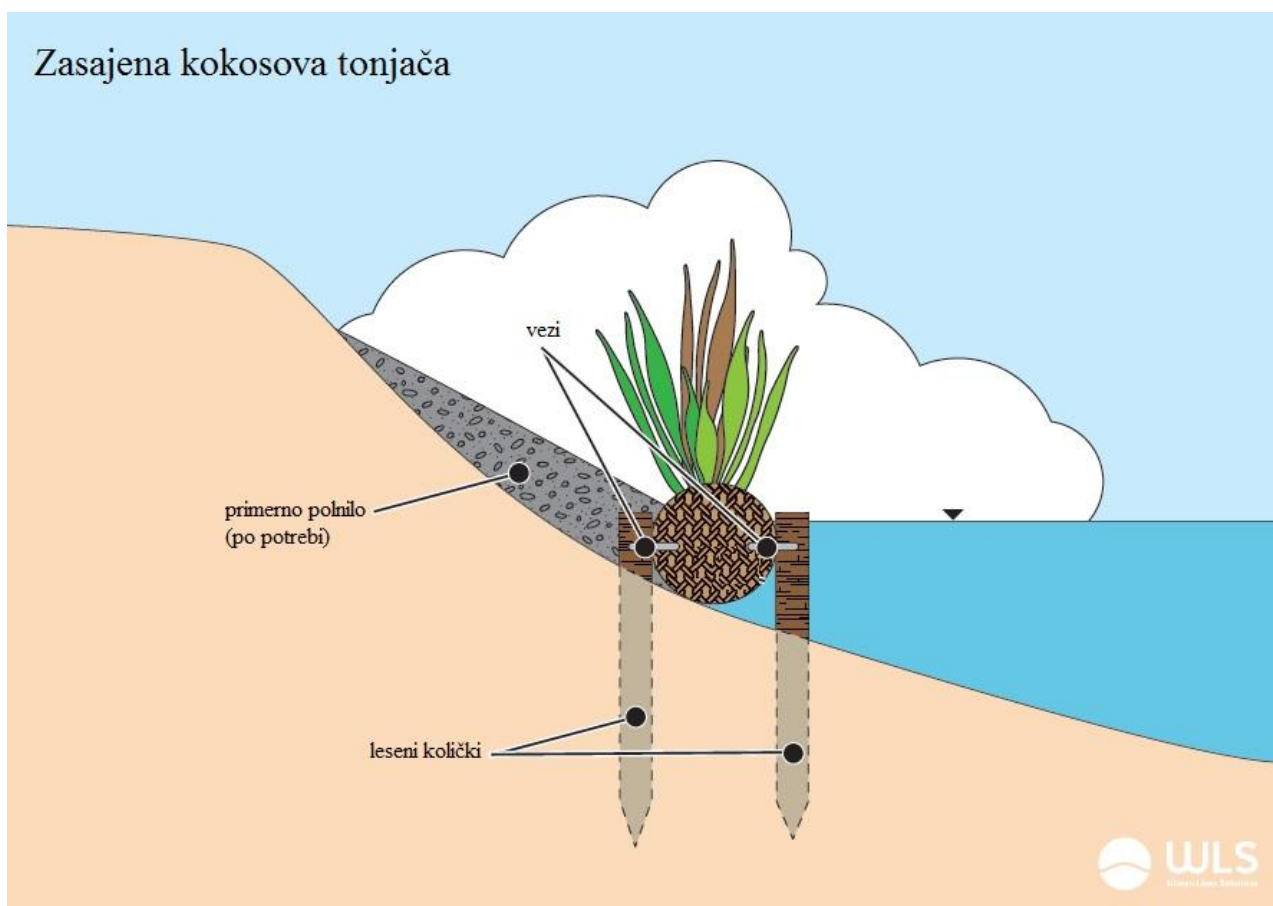


Ureditev se izvaja v času vegetativne neaktivnosti in nižjih vodostajev.

(Gentili et al, 2011)

### 3.2.2 Zasajene kokosove tonjače

Kokosove tonjače so svaljkaste oblike. Njihov premer znaša približno 30 cm v dolžino pa lahko merijo do 4 m. Polnjene so s kokosovimi vlakni. Vanje lahko zasadimo različne rastline (vrbe, trave, šaše,...). Kokosove tonjače niso obstojne in s časom razpadejo. Do takrat pa zasajene rastline razvijejo tako močen koreninski sistem, da prevzamejo njihovo vlogo varovanja brežin pred erozijo. Na mesto jih lahko pritrdimo s količki ali s kamenjem (da pri višjih vodah ne splavajo) ter vezmi. Uporabljamo jih predvsem na spodnjem robu manjših brežin, za preprečitev erozije. (Bioengineered Materials and Technique..., 2012)



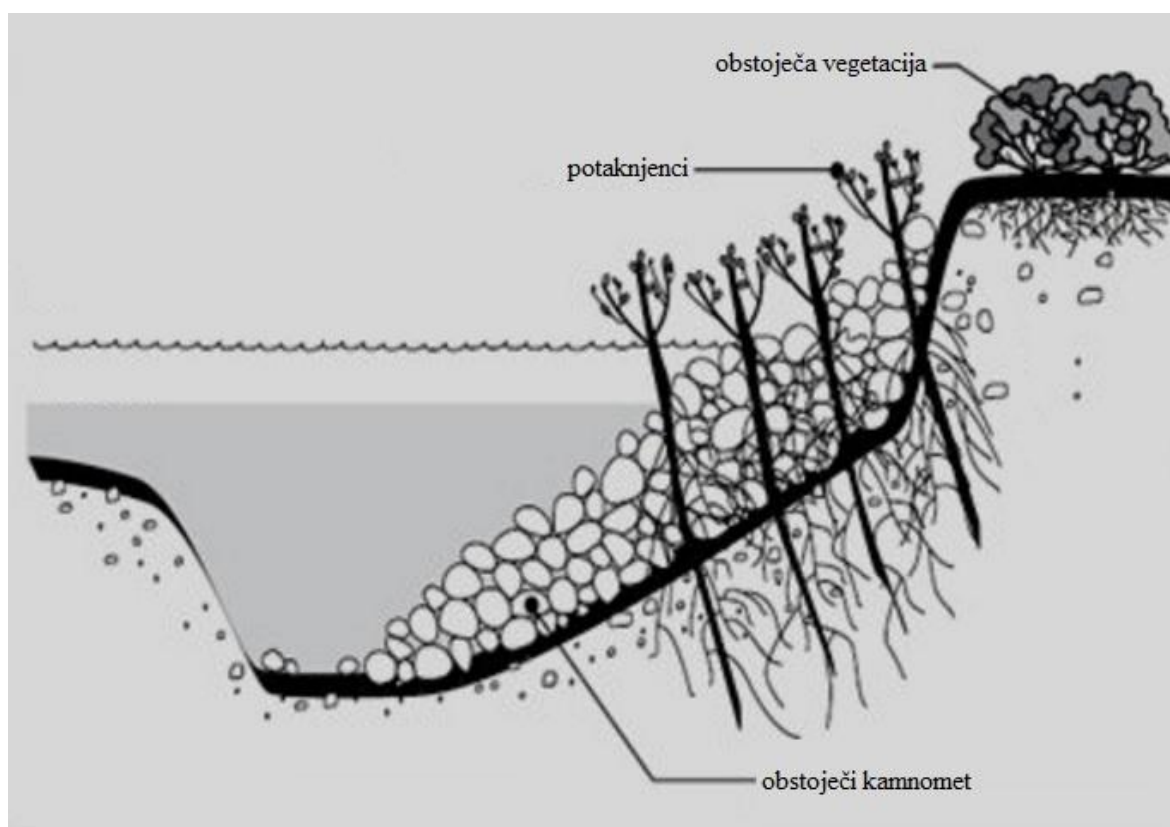
**Slika 3: Zasajena kokosova tonjača** (Water-Lines Solutions, 2016)

Kadar ima brežina prevelik naklon, lahko tonjačo uporabimo kot oporo za dodatno nasutje na pobočju. Material (kokos) pri nas sicer ni avtohtoni material, vendar je organski material in s postopnim razpadanjem postane vir hranil za zasajene avtohtone rastline.

