

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 izvirna različica zaključnega dela.

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

Pertot, I., 2016. Idejna zasnova ureditve hudournika/potoka v Šempetru pri Gorici. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Rusjan, S., somentor Sodnik, J.): 26 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5990/>

Datum arhiviranja: 20-10-2016

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:

Pertot, I., 2016. Idejna zasnova ureditve hudournika/potoka v Šempetru pri Gorici. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Rusjan, S., co-supervisor Sodnik, J.): 26 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/5990/>

Archiving Date: 20-10-2016

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
GRADBENIŠTVO**

Kandidat:

IVO PERTOT

**IDEJNA ZASNOVA UREDITVE
HUDOURNIKA/POTOKA V ŠEMPETRU PRI GORICI**

Diplomska naloga št.: 274/B-GR

**CONCEPTUAL DESIGN FOR REGULATION OF
RORRENT/STREAM IN ŠEMPETER PRI GORICI**

Graduation thesis No.: 274/B-GR

Mentor:

doc. dr. Simon Rusjan

Somentor:

viš. pred. mag. Jošt Sodnik

Ljubljana, 22. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študent/-ka Ivo Pertot, vpisna številka 26108607, avtor/-ica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Idejna zasnova ureditve hudournika/potoka v Šempetru pri Gorici

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:	627.1(043.2)
Avtor:	Ivo Pertot
Mentor/mentorica:	Simon Rusjan, doc. dr.
Somentor/somentorica:	Jošt Sodnik, asist. mag.
Naslov:	Idejna zasnova ureditve hudournika/potoka v Šempetru pri Gorici
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	26 str., 7 pregl., 31 sl., 20 en., 1 pril.
Ključne besede:	poplava, ureditev struge, bočni preliv, prepust, površinski odtok, racionalna metoda, prispevno območje

Izvleček

V diplomskem delu je opisana poplavna problematika pritoka Vrtojvice, ki izvira na hribu Mark v Šempetru pri Gorici. Struga potoka je večino časa skoraj prazna, ob velikem deževju pa zaradi hidravlično neustreznih vtokov v prepust pod cesto prestopi bregove in zalije cesto. V nadaljevanju je opisan problematičen odsek struge in predlagana rešitev. Osnovna ideja je zadržati vodo čimbolj gorvodno in lokalno omejiti pretok tako, da proti prepustu teče le toliko vode, kot jo ta lahko sprejme in s tem ne pride do prelitja.

Pridobljene podatke o strugi in ekstremnih padavinah sem uporabil za določitev površinskega odtoka za posamezni pritok potoka, na podlagi katerih sem določil količino vode ob 5-, 10- in 50-letnih padavinah. Po izračunu maksimalnega pretoka skozi prepust sem določil odvečno količino vode, ki bi se prelila po travniku ob strugi. Poleg izračunov je diplomsko delo opremljeno s slikami stanja struge v normalnem stanju, med poplavo in po poplavi.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	627.1(043.2)
Author:	Ivo Pertot
Supervisor:	Simon Rusjan, Ph.D.
Co-advisor:	Jošt Sodnik, M.Sc.
Title:	Conceptual design for regulation of torrent/stream in Šempeter pri Gorici
Document type:	Graduation thesis – University studies
Notes:	26 p., 7 tab., 31 fig., 20 eq., 1 ann.
Key words:	flood, regulation of canal, side strait, culvert, surface runoff, Rational method, drainage areas

Abstract

The graduation thesis describes the problem of one of the Vrtojba streams' tributaries. The source of the tributary stream is located on the Mark hill in Šempeter pri Gorici. The canal is almost empty most of the time, but in case of heavy rainfall, the stream floods the road under which it flows. The reason of flooding is the inlet of the culvert under the road. The following sections, the problematic section of the stream and the proposed solutions are described. The basic idea is to hold the water as upstream as possible and locally restrict the downstream flow to the limit of the culvert acceptance.

The gathered data on the stream as well as maximum rainfall data have been used to define the surface runoff for each tributary of the stream for 5-, 10- and 50-year rainfall extremes. After calculation of maximum inlet flow into the road culvert, the amount of excessive water to run into the designed flooding area is calculated. The graduation thesis includes both, hydraulic calculations as well as photographs of the stream in normal, flooded and after-flood conditions.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Simonu Rusjanu za pomoč in nasvete pri izdelavi diplomske naloge.

Zahvaljujem se vsem, ki so mi pomagali pri meritvah, staršem in prijateljem za podporo.

KAZALO

STRAN ZA POPRAVKE	I
IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK.....	III
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT.....	IV
ZAHVALA.....	V
KAZALO.....	VI
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
1 UVOD	1
1.1 Koncept odvodnje padavinskih voda.....	1
1.2 Komponente trajnostni sistemi za odvajanje padavinskih voda z urbanih površin (SUDS)	1
2 UREDITEV POTOKA V ŠEMPETRU PRI GORICI	4
3 PREDSTAVITEV PROBLEMA.....	6
4 PREDLAGANA REŠITEV.....	9
5 PRIDOBITEV PODATKOV	11
6. IZRAČUN	12
6.1 Površinski odtok	12
6.2 Določitev kritičnih odsekov s stališča hidravlične prevodnosti in maksimalnega dopustnega pretoka	15
6.3 Hidrogrami, izračun volumna zadržane vode in časa za odtok	19
6.4 Dopolnitev ukrepov glede na dobljene rezultate	22
7 ZAKLJUČEK	25
VIRI.....	26

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrednosti koeficienta odtoka za različne rabe tal, naklon terena in povratne dobe (Chow in sod., 1988: str 498), povzeto po Šraj, M., 2010. Odtok površinskih voda, Dodatek k učbeniku	13
Preglednica 2: koeficienti odtoka za posamezno prispevno območje	13
Preglednica 3: Povratne dobe za ekstremne padavine za mersko postajo Bilje	14
Preglednica 4: ploščine vodozbirnih površin	14
Preglednica 5: Površinski odtoki pritokov	14
Preglednica 6: Shematični prikaz možnih tipov toka v prepustu (Hidravlika, Steinman, 1999: str 191)	17
Preglednica 7: Pregled možnih tipov toka in potrebni pogoji za določen tip toka v prepustu (Hidravlika, Steinman, 1999: str 190)	18

KAZALO SLIK

Slika 1: Najvišje izmerjena gladina poplavljenega cestišča (foto: Ivo Pertot)	4
Slika 2: Najvišje izmerjena gladina poplavljenega cestišča (foto: Ivo Pertot)	4
Slika 3: vtok v cev pod zemljo, ki je speljana do Vrtojbe (foto: Ivo Pertot)	5
Slika 4: Pregledna situacija z označenimi osmi vodotokov	6
Slika 5: Prepust pod cesto (foto: Ivo Pertot).....	7
Slika 6: Poplavljen prepust pod cesto ob zadnji poplavi 15.6.2016 okoli 3:00 (foto: Ivo Pertot)	7
Slika 7: Peskolov pred vtokom v kanal ob cesti (foto: Ivo Pertot)	8
Slika 8: Poplavljen peskolov pred vtokom v kanal ob cesti ob poplavi 15.6.2016 (3:00) (foto: Ivo Pertot)	8
Slika 9: Odprtina prepusta skozi nasip stare železniške proge (foto: Ivo Pertot)	9
Slika 10: Ovinek pred prvim mostom; na desnem bregu je sosedova parcela (foto: Ivo Pertot)	10
Slika 11: prispevna območja	11
Slika 12: Shematski prikaz odtoka površinskih voda (Šraj, M., 2010. Odtok površinskih voda, Dodatek k učbeniku)	12
Slika 13: kritično mesto obravnavanega odseka struge (foto: Ivo Pertot).....	15
Slika 14: Kanal pod dovozom na dvorišče ob visoki vodi 11.6.2016 (foto: Ivo Pertot)	16
Slika 15: Prepust pod cesto ob visoki vodi 11.6.2016, ko se še ne preliva čez (foto: Ivo Pertot)	16
Slika 16: Kanal pod dovozom med poplavo okoli 3:00, 15.6.2016 (foto: Ivo Pertot)	16
Slika 17: Prepust pod cesto med poplavo 15.6.2016 okoli 3:00 (foto: Ivo Pertot).....	16
Slika 18: Kanal pod dovozom na dvorišče 15.6.2016 ob 11ih (foto: Ivo Pertot)	16
Slika 19: Prepust pod cesto 15.6.2016 ob 11ih (foto: Ivo Pertot).....	16
Slika 20: Iztok iz prepusta pod cesto ob visoki vodi 11.6.2016 (foto: Ivo Pertot)	17
Slika 21: Hidrogram Q_{1+2} za 5-letne padavine	20
Slika 22: Hidrogram Q_1 za 10-letne padavine	21
Slika 23: Poplavno območje med železniškima nasipoma z označenim protipoplavnim nasipom	22