### 3.2.3 Kamnomet s potaknjenci

Gre za ureditev, kjer kamnomet ojačamo s potaknjenci. Izvedemo jo lahko na obstoječem ali novem kamnometu. To storimo na relativno preprost način. Če kamnomet še ni je postopek sledeč:

- V debelini 0,6-0,9 m na rahlo nasujemo kamnomet. To lahko storimo s težko mehanizacijo ali pa ročno.
- V kamnomet se zarije potaknjence (običajno gre za krajevno značilne pionirske vrste, npr. vrbe). Če se kamnomet nasuje ročno, lahko potaknjence položimo istočasno s kamni. Pri tem morajo potaknjenci segati dovolj globoko, da sežejo pod nivo sušne vode in hkrati štrleti nekoliko iz kamenja. Postavitev potaknjencev je lahko naključna, pogosto pa se uporablja mrežast ali diamantni vzorec postavitve. (Bioengineered Materials and Technique..., 2012)



**Slika 4: Kamnomet s potaknjenci** (Bioengineered Materials and Technique..., 2012, str. 6)

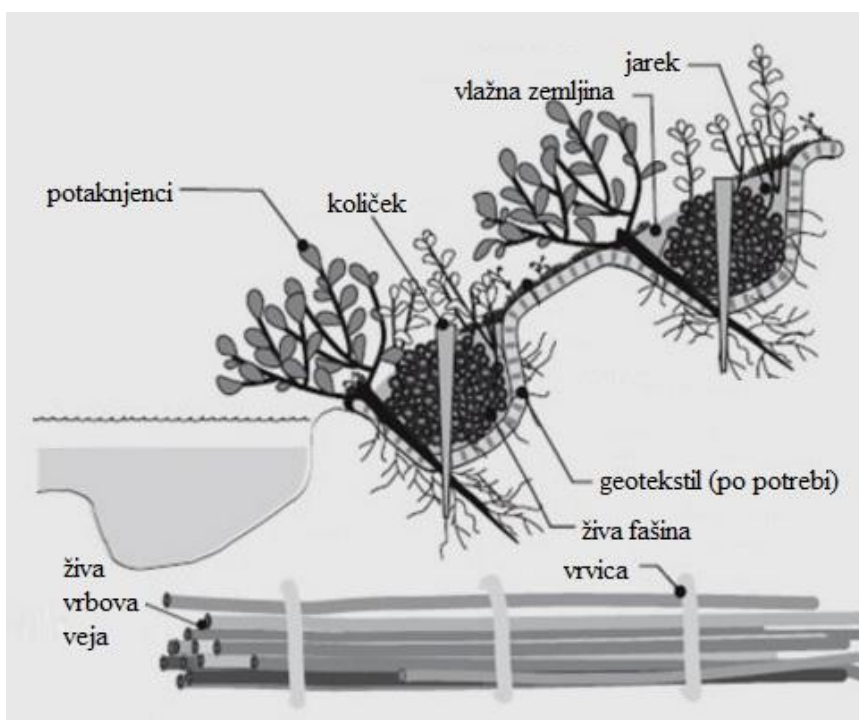
### 3.2.4 Žive vrbove fašine

Vrbove fašine so dolgi snopi, sestavljeni iz vrbovih palic, ki so povezane z vrvico. Delujejo na način, kot vse ostale izvedbe z živimi rastlinami. S svojimi koreninami povežejo zemljino, kar oteži erodiranje, z nadzemno biomaso pa ščitijo bregove pred vplivi sonca, vetra in padavin.

Izvedba:

Fašine se postavi v za to narejene jarke, v smeri vzporedno s tokom. Pritrdi se jih lahko s pomočjo količkov, potaknjencev ali kombinacije obeh. Praznine v jarku zapolnimo z vlažno zemljino. Da bi preprečili erozijo dokler, se fašina ne zakorenini, lahko uporabimo geotekstil.

Žive fašine lahko uporabljamo tudi namesto kokosovih tonjač, pri katerih ni treba delati jarkov. (Bioengineered Materials and Technique..., 2012, str. 7)

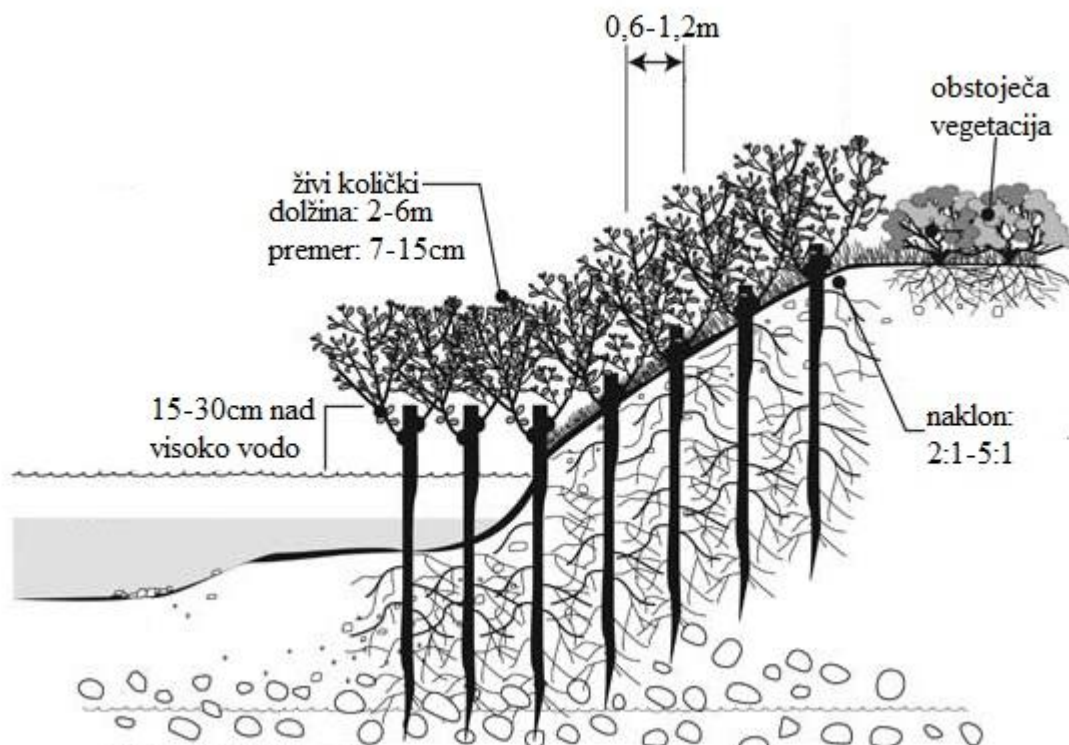


**Slika 5: Žive vrbove fašine** (Bioengineered Materials and Technique..., 2012, str. 7)

### 3.2.5 Živi količki

Živi količki so eni izmed enostavnejših in cenejših posegov. Uporabi se debelejšje veje rastlin, ki hitro poženejo nove korenine in imajo gost koreninski sistem (npr. vrba), kateri deluje kot armatura zemljine. Veje, brez listov in manjših vejic, se nabere v nevegetativnem stadiju. Te se potem enostavno zarije v tla v razdalji 0,6-1,2 m, načeloma v trikotnem vzorcu. Če je podlaga preveč zbita, moramo za postavitev živih količkov kopati luknje. Če bi v takem

primeru uporabili enostavno zarivanje, bi lahko prišlo do takih poškodb potaknjencev, da ti ne bi bili več uporabni. Za žive količke so najprimernejše področja, kjer jim bo vlažna zemljina konstantno na razpolago in za ukrepe, kjer saniramo lažje oblike erozije. (Bioengineered Materials and Technique..., 2012)



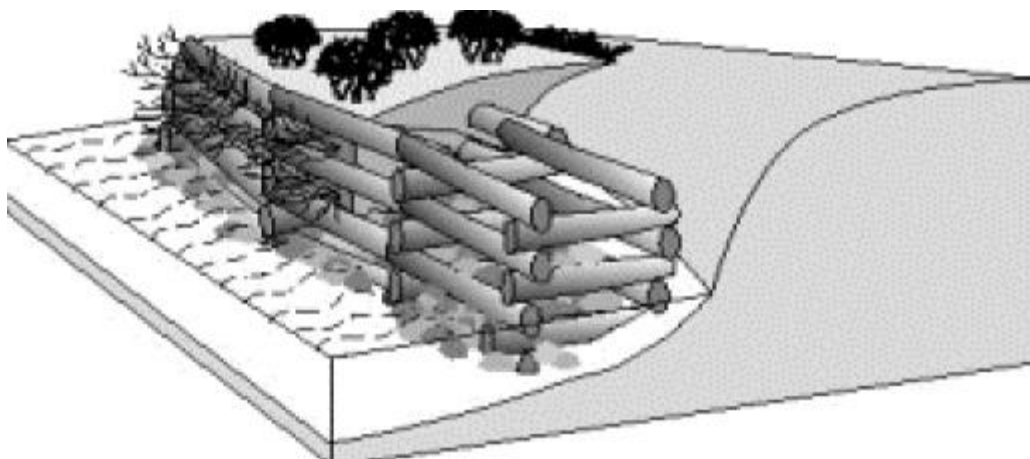
**Slika 6: Živi količki** (U. S. Forest Service, 2016)

### 3.2.6 Lesene kašte z vrbovimi fašinami

Lesena kašta je sestavljena iz lesenih kolov ali oblic (tj. hlodov oz. debel brez lubja), položenih na različnih površinah, v medsebojno pravokotni mreži. Tako dobimo strukturo, v kateri je veliko praznih celic. Te celice lahko delno zapolnimo z živimi ali mrtvimi fašinami, z zemljino ali kameninskim materialom, delno pa jih v podvodnem delu pustimo prazne, da služijo kot ribja skrivališča. Poznamo enojne ali dvojne kašte. Enojne imajo samo eno vrsto kolov vzporedno s tokom v isti višini, dvojne pa dve.

Uporabljajo se lahko na vseh pobočjih, ki so erozijsko ogrožena. Enojne so zelo primerne, kjer imamo stisko s prostorom in želimo narediti dokaj navpično brežino.