1 UVOD

V uvodu v diplomsko nalogo je opisan pristop za določanje odvodnje padavinskih voda. Koncept je povzet po Sustainable drainage systems – A guide for developers (Environment agency; http://www.rtpi.org.uk/media/12399/suds_a5_booklet_final_080408.pdf).

1.1 Koncept odvodnje padavinskih voda

Pri urejanju odvodnje padavinskih voda v urbanem okolju je pomembno, kakšen koncept uporabimo. Takojšnje odvajanje vode iz območja ima lahko več vplivov na:

- višjo možnost poplav dolvodno, kot posledica odtoka iz streh in talnih površin, ki povzročajo hitro dviganje pretokov in lokalna višanja gladin.
- deževnica, ki je odvedena do cevni sistemov, zmanjšuje količino vode, ki pronica v zemljino. Kot rezultat se zniža gladina podtalnice in je znižan sušni pretok v strugah.
- površinski odtok lahko vsebuje onesnaževala (kontaminante), kot so olja, organske snovi in toksične kovine. Veliko krat je pri velikih deževjih prvi poplavni val skozi drenažni sistem visoko onesnažen.

Nekatera onesnaženja, povzročena zaradi površinskega odtoka so neizbežna, čiščenje vode vsakega odtoka posebej pa je nepraktično.

Koncept trajnostnih sistemov odvajanja padavinskih voda z urbanih površin (SUDS-ang. Sustainable drainage systems) je načrtovan tako, da ima tri naloge:

- kontrolirati količino in omejevati odtok pred razvijanjem
- izboljšati kvaliteto odtoka
- povečati naravno ohranjenost pokrajine, dobrin območja in okolice

Trajnostni sistemi za odvajanje padavinskih voda z urbanih površin se ne osredotočajo le na preprečitev poplav, temveč se ukvarjajo z odtokom čim bližje izvoru in ravnovesjem vseh treh zgoraj naštetih nalog.

Izvedba SUDS lahko vodi do zmanjšanja stroškov, saj lahko do prihranka pride z izogibanjem ali zmanjšanjem potrebe po kanalizacijskih jarkih in cevni povezavah oddaljenih iztokov. SUDS je lahko cenovno učinkovito načrtovan z ohranjanjem naravnih značilnosti, kot so jarki, ribniki in mokrišča.

1.2 Komponente trajnostni sistemi za odvajanje padavinskih voda z urbanih površin (SUDS)

SUDS je filozofija načrtovanja, ki uporablja več tehnik za upravljanje in zadrževanje padavinskih voda čim bližje njihovem izvoru. Za izdelavo delujoče in učinkovite sheme, mora biti SUDS vključen v razvoj projekta že v zgodnji fazi.