Za glavno strukturo se uporablja olupljena debla dreves, ki počasneje trohnijo. To so npr. kostanj, robinja, macesen. Hlodi so načeloma dolgi približno 2 m in premera med 20 in 30 cm. Za povezovanje se uporablja žeblice in žico. (Proposte di intervento per la riqualificazione..., 2004)



**Slika 7: Lesene kašte z vrbovimi fašinami**

(Proposte di intervento per la riqualificazione..., 2004, str. 7)

### 3.2.7 Zasajevanje brežin z nelesnatimi rastlinami

Erozijo brežin lahko preprečimo tudi samo z uporabo nelesnatih rastlin. Te zemljino varujejo pred zunanjimi dejavniki (veter, padavine), hkrati pa njihov koreninski sistem služi kot armatura, ki poveže zemljino.

Kar se tiče uporabe, imamo tukaj več možnosti. Lahko jih sejemo ali pa sadimo v obliki koreninske grude, zarodnih pogankov ali pa kar celih rastlin.

Najpogosteje se uporabljajo rastline kot so čužka, trsje, rogoz, obrežni šaš, bregovnica in sitec. Kjer je le možnost damo prednost samozaraščanju. To enostavno pomeni da pustimo naravi izbrati kaj in kje bo rastlo. (Steinman et al, 2014b)

S postavitvijo višje vegetacije na južnem bregu, lahko zasenčimo dele struge. S tem zmanjšamo segrevanje vode ter intenzivnost zaraščanja prereza kanala.

## 4 TEORETIČNA HIDRAVLIČNA IZHODIŠČA

V tem poglavju bodo predstavljena hidravlična izhodišča, kot so predpostavljen režim toka in uporabljene enačbe.

### 4.1 Predpostavljen režim toka

Ker gre za umetno grajeni kanal, imam opravka s tokom s prosto gladino. To je tok pri katerem je vsaj del površine vodnega telesa izpostavljen atmosferskemu tlaku.

Pri toku s prosto gladino imamo še 4 podskupine. To so stalni enakomerni tok (normalni tok), stalni neenakomerni tok, nestalni enakomerni tok in nestalni neenakomerni tok. Pri izračunih bom predpostavil, da je za idejno zasnovo dosežena dovolj velika natančnost, če uporabimo enačbe za normalni tok. (Steinman, 2010)

#### 4.1.1 Stalni enakomerni tok

Da lahko govorimo o stalnem enakomernem toku (oz. normalnem toku) moramo zadostiti dvema pogoju. In sicer:

- $Q(t, x) = \text{const.}$
- $S(t, x) = \text{const.}$

To pomeni, da sta hitrost in višina vode konstantna vzdolž toka.

(Steinman, 2010)

### 4.2 Manningova enačba

Manningova enačba je enačba, s katero računamo povprečno hitrost enakomernega toka. Je popolnoma eksperimentalnega značaja, kar pomeni, da nima izpeljave, ampak je rezultat izrednotenja eksperimentalnih podatkov.

$$\bar{u} = \frac{1}{n_g} \times R^{2/3} \times \sqrt{I_0}$$

$n_g$  .... Manningov koeficient hrapavosti

$R$  .... hidravlični radij:  $R=S/O$

$S$  .... površina prečnega prereza

O .... omočeni obod

$I_0$  .... vzdolžni padeč kanala

Ker vemo, da za normalni tok velja  $\bar{u} = Q/S$ , lahko sedaj izpeljemo izraz za pretok enakomernega toka. Končna oblika tega je:

$$Q = \frac{\sqrt{I_0}}{n_g} \times \frac{S^{5/3}}{O^{2/3}}$$

(Steinman, 2010)

Pri izračunih pretočne sposobnosti, globin vodnega toka idr. je treba ustrezno določiti koeficient trenja ( $n_g$ ), ki upošteva vpliv zarasti in povečane hrapavosti ostenja zaradi biotehničnih ukrepov v strugi.

## 5 TRENUTNE RAZMERE NA IZBRANEM RAZBREMENILNIKU

### 5.1 Splošen opis izbranega razbremenilnika

Izbrani razbremenilnik Ara se nahaja v koprski občini, natančneje med Serminom in Bertoki. Kot sem že omenil, je to razbremenilnik visokih voda iz reke Rižane. Od nje se odcepi pri vodomerni postaji Dekani in svojo pot nadaljuje vse do kanala, ki se izliva v brakično laguno Škocjanskega zatoka. Dolg je približno 2,1 km, višinska razlika začetka in konca struge pa znaša nekje 4 m.

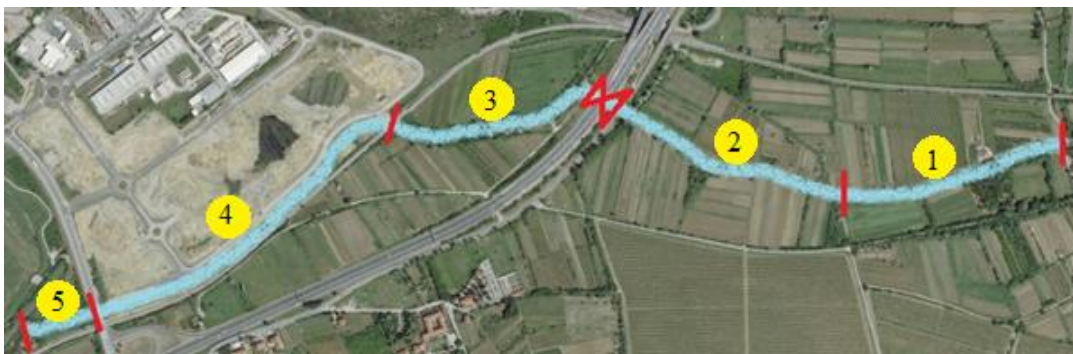


**Slika 8: Parcelne meje v okolici razbremenilnika** (Atlas okolja, 2016)

Podlaga, po kateri teče, je večinoma sestavljena iz klastitov in glinasto prodnih zasipov, sama struga pa je izkopana v ilovici. (Geopedia, 2016)

Za urejanje, sem razbremenilnik, glede na značilnosti prerezov, razdelil na 5 odsekov. V prvem, drugem in tretjem odseku teče pretežno med kmetijskimi zemljišči. Prvi in drugi odsek sta med seboj ločena s premostitvijo, čez katero poteka ožja makadamska cesta, drugi in tretji odsek pa ločuje velik betonski prepust, speljan pod hitro cesto. Tretji odsek se zaključi s premostitvijo, preko katere je speljana železnica. Četrty odsek poteka med industrijsko cono na desni strani in železniškimi tiri na levi strani. Zadnji, peti odsek, se začne pod cestnim nadvozom in konča pri izlivu v kanal Škocjanskega zatoka. Ta odsek je večinoma obdan z gosto preraslim drevjem in robido.





Slika 9: Delitev obravnavane struge na odseke

## 5.2 Podrobnejši opis, meritve in izračuni v posameznih odsekih struge

Tukaj bom podrobneje opisal stanje in obračunost posameznih delov struge ter podal mere tipskega prereza, pridobljene na terenskih meritvah.

Kot je bilo na začetku dogovorjeno z mentorjem, sem si za vsak odsek na terenskem ogledu, na principu ozkega grla, izbral prerez, katerega mere sem predpostavil kot merodajne, za celoten odsek.

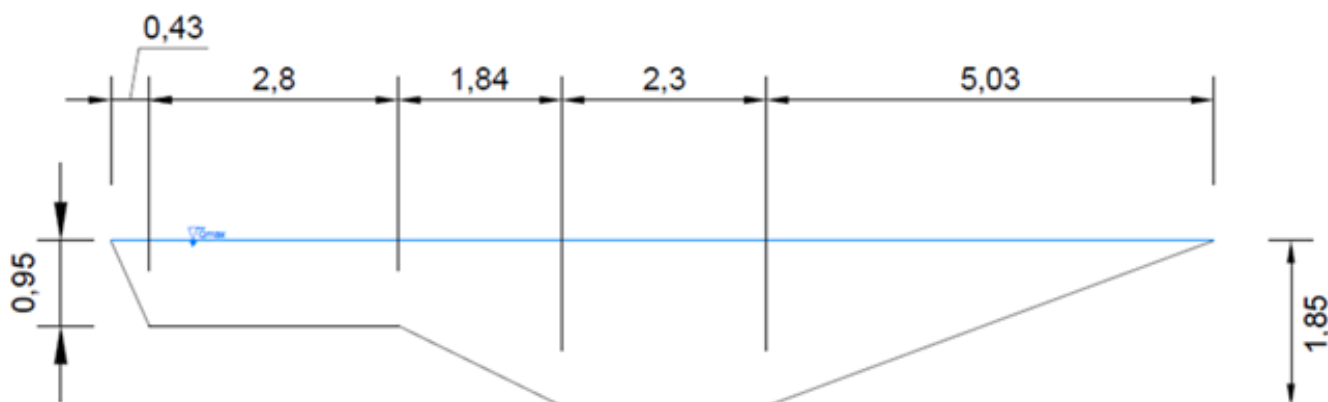
Po meritvah sem v programu AutoCad izrisal prečne prereze, na podlagi katerih sem izračunal maksimalni pretok ( $Q_{max}$ ) posameznega odseka. Pri računanju sem si pomagal s programoma SketchUp in Excel. Uporabil sem Manningovo enačbo. Vzdolžni padec kanala sem predpostavil kot konstanten po celem kanalu in sicer  $I_0=1,839$  ‰. Manningove koeficiente sem določal s pomočjo priročnika programa HEC-RAS (Brunner, 2016).

- 1. odsek:



Slika 10: Fotografija sedanjega stanja na 1.odseku

Na podlagi terenskih meritev lahko prečni prerez v nadaljnjem delu uporabimo v tehnični obliki, ki je prikazana na spodnji sliki.



**Slika 11: 1. odsek-trenutni prečni prerez**

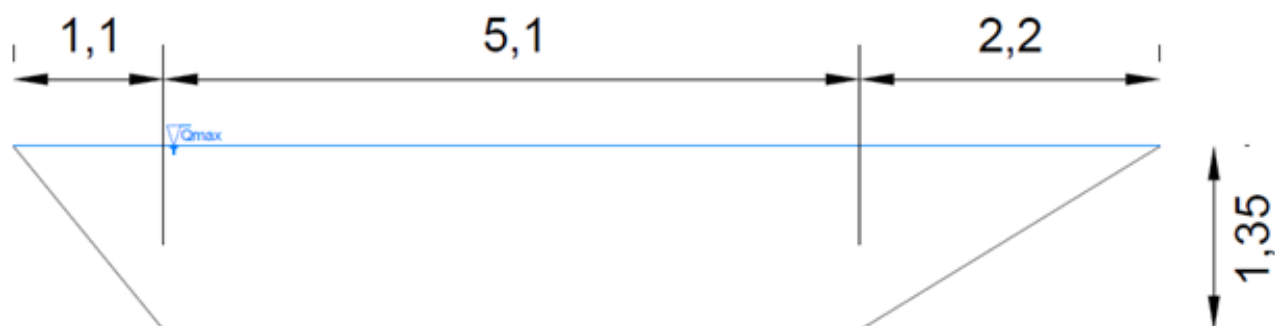
- Dolžina: 425 m
- Oblika: Trapezna struga z levo poplavno ravnico.
- Obraščенost: Glavni del struge je dokaj neobraščen, prisotno je redko trstičje. Desni breg je prerasel z nizko travo, levi breg in poplavna ravnica pa z gostim trstičjem in robido.
- Izbrani  $n_g$ :  
 $n_{g(\text{levi breg})}=0,1$   
 $n_{g(\text{desni breg})}=0,03$   
 $n_{g(\text{glavna struga})}=0,07$
- Opažene problematike: Trenutno ni bila opažena erozijska problematika. Za večjo varnost na dolgi rok bi bilo dobro, glede na ureditev in zarast bregov, nekoliko spremeniti naklone brežin.
- Izračunani  $Q_{\max}$ : 12,71 m<sup>3</sup>/s

- 2. odsek:



**Slika 12: Fotografija sedanjega stanja na 2.odseku**

Na podlagi terenskih meritev lahko prečni prerez v nadaljnjem delu uporabimo v tehnični obliki, ki je prikazana na spodnji sliki.



**Slika 13: 2. odsek-trenutni prečni prerez**

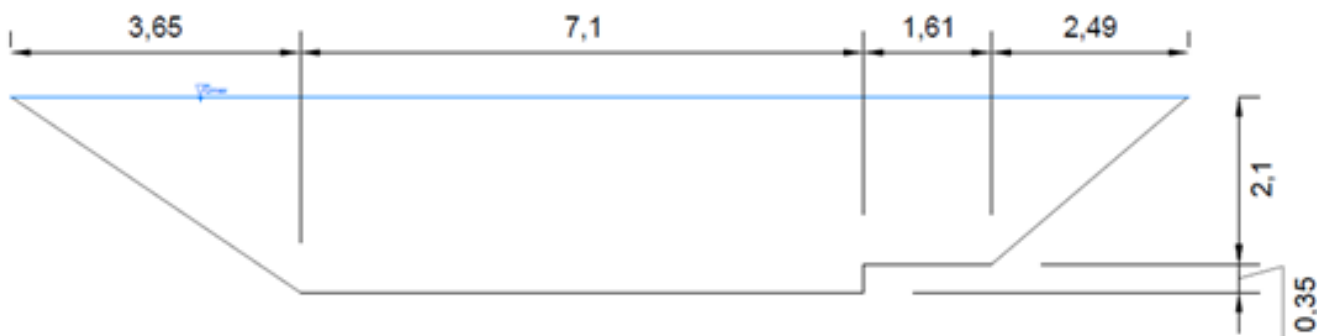
- Dolžina: 465 m
- Oblika: Trapezna struga.
- Obraščenosť: Glavni del struge je dokaj neobraščen, prisotno je redko trstičje. Desni in levi breg sta preraščena z gostim trstičjem, navadno kanelo in redkimi drevesi.
- Izbrani  $n_g$ :  
 $n_{g(\text{levi breg})}=0,1$   
 $n_{g(\text{desni breg})}=0,1$   
 $n_{g(\text{glavna struga})}=0,07$
- Opažene problematike: Opažena je bila problematika erozije bregov .
- Izračunani  $Q_{\max}$ :  $5,78 \text{ m}^3/\text{s}$

- 3. odsek:



Slika 14: Fotografija sedanjega stanja na 3.odseku

Na podlagi terenskih meritev lahko prečni prerez v nadaljnjem delu uporabimo v tehnični obliki, ki je prikazana na spodnji sliki.



Slika 15: 3. odsek-trenutni prečni prerez

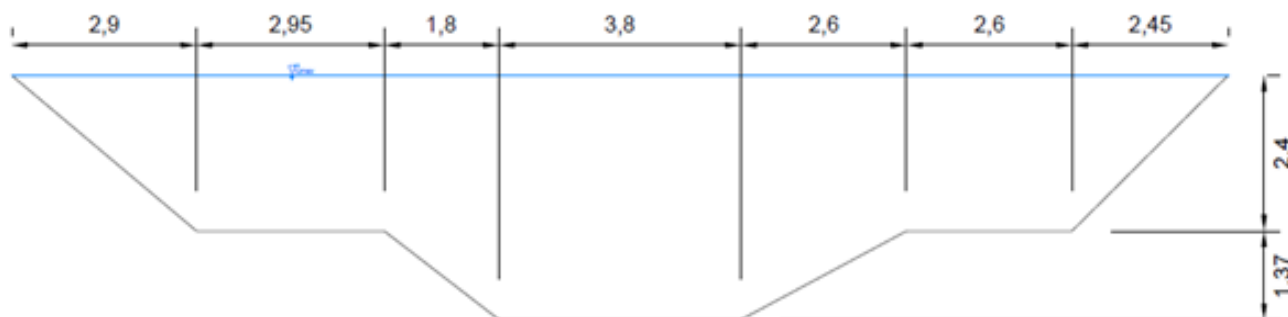
- Dolžina: 400 m
- Oblika: Trapezna struga z nižjo stopnico na desni.
- Obraščenosť: Glavni del struge je dokaj neobraščen. Desni in levi breg sta preraščena z gostim trstičjem, robido in navadno kanelo.
- Izbrani  $n_g$ :
  - $n_{g(\text{levi breg})}=0,1$
  - $n_{g(\text{desni breg})}=0,1$
  - $n_{g(\text{glavna struga})}=0,05$
- 
- Opažene problematike: Opažena je bila problematika erozije bregov .
- Izračunani  $Q_{\max}$ : 36,88 m<sup>3</sup>/s

- 4. odsek:



Slika 16: Fotografija sedanjega stanja na 4.odseku

Na podlagi terenskih meritev lahko prečni prerez v nadaljnjem delu uporabimo v tehnični obliki, ki je prikazana na spodnji sliki.



Slika 17: 4. odsek-trenutni prečni prerez

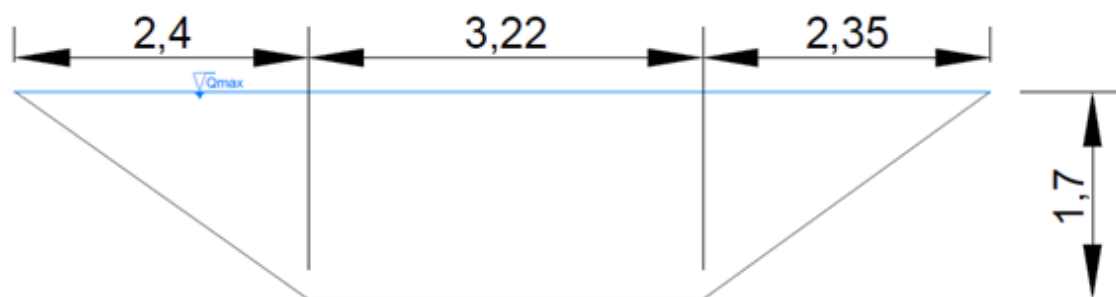
- Dolžina: 675 m
- Oblika: Trapezna struga z levo in desno poplavno ravnico.
- Obračunost: Glavni del struge je neobraščen. Desni in levi breg sta preraščena z redkim trstičjem, manjšimi drevesi in grmičevjem.
- Izbrani  $n_g$ :  
 $n_{g(\text{levi breg})}=0,06$   
 $n_{g(\text{desni breg})}=0,06$   
 $n_{g(\text{glavna struga})}=0,022$
- Opažene problematike: Opažena je bila problematika erozije stranic glavne struge.
- Izračunani  $Q_{\max}$ : 136,02 m<sup>3</sup>/s

- 5. odsek:



**Slika 18: Fotografija sedanjega stanja na 5.odseku**

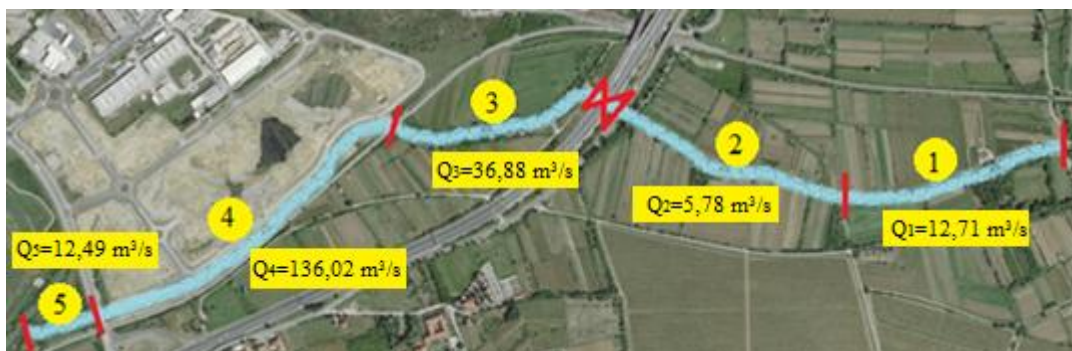
Na podlagi terenskih meritev lahko prečni prerez v nadaljnjem delu uporabimo v tehnični obliki, ki je prikazana na spodnji sliki.