Površinski odtok lahko odvajamo na več načinov, nekateri so na kratko opisani v nadaljevanju:

1.2.1 Trajnostni sistemi za odvajanje padavinskih voda z urbanih površin s prepustnimi tlaki

Potrebo po površinskih vodnih odtokih in kanalizacijah lahko zmanjšamo ali izločimo, kjer je odtok speljan po poroznih pločnikih, ki so narejeni iz propustnih materialov (npr. porozni asfalt). Glede na pogoje zemljine, lahko voda pronica neposredno v podtalnico, ali se pred tem zbira v podzemnem rezervoarju. V primeru, da infiltracija ni mogoča ali ni primerna (npr. zaradi kontaminacije tal) lahko uporabimo neprepustno membrano, ki preprečuje pronicanje vode v zemljino, pločnik pa ostaja nepoplavljen v vseh pogojih. Odstranjevanje onesnaženosti se izvaja v materialu na površju ali v podtalju ali z filtracijo v rezervoarju.

1.2.2 Z bazeni in kotanjami

Kotanje in bazeni so lahko ustvarjeni kot posebnosti načrtovanih zemljišč. V teh primerih se na njih gleda kot del zemljišča, s tem pa so vključeni tudi v standardno vzdrževalno pogodbo. Služijo kot začasni bazen za meteorne vode, lahko znižajo viške pretoka voda, ki jih sprejemajo, filtrirajo pa tudi onesnaževalce okolja, kateri se odlagajo ter absorbirajo v substratu. Vzpodbujajo tudi mikrobiološki razkroj organskega odpada ter infiltracijo vode direktno v tla. Kotanje in bazeni so mnogokrat vgrajeni kot del odtočne mreže večjih bazenov, ki se nato izlivajo v določen naravni tok. Vode se lahko zadržujejo tudi v manjših suhih zadrževalnikih, ki pogosto lahko veliko prispevajo k upočasnjevanju padavinskega odtoka z urbanih območij. Ob cestah jih najdemo kot nadomestek standardnih odtokov, s čimer se drastično zniža strošek izgradnje ter vzdrževanja le-teh.

1.2.3 Zelene strehe ter reciklacija meteornih voda

Zelene strehe zmanjšajo povprečni in maksimalni pretok vode, kot tudi izboljšajo njeno kvaliteto. Hkrati pa zagotavljajo boljšo izolacijo strehe ter podaljšajo njeno življenjsko dobo. Recikliranje meteornih voda pomeni shranjevanje deževnice v rezervoarje. Ta se nato lahko uporabi kot sanitarna voda ali pa za namene namakanja.

1.2.4 Odtočni jarki in drenažni jaški

Drenažni jaški so rezervoarji napolnjeni s kamenjem, skozi katerega se filtrira deževnica, ki nato počasi odteka v tla. Njihova življenjska doba se lahko podaljša z inštalacijo predhodnih filtrov, ki znižajo raven suspediranih delcev. Drenažni jaški se velikokrat uporabljajo na avtocestah. Podobni so odtočnim jarkom le, da imajo skozi jarek speljano perforirano cev po celotni dolžini. To omogoča shranjevanje, filtracijo ter delno infiltracijo vode, preden doseže končni iztok. Onesnaževalci se odstranijo z absorpcijo, filtracijo ter biološkim razkrojem v bližnji prsti. Možna je tudi zasnova sistemov, ki kombinirajo obe varianti.

1.2.5 Trajnostni sistemi za odvajanje padavinskih voda z urbanih površin na opuščeni industrijskih območjih

Trajnostni sistemi za odvajanje padavinskih voda z urbanih površin so na opuščeni industrijskih območjih izjemno učinkoviti, vendar pri drenaži oziroma infiltraciji vode v tla, moramo biti izredno previdni zaradi tveganja okoljske škode. Posebna pozornost se mora posvečati izogibu koncentriranja onesnaževalcev ter kontroliranega zajema in odvajanja potencialno onesnaženih padavinskih voda.

1.2.6 Ribniki in mokrišča

Ribniki in mokrišča so lahko mokri ali suhi, načrtovani so za sprejetje velike razlike v gladinah vode med nalivi, kot tudi povečanje kapacitete zadrževanja poplav. Stopnja odstranjevanja trdih delcev je lahko merodajna, ko je omogočeno dovolj časa za zadrževanje. Alge in rastline v mokriščih zagotavljajo posebno dobro raven filtriranja in odstranjevanja hranil. Ribniki in mokrišča se lahko napajajo iz ponikalnih kotanj, drenažnih odtokov ali cevni sistemov.