**Slika 19: 5. odsek-trenutni prečni prerez**

- Dolžina: 165 m
- Oblika: Trapezna struga.
- Obraščenosť: Glavni del struge je dokaj neobraščen. Desni in levi breg sta preraščena z drevesi in grmičevjem.
- Izbrani  $n_g$ :
  - $n_{g(\text{levi breg})}=0,1$
  - $n_{g(\text{desni breg})}=0,1$
  - $n_{g(\text{glavna struga})}=0,03$
- Opažene problematike: Opažena je bila problematika erozije brežin glavne struge.
- Izračunani  $Q_{\max}$ :  $12,49 \text{ m}^3/\text{s}$

Na podlagi opravljenih izračunov pretočnosti lahko ugotovimo, da v vzdolžni smeri pretočnost ni konstantna.



**Slika 20: Prikaz pretočne sposobnosti posameznih odsekov**

Na pretočno sposobnost celotnega odseka pa lahko vplivajo še posamezne premostitve, ki jih v hidravličnih izračunih upoštevamo posebej, kot vpliv lokalnih ovir.

## 6 IDEJNA ZASNOVA NAČRTOVANE PREUREDITVE

Pri načrtovanju nove ureditve sta bili glavni smernici uporaba sonaravnih načel urejanja in zagotavljanje vsaj enake pretočnosti ( $Q_{\max}$ ) posameznega prereza in s tem poplavne varnosti obvodnega prostora.

Ker je pri vseh posegih v prostor eden izmed večjih problemov pridobivanje novih parcel ali delov le teh in spreminjanje namembnosti zemljišč, sem si kot dodatni kriterij urejanja, da bi se temu izognil, izbral ohranjanje sedanje največje širine struge.

### 6.1 Načrtovanje kanala za sušni pretok

Ker nisem dobil nobenih podatkov o sušnem pretoku razbremenilnika, sem ga moral predpostaviti. Po navodilih somentorja sem ga predpostavil kot polovico srednjega nizkega pretoka Rižane. Tako sem dobil  $Q_{\min}=0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . (ARSO, 2016)

Pri konstruiranju dela struge, kjer bi tekla sušni pretok, sem se najprej odločil za 2 različni varianti, kateri sem potem uporabljal v prerezih. To sta pravokotni in trapezni kanal. Pri obeh sem imel znan pretok  $Q_{\min}=0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ . Predpostavil sem višino vode, in sicer na  $h_{\text{pravokotna}} = 0,25 \text{ m}$  in  $h_{\text{trapezna}} = 0,2 \text{ m}$ . Pri trapezni obliki sem moral izbrati še naklon brežin. Odločil sem se za naklon 3:1, ker je brežina v meljno-glineni zemljini. Za Manningov koeficient sem izbral vrednost  $n_g = 0,022$ .

Za izračun potrebne širine dna (b) sem uporabil Excel. Izbiro sem zaokrožil na 5 cm.

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	h	x	s	o	Q		lo	ng		trapezna	h	x	m	s	o	Q
2	0,25	0,3	0,075	0,8	0,03017		0,001839	0,022			0,2	0,1	3	0,14	1,364911	0,059797
3		0,31	0,0775	0,81	0,031602							0,11		0,142	1,374911	0,06093
4		0,32	0,08	0,82	0,033048							0,12		0,144	1,384911	0,062067
5		0,33	0,0825	0,83	0,034507							0,13		0,146	1,394911	0,063206
6		0,34	0,085	0,84	0,035979							0,14		0,148	1,404911	0,064349
7		0,35	0,0875	0,85	0,037463							0,15		0,15	1,414911	0,065494
8		0,36	0,09	0,86	0,038959							0,16		0,152	1,424911	0,066642
9		0,37	0,0925	0,87	0,040466							0,17		0,154	1,434911	0,067793
10		0,38	0,095	0,88	0,041984							0,18		0,156	1,444911	0,068947
11		0,39	0,0975	0,89	0,043513							0,19		0,158	1,454911	0,070103
12		0,4	0,1	0,9	0,045051							0,2		0,16	1,464911	0,071262
13		0,41	0,1025	0,91	0,046599											0,072424
36		0,64	0,16	1,14	0,08423							0,44		0,208	1,704911	0,099733
37		0,65	0,1625	1,15	0,085933							0,45		0,21	1,714911	0,100942
38		0,66	0,165	1,16	0,08764							0,46		0,212	1,724911	0,102153
39		0,67	0,1675	1,17	0,089352							0,47		0,214	1,734911	0,103365
40		0,68	0,17	1,18	0,091067							0,48		0,216	1,744911	0,104578
41		0,69	0,1725	1,19	0,092787							0,49		0,218	1,754911	0,105793
42		0,7	0,175	1,2	0,09451							0,5		0,22	1,764911	0,10701
43		0,71	0,1775	1,21	0,096237							0,51		0,222	1,774911	0,108228
44		0,72	0,18	1,22	0,097968							0,52		0,224	1,784911	0,109447
45		0,73	0,1825	1,23	0,099702							0,53		0,226	1,794911	0,110668
46		0,74	0,185	1,24	0,101439							0,54		0,228	1,804911	0,111889
47		0,75	0,1875	1,25	0,10318							0,55		0,23	1,814911	0,113113

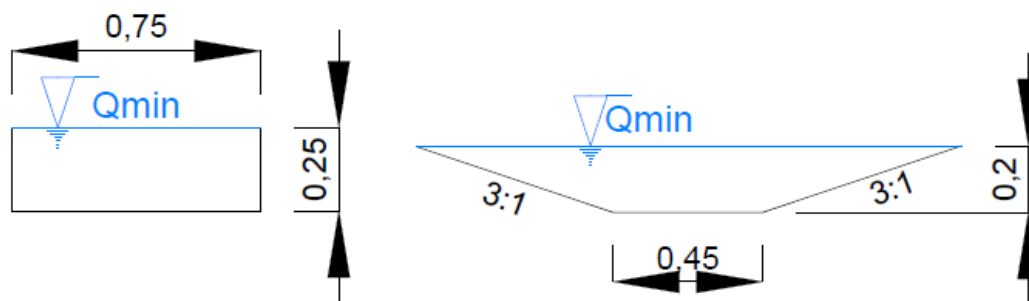
Slika 21: Prikaz izračuna normalnega toka v sušnem kanalu s programom Microsoft Office Excel



Kot je razvidno iz slike sem tako dobil sledeči širini dna:

$$b_{\text{pravokotna}} = 0,75 \text{ m}$$

$$b_{\text{trapezna}} = 0,45 \text{ m}$$



Slika 22: Prečna prereza sušnih kanalov

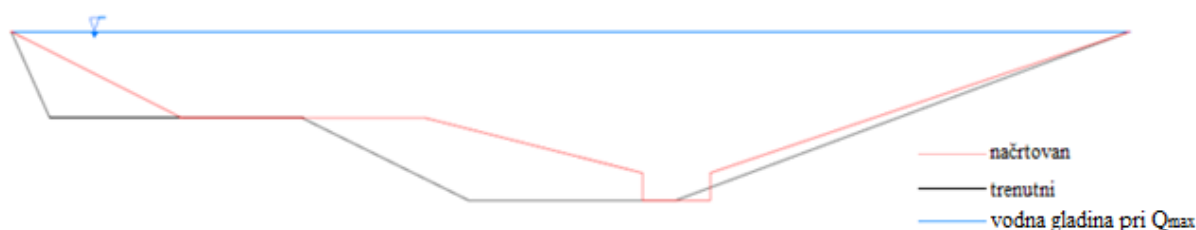
## 6.2 Načrtovanje novih oblik prečnih prerezov

Načrtovanja preureditve prečnih prerezov sem se lotil grafično. Na risbo obstoječega kanala sem najprej vstavil sušni kanal. Nato sem, glede na izbrani način sonaravne ureditve, zrisal primeren naklon brežin. Pri tem sem se trudil ohraniti čim večji del obstoječega prereza. Ko sem zrisal nov prerez, sem s pomočjo programov SketchUp in Excel preveril ali ustreza kriteriju ohranjanja vsaj sedanje poplavne varnosti. Če je bil  $Q_{\text{max}}$  nove ureditve manjši kot  $Q_{\text{max}}$  trenutne ureditve, sem spreminjal prerez, dokler ni veljalo  $Q_{\text{max, nov}} \geq Q_{\text{max, trenutni}}$ .

Za zasaditev bližine sušnega kanala sem izbral čuško. Za to rastlino sem se odločil, ker je pri njej najmanjša možnost, da bi prerasla sušni kanal, in ker dobro prenaša daljša obdobja rasti v ali izven vode. Kjer sem se odločil za samozarast, sem predpostavil, da bo ta podobna trenutni obraščенosti (Steinman et al, 2014b).

- 1. odsek:

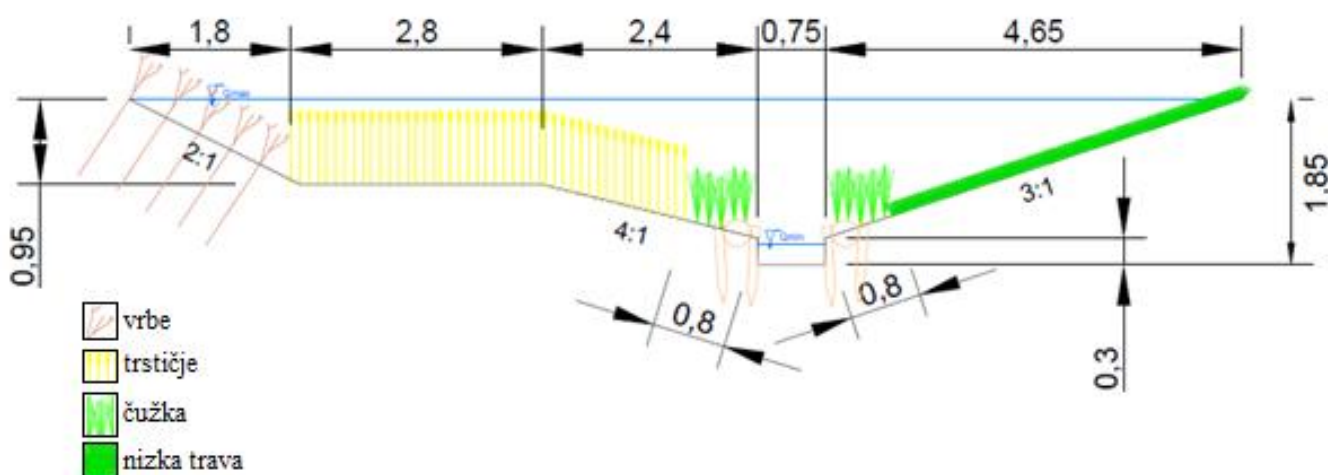
Primerjava trenutnega in novega prereza, ki je prilagojen nizkim pretokom in prevaja projektne visoke pretoke (kot doslej):



Slika 23: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 1. odsek

Glede na ugotovljene dimenzije preurejenega kanala, je v idejni zasnovi predlagano urejanje odseka na način, ki je prikazan na spodnji sliki:

Nov prerez:



Slika 24: 1. odsek-načrtovani prečni prerez

Spremembe:

- spremenjeni nakloni,
- dodan pravokotni kanal za sušni pretok, utrjen z zasajeno kokosovo tonjačo, fiksirano s količki,
- utrditev leve brežine z vrbovimi živimi količki.

Izbrana zarast in Manningov koeficient iz leve proti desni:

- vrbe ( $n_g = 0,15$ ),
- samozarast – trsje ( $n_g = 0,05$ ),
- čužka ( $n_g = 0,035$ ),
- samozarast – nizka trava ( $n_g = 0,03$ ).

Izračunani  $Q_{\max}$ : 13,32 m<sup>3</sup>/s

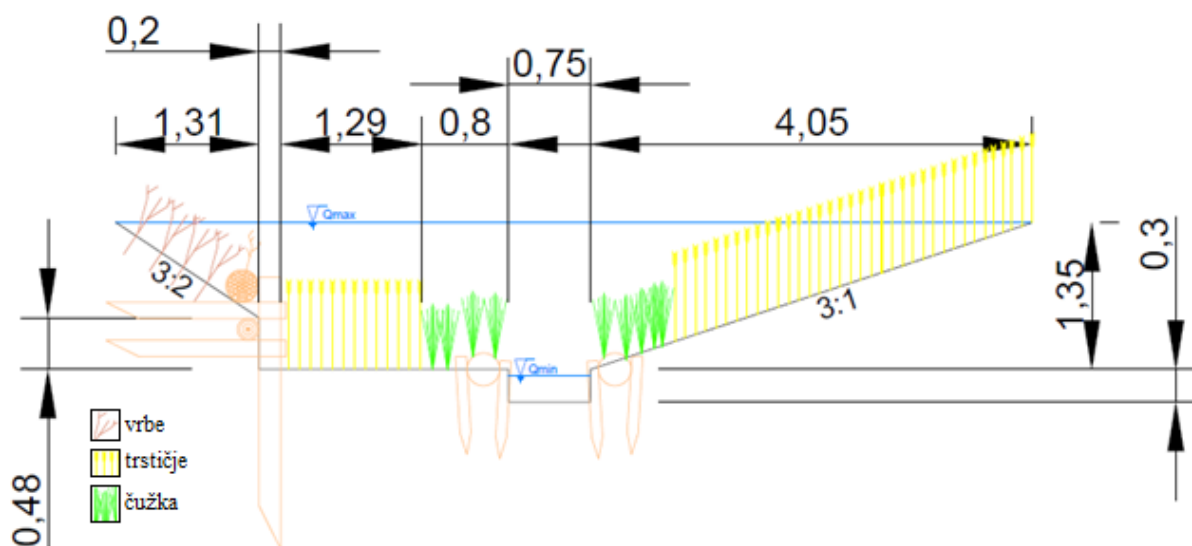
- 2. odsek:

Primerjava trenutnega in novega prereza:



Slika 25: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 2. odsek

Nov prerez:



Slika 26: 2. odsek-načrtovani prečni prerez

Spremembe:

- spremenjeni nakloni,
- dodan pravokotni kanal za sušni pretok, utrjen z zasajeno kokosovo tonjačo, fiksirano s količki,
- utrditev leve brežine z leseno kašto in vrbovimi živimi količki.

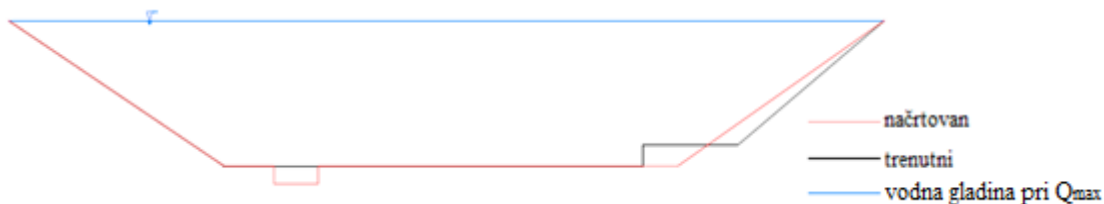
Izbrana zarast in Manningov koeficient iz leve proti desni:

- vrbe ( $n_g = 0,15$ ),
- samozarast – trsje ( $n_g = 0,05$ ),
- čužka ( $n_g = 0,035$ ),
- samozarast – trsje ( $n_g = 0,05$ ).

Izračunani  $Q_{max}$ :  $7,82 \text{ m}^3/\text{s}$

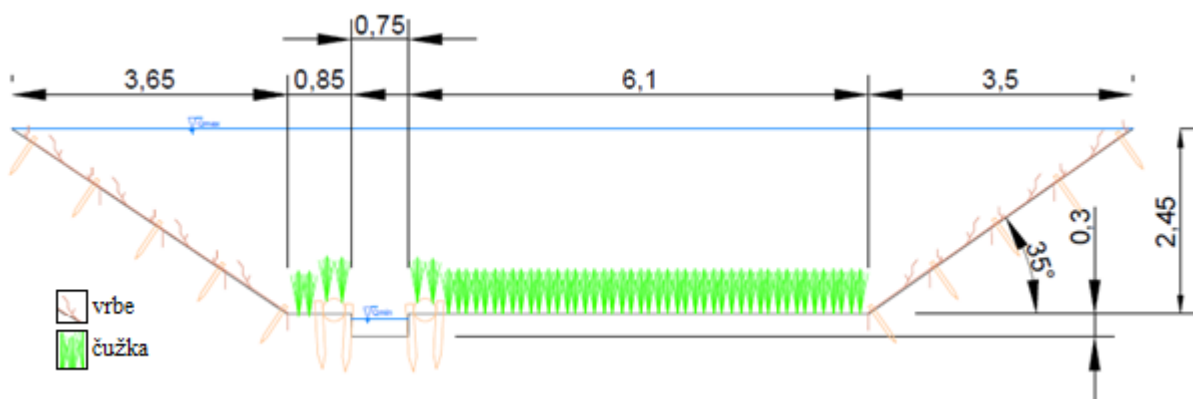
- 3. odsek:

Primerjava trenutnega in novega prereza:



**Slika 27: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 3. odsek**

Nov prerez:



**Slika 28: 3. odsek-načrtovani prečni prerez**

Spremembe:

- spremenjeni nakloni,
- dodan pravokotni kanal za sušni pretok, utrjen z zasajeno kokosovo tonjačo, fiksirano s količki,
- utrditev leve in desne brežine s pokrivanjem z vrbovimi potaknjenci.