1.3 Izbira pravega trajnostnega sistema za odvajanje padavinskih voda z urbanih površin

Pri izbiri pravega trajnostnega sistema za odvajanje padavinskih voda z urbanih površin moramo upoštevati lastnosti posameznega sistema, ki so našteje v predhodnih podpoglavjih. Na izbiro pravega SUDS sistema vpliva več dejavnikov.

Dejavniki, ki vplivajo na izbiro zasnove sistema:

- prisotni onesnaževalci
- velikost območja
- hidrologija območja ter infiltracijska hitrost tal
- ali je območje zaščitene pitne vode ali onesnaženo območje

Velike kotanje ali močvirja so v večini primernejša za območja večja od 5 ha. Infiltracijski jarki, kotanje, porozno tlakovanje... so primerni za manjša, kot tudi večja območja. Najboljša drenažna rešitev je v večini primerov kombinacija večjih rešitev.

1.3.1 Prepustnost tal in hidrologija

Prepustnost tal ima lahko znaten vpliv na izbiro pravega drenažnega sistema. Metode infiltracije so lahko neučinkovite, če zgornje plasti tal prepuščajo manj kot 10 mm vode na uro. Kotanje in bazeni, ki bazirajo na kombinaciji filtracije in infiltracije, pri manj poroznih tleh delujejo bolje. V primerih zelo poroznih tal morajo biti kotanje in bazeni primerno obloženi. Pri primerih, kjer se območje nahaja blizu rudnikov, je treba poskrbeti za to, da se drenažna infiltracija ne povezuje s podzemnimi konstrukcijami.

Zato je zelo pomembno, da se v zgodnji fazi raziščejo lastnosti tal ter hidrologija, nato pa se te ugotovitve posredujejo načrtovalcu. Tako se lahko v zgodnji fazi predlaga in nato implementira ustrezen drenažni plan.

2 UREDITEV POTOKA V ŠEMPETRU PRI GORICI

V Šempetru pri Gorici na hribu Mark izvira pritok Vrtojvice, ki zaradi svoje majhnosti nima imena. Čeprav je potok majhen, ob velikem deževju pokaže svoje zobe. Večkrat je že poplaval in zalil cesto pod mostom. Višina vode ob poplavih septembra 2007 in oktobra 2012 je vidna na slikah 1 in 2.



Slika 1: Najvišje izmerjena gladina poplavljenega cestišča (foto: Ivo Pertot)



Slika 2: Najvišje izmerjena gladina poplavljenega cestišča (foto: Ivo Pertot)

Obravnavani potok ima dva izvira, ki tečeta ločeno do območja med železniškima nasipoma, kjer se združita. Struga je nato speljana proti cesti, kjer se v peskolovu pomeša z meteorno vodo s cestišča in vteka v desni obcestni kanal. Ta se konča pri mostu, kjer je narejen prepust pod cesto. Ko voda priteče

skozi prepust, se ji pridruži meteorna voda z druge strani ceste in skupaj vtekata v cev, ki je speljana pod zemljo do Vrtojbe (Slika 3). V nadaljevanju bom vodo iz izvira 1 imenoval Pritok 1, voda iz izvira 2 bo Pritok 2, meteorna voda iz desnega dela cestišča, ki se združi s potokom v peskolovu pa Pritok 3.



Slika 3: Vtok v cev pod zemljo, ki je speljana do Vrtojbe (foto: Ivo Pertot)

3 PREDSTAVITEV PROBLEMA

Po obilnejšem deževju se v potok, zaradi razmeroma velikih prispevnih območij, izteka površinski odtok, ki zelo poveča pretok potoka. Na Sliki 4 je na zemljevidu z modro barvo prikazana os potoka. Kritičen predel struge je vtok v prepust pod cesto pred mostom, kjer se voda »zaleti« v most in pod kotom približno 90° vteka v prepust pod cesto (Slika 5). Pri veliki količini vode in naplavljanju raznih plavin se prepust zamaši in voda teče čez prepust po cesti (Slika 6). Zaradi nezmožnosti požiranja prepusta pod cesto se voda nabere tudi v peskolovu gorvodno in pljuska čezenj na cesto (Sliki 6 in 7). Voda odteka tudi po cesti proti mostu, kjer je najnižja kota cestišča.