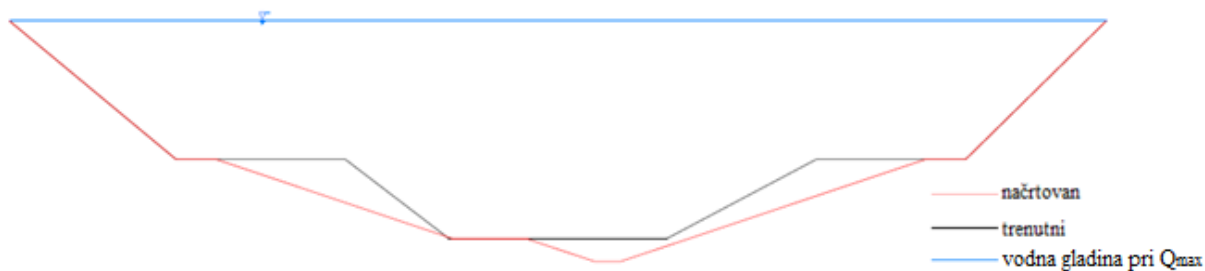
Izbrana zarast in Manningov koeficient iz leve proti desni:

- vrbe ( $n_g = 0,15$ ),
- čužka ( $n_g = 0,035$ ),
- vrbe ( $n_g = 0,15$ ).

Izračunani  $Q_{max}$ : 43,93 m<sup>3</sup>/s

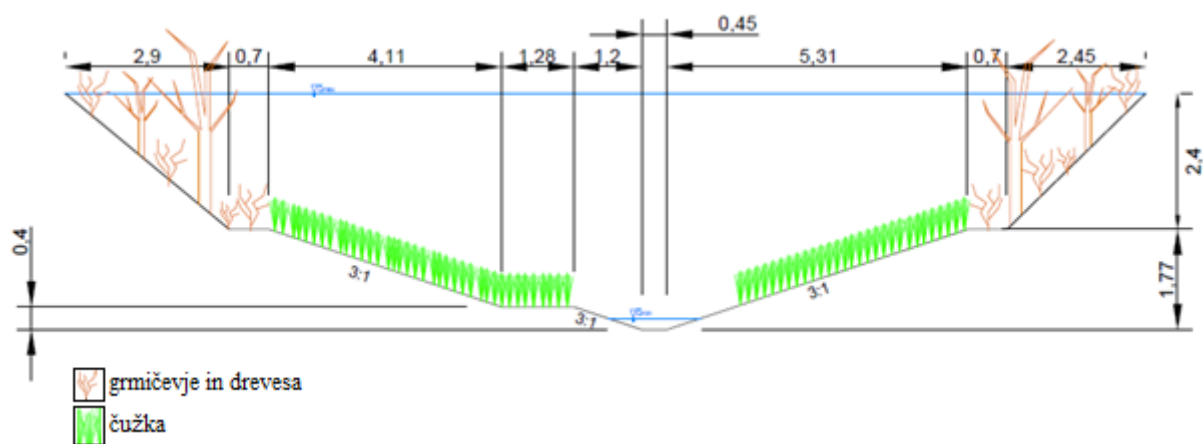
- 4. odsek:

Primerjava trenutnega in novega prereza:



Slika 29: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 4. odsek

Nov prerez:



Slika 30: 4. odsek-načrtovani prečni prerez

Spremembe:

- spremenjeni nakloni (skrajno levi in desni sta zaradi odlične trenutne izvedbe nespremenjena),
- dodan trapezni kanal za sušni pretok,
- utrditev leve brežine z leseno kašto in vrbovimi živimi količki.

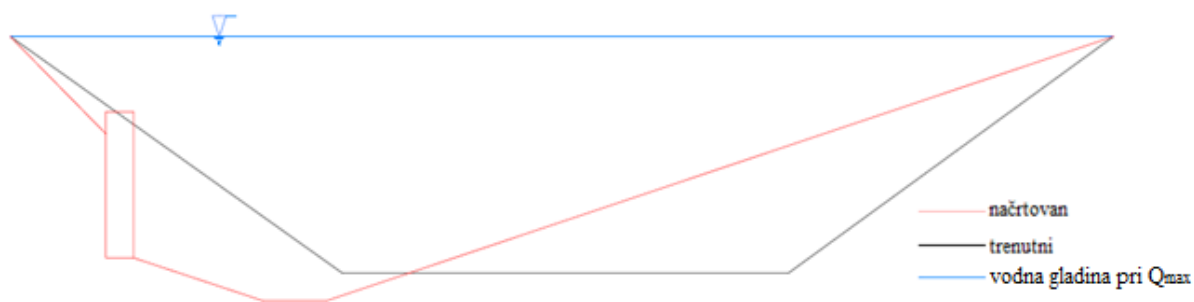
Izbrana zarast in Manningov koeficient iz leve proti desni:

- samozarast – grmičevje in drevesa ( $n_g = 0,06$ ),
- čužka ( $n_g = 0,035$ ).

Izračunani  $Q_{max}$ :  $139,64 \text{ m}^3/\text{s}$

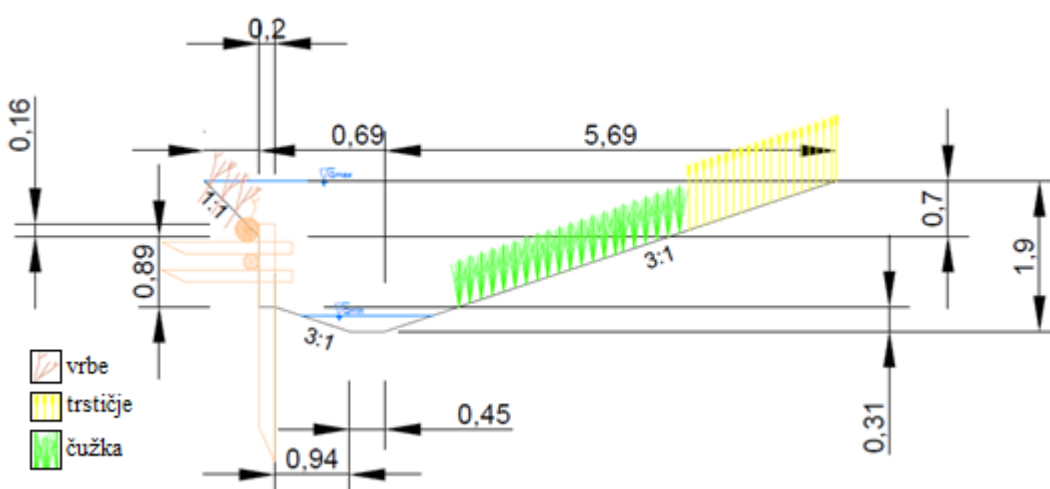
- 5. odsek:

Primerjava trenutnega in novega prereza:



Slika 31: Primerjava trenutnega in načrtovanega prečnega prereza – 5. odsek

Nov prerez:



Slika 32: 5. odsek-načrtovani prečni prerez

Spremembe:

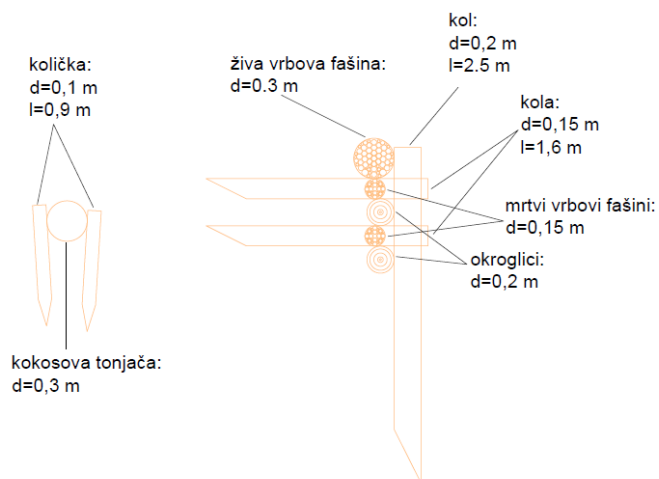
- spremenjeni nakloni,
- dodan trapezni kanal za sušni pretok,
- utrditev leve brežine z leseno kašto in vrbovimi živimi količki.

Izbrana zarast in Manningov koeficient iz leve proti desni:

- vrbe ( $n_g = 0,15$ ),
- čužka ( $n_g = 0,035$ ),
- samozarast – trsje ( $n_g = 0,05$ ).

Izračunani  $Q_{max}$ : 15,07 m<sup>3</sup>/s

- Podrobnejši prikaz uporabljene kašte in tonjače s količki:



**Slika 33: Podrobnejši prikaz uporabljene kašte in tonjače s količki**

Glede na predlagana preoblikovanja geometrije prečnih prerezov in nove elemente (zarast, kašte,...) je na spodnji sliki prikazano novo stanje pretočnosti po odsekih.