Slika 4: Pregledna situacija z označenimi osmi vodotokov



Slika 5: Prepust pod cesto (foto: Ivo Pertot)



Slika 6: Poplavljen prepust pod cesto ob zadnji poplavi 15.6.2016 okoli 3:00 (foto: Ivo Pertot)



Slika 7: Peskolov pred vtokom v kanal ob cesti (foto: Ivo Pertot)



Slika 8: Poplavljen peskolov pred vtokom v kanal ob cesti ob poplavi 15.6.2016 (3:00) (foto: Ivo Pertot)

4 PREDLAGANA REŠITEV

Ideja je uporabiti pristop trajnostnih sistemov za obvladovanje padavinskih voda z urbanih površin in vodo zadrževati čim bolj gorvodno in lokalno manjšati površinski odtok. Odvečno vodo bi poskušali delno zadržati med železniškima nasipoma po principu suhih mokrišč, ki imajo lastnost sprejemanja velikih razlik gladin med nalivi in povečanja kapacitete zadrževanja poplav.

Kot dodatni ukrep bi lahko povečal kritični prepust pod cesto (Slika 5), ali poglobil dno kanala pred vtokom v prej omenjeni prepust.

Skozi odprtino »mosta 2« - prepusta skozi nasip stare trase železnice na našem odseku (Slika 9), bi skozi zapornico spuščal le toliko vode, kot jo prepust pod cesto še lahko sprejme. Odvečna voda bi se prelila po območju ob železnici med Pritokoma 1 in 2. Zaradi višje lege travnika od sosedove parcele bi moral nekatere dele travnika poglobiti, da bi se voda prelila po predvidenem območju. Najvišja točka zadržane vode ne sme biti višja od višinske kote desnega brega struge pri sosedovi parceli (Slika 10). Tako bi se Pritoka 1 in 2 prelivala po zadrževalni površini na travniku, kar bi omogočalo vodi, da bi se počasneje iztekala in cestišče (Slika 1) bi bilo normalno prevozno.



Slika 9: Odprtina prepusta skozi nasip stare železniške proge (foto: Ivo Pertot)