**Slika 34: Primerjava trenutne in nove pretočne sposobnosti posameznih odsekov**

Glede na odtočne razmere je treba za naslednjo fazo načrtovanja uporabiti bolj zahteven hidravlični izračun, ki bo upošteval tako spodnji robni pogoj (iztekanje v Škocjanski zatok), kot tudi gorvodni vpliv med posameznimi odseki in vpliv lokalnih ovir.

### 6.3 Vzdrževalna dela na predlagani ureditvi

Kot pri vseh ureditvah vodotokov, so tudi pri sonaravni ureditvi potrebna vzdrževalna dela. Tukaj je najpomembnejše odstranjevanje raznih naplavljenih ovir (les, smeti,...), ki bi zmanjševale pretočnost. V primeru zaraščanja prereza, namenjenega za odtok

sušnega pretoka, bi bilo potrebno tega očistiti. Ostala vzdrževalna dela načeloma ne bi bila potrebna.

Za razliko od običajnega urejanja strug, je prednost sonaravnega tudi ta, da ni potrebe po menjevanju raznih elementov ureditve (npr. kokosove tonjače), zaradi staranja. To je posledica urejanja v kombinaciji z živimi materiali (rastlinami). Ko nek element razpade, so rastlinske korenine že toliko razvite, da prevzamejo njegovo nalogo. Posledično ne potrebujemo novega elementa, s čimer se zmanjšajo stroški vzdrževanja.

#### **6.4 Prednosti predlagane ureditve za investitorja in lastnike stičnih zemljišč**

Ko govorimo o tem, zakaj bi se investitor odločil za tako izvedbo, je najpomembnejša definitivno cena. Kot sem že pisal v poglavju 3.1, je ob pravilni izvedbi taka ureditev, na dolgi rok, cenejša od konvencionalne.

Kar se pa tiče prednosti predlagane ureditve za lastnike stičnih (obvodnih) zemljišč, je na prvem mestu preprečitev erozije, ki bi lahko spodjedla njihova zemljišča. V primeru, ko gre za kmetovalce, bi bila prednost tudi večja prisotnost naravnih plenilcev (ujede, žabe, kače,...), ki bi zmanjšali število škodljivcev na njihovih njivah.



## 7 ZAKLJUČEK

V nalogi je bila izpeljana idejna ureditev razbremenilnika Ara, z uporabo sonaravnih ukrepov. Razbremenilnik sem razdelil na pet odsekov. Za vsak odsek sem kot merodajni prerez izbral ozko grlo na tem odseku. Glede na meritve trenutnih izbranih prerezov, sem dobil maksimalni pretok. Ker ob razbremenilniku ni poplavno ogroženih območij, sem predpostavil, da je trenutni maksimalni pretok povsem zadosten, zato sem ga uporabil pri načrtovanju novih prerezov. Potreboval sem še sušni pretok. Tega sem pa predpostavil glede na sušni pretok reke Rižane.

Poleg pretokov, sem se moral odločiti še glede zarasti, da sem lahko izbral Manningov koeficient. Ker bi ob neprimerni izbiri zarasti v bližini kanala za sušni pretok prišlo do preraščanja le tega, sem tam kot zarast izbral čužko. Na drugih delih prerezov sem večinoma dal prednost samozaraščanju. Pri samozaraščanju sem predpostavil, da bo zarast taka, kot je trenutna zarast pred urejanjem.

S temi podatki sem preko geometrijskih zahtev s poskušanjem izdelal nove ureditve prerezov. Te sem na koncu še izrisal v programu AutoCad. Prav tako sem v programu izrisal primerjavo trenutnega in načrtovanega prereza za posamezen odsek.

Za nadaljnje faze načrtovanja je treba opraviti podrobnejši hidravlični izračun z (vsaj) stalnim neenakomernim tokom, da se upoštevajo še lokalne ovire (premostitve,...) in doreče vzdolžna usklajenost pretočne sposobnosti. Ker je za tak izračun potrebna podrobnejša geometrija razbremenilnega kanala, bo treba opraviti še njegovo geodetsko izmero.

Iz diplomske naloge je razvidno, da je možno izvesti sonaravno ureditev brez potrebe po pridobivanju novih parcel. Ker je pridobivanje teh ponavadi eden izmed večjih problemov, se s tem sama izpeljava projekta poenostavi. V končni fazi bi bil največji problem, za izvedbo take ali podobne ureditve na razbremenilniku Ara, trenutni trend urejanja okolja v koprski občini, saj se ta bolj nagiba k uporabi nenaravnih materialov.

## VIRI

ARSO – Agencija republike Slovenije za okolje. 2016.

[http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov\\_arhiv\\_tab.php?p\\_vodotok=Ri%C5%BEana&p\\_postaja=9240](http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php?p_vodotok=Ri%C5%BEana&p_postaja=9240) (Pridobljeno 9. 8. 2016.)

Atlas okolja - Agencija republike slovenije za okolje. 2016.

[http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (Pridobljeno 31. 8. 2016.)

Bioengineered Materials and Techniques for Public Freshwater Lakes, Rivers, and Streams. 2012. Indiana, Indiana general assembly: str. 2, 5-7

<http://www.in.gov/legislative/iac/20120404-IR-312120154NRA.xml.pdf> (Pridobljeno 25. 4. 2016.)

Brunner, W. G. 2016. HEC-RAS, River Analysis System Hydraulic Reference Manual. Davis, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center: poglavje 3, str. 13-16.

Erjavec, K. 2009. Okvirni program izvajanja direktive o oceni in obvladovanju poplavne ogroženosti, (Direktiva 2007/60/ES) za obdobje 2009-2015. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: str. 3, 4.

[http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/okvirni\\_program\\_izvajanja\\_poplavne\\_direktive.pdf](http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/voda/okvirni_program_izvajanja_poplavne_direktive.pdf) (Pridobljeno 31. 8. 2016.)

Gentili, G., Puzzi, C. M., Satorelli, M. et al. 2011. Interventi idraulici ittocompatibili: linee guida. Milano, Regione Lombardia – Direzione Generale Agricoltura: str.15-17.

[http://www.agricoltura.regione.lombardia.it/cs/Satellite?c=Redazionale\\_P&childpagename=DG\\_Agricoltura%2FDetail&cid=1213413345158&packedargs=NoSlotForSitePlan%3Dtrue%26menu-to-render%3D1213287460804&pagename=DG\\_AGRWrapper](http://www.agricoltura.regione.lombardia.it/cs/Satellite?c=Redazionale_P&childpagename=DG_Agricoltura%2FDetail&cid=1213413345158&packedargs=NoSlotForSitePlan%3Dtrue%26menu-to-render%3D1213287460804&pagename=DG_AGRWrapper) (Pridobljeno 25. 4. 2016.)

Geopedia – interaktivni spletni atlas in zemljevid Slovenije

[http://www.geopedia.si/#T105\\_x405697.7180175781\\_y45792.556396484375\\_s14\\_b4](http://www.geopedia.si/#T105_x405697.7180175781_y45792.556396484375_s14_b4) (Pridobljeno 27. 3. 2016.)

Jereb, S. 2013. Gradnja enostavnih in nezahtevnih objektov. Murska Sobota, UE Murska Sobota.

[http://www.upravneenote.gov.si/fileadmin/pageuploads/ue-murska\\_sobota/OKOLJE/GradnjaEnostavnihObjektov.pdf](http://www.upravneenote.gov.si/fileadmin/pageuploads/ue-murska_sobota/OKOLJE/GradnjaEnostavnihObjektov.pdf) (Pridobljeno 31. 8. 2016.)

Li, B. 2012. Time-lapse: Transformation of Bishan Park to River Plains by Brice Li.

<https://www.youtube.com/watch?v=m15zd7YLBW> (Pridobljeno 3. 9. 2016.)

Proposte di intervento per la riqualificazione ambientale e la difesa idraulica del corso

d'acqua. 2004. Como, Provincia di Como – Settore risorse ambientali servizio pesca: str.7, 8.

[http://www.parcovallelanza.com/www.parcovallelanza.com/studio\\_geologico\\_files/5interventi.pdf](http://www.parcovallelanza.com/www.parcovallelanza.com/studio_geologico_files/5interventi.pdf)

(Pridobljeno 25. 4. 2016.)

Steinman, F. 2010. Hidravlika. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin z laboratorijem: predgovor, str. 10, 11, 130-133, 137-139.

Steinman, F., Kompare, K., Prešeren et al. 2014a. Inženirska biologija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in Geodezijo: str. 3.

Steinman, F., Banove, P., Kozelj, K. et al. 2014b. Sonaravno varovanje brežin pri večjih hidrodinamičnih obremenitvah. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 5, 7, 8, 16, 17.

U. S. Forest Service

[http://www.fs.fed.us/t-d/pubs/htmlpubs/html06232815/longdesc/fig3\\_63.htm](http://www.fs.fed.us/t-d/pubs/htmlpubs/html06232815/longdesc/fig3_63.htm) (Pridobljeno

13. 7. 2016.)

## **Pravilniki in zakoni**

Poplavna direktiva (2007/60/ES)

Vodna direktiva (2000/60/ES)

Zakon o ohranjanju narave (Ur. l. RS, št. 56/99, 31/00, 119/02, 22/03, 41/04, 96/04 in 46/14)

Zakon o graditvi objektov – ZGO-1 (Uradni list RS, št. 110/02 z dne 18. 12.2002)

Zakon o vodah (Ur. l. RS, št. 67/02)