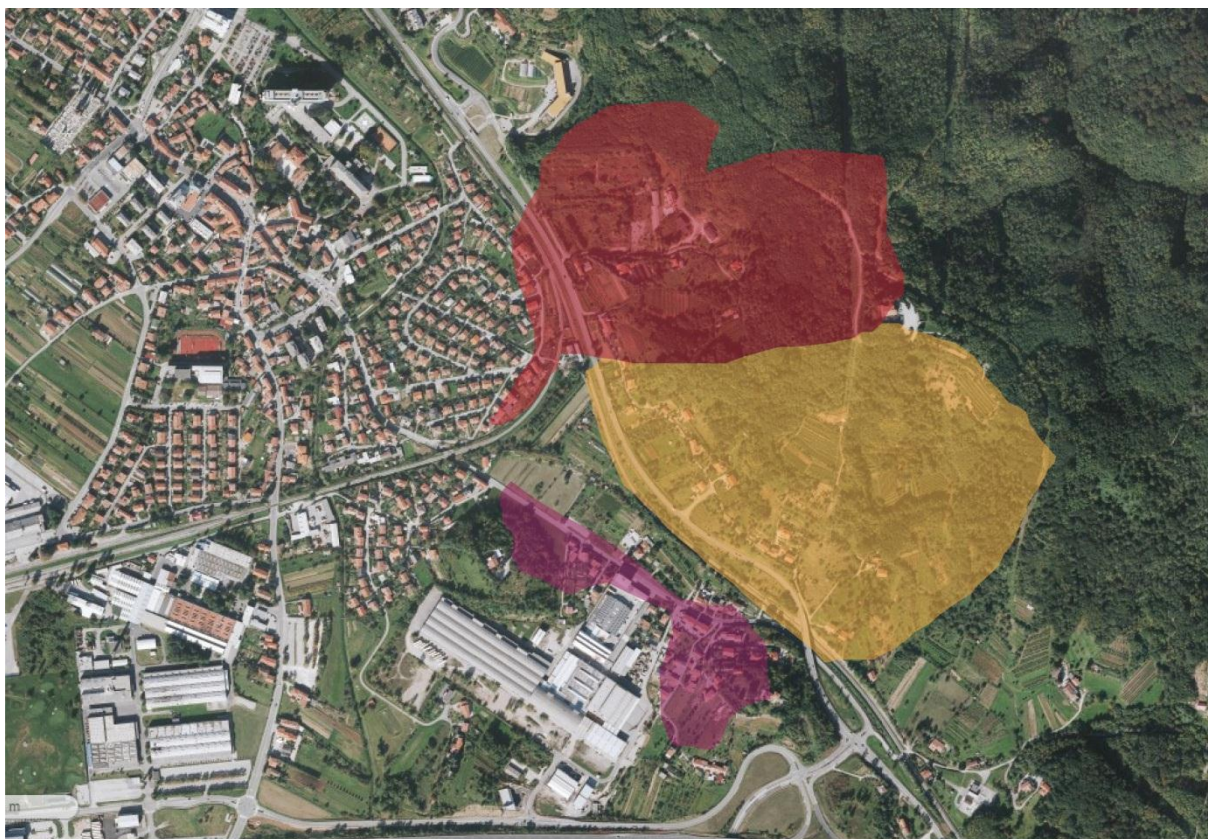
Slika 10: Ovinek pred prvim mostom; na desnem bregu je sosedova parcela (foto: Ivo Pertot)

5 PRIDOBITEV PODATKOV

Z GPS merilnikom sem izmeril nadmorske višine karakterističnih točk struge. Na podlagi podatkov o nadmorskih višinah posameznih točk v strugi sem določil nagib struge. Izmeril sem tudi prečne prereze struge.

Na spletni strani www.arso.gov.si sem pridobil podatke o količinah padavin za 5-, 10-, in 50-letne padavine za merilno postajo Bilje, ki je najbližja Šempetru pri Gorici (Preglednica 1). S pomočjo Atlasa okolja sem določil prispevna območja za 3 pritoke obravnavanega potoka, ki so prikazani na Sliki 11. Za pritek iz kanala na levi strani ceste sem predpostavil, da po njem teče 1/3 površinskega odtoka prispevnega območja 3.

Pri pregledu dejanskega stanja potoka, sem se pogovarjal tudi s starejšimi občani, ki so mi povedali, da je potok pred ureditvijo območja med železniškima progama, del tega območja že poplavljal ob večjih deževjih. Nazadnje je potok poplavi v noči iz 14.6.2016 na 15.6.2016, dogodku sem bil tudi sam priča, saj potok teče ob hiši mojih staršev.



LEGENDA:

■ Prispevno območje 1

■ Prispevno območje 2

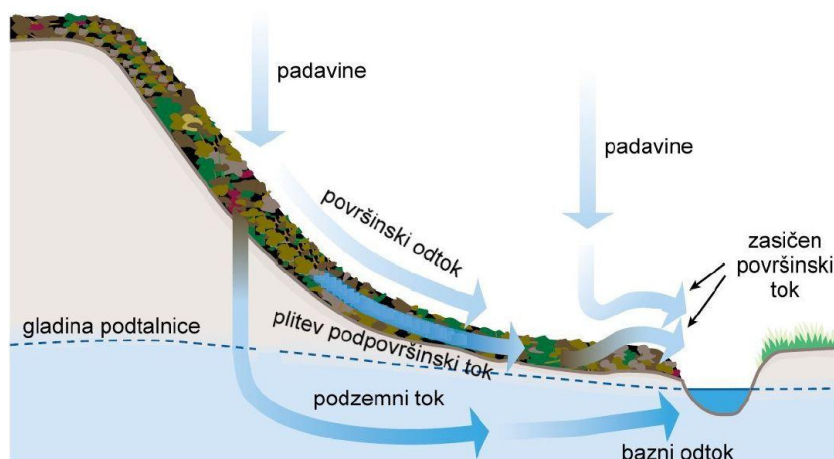
■ Prispevno območje 3

Slika 11: prispevna območja

6. IZRAČUN

6.1 Površinski odtok

Pridobljene podatke o 5-letnih, 10-letnih in 50-letnih padavinah sem uporabil za določanje površinskega odtoka posameznega pritoka za vsako povratno dobo posebej. Površinski odtok je del padavin, ki se ne zadržijo na rastlinah, v tleh ali izhlapijo, ampak odtečejo površinsko in podpovršinsko v mrežo vodotokov (Slika 12).



Slika 12: Shematski prikaz odtoka površinskih voda (Šraj, M., 2010. Odtok površinskih voda, Dodatek k učbeniku)

Pri večjih deževjih, ko je podzemni tok poln, lahko skoraj ves površinski odtok odteka površinsko. Za določanje površinskega odtoka je znanih več empiričnih enačb različnih avtorjev. Za obravnavani primer sem površinski odtok določil z **Racionalno metodo**:

»S pomočjo koeficienta odtoka lahko po racionalni metodi ocenimo največji pretok z določeno povratno dobo. Racionalna metoda je najbolj široko uporabljena empirična metoda pri dimenzioniranju kanalizacije meteornih vod z urbaniziranih površin, prav tako pa se uporablja tudi za določitev največjega odtoka iz manjših ruralnih vodozbirnih površin (do 2,5 km²). Metoda je v uporabi že od leta 1851 (Ward in Trimble, 2004). Osnovna predpostavka racionalne metode je, da je trajanje padavin enako času koncentracije vodozbirne površine. (Brilly in Šraj, 2005)

Največji pretok ocenimo s pomočjo racionalne enačbe (1):

$$Q_{max} = 0,278 \cdot C \cdot i \cdot A \quad (1)$$

Kjer so:

Q_{max} .. največji površinski odtok [m³/s]

C koeficient odtoka

i povprečna intenziteta padavin v času koncentracije povodja z določeno povratno dobo [mm/h]

A vodozbirna površina [km²]

Koeficiente odtoka sem določil na podlagi pokritosti posameznega prispevnega območja z gozdom, strehami, asfaltom in travniki. Koeficienti odtoka za posamezna območja so prikazani v Preglednici 1.

Preglednica 1: Vrednosti koeficienta odtoka za različne rabe tal, naklon terena in povratne dobe (Chow in sod., 1988: str 498), povzeto po Šraj, M., 2010. Odtok površinskih voda, Dodatek k učbeniku

površina	povratna doba (leta)						
	2	5	10	25	50	100	500
razvita							
asfalt	0.73	0.77	0.81	0.86	0.9	0.95	1
beton/streha	0.75	0.8	0.83	0.88	0.92	0.97	1
travnate površine (trate, parki, itd.)							
Slaba pokritost							
ravno, 0-2%	0.32	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.58
povprečno, 2-7%	0.37	0.4	0.43	0.46	0.49	0.53	0.61
strmo, več kot 7%	0.4	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55	0.62
Povprečna pokritost							
ravno, 0-2%	0.25	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
povprečno, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
strmo, več kot 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
Dobra pokritost							
ravno, 0-2%	0.21	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.49
povprečno, 2-7%	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46	0.56
strmo, več kot 7%	0.34	0.37	0.4	0.44	0.47	0.51	0.58
nerazvita							
obdelovalne površine							
ravno, 0-2%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.57
povprečno, 2-7%	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.49	0.6
strmo, več kot 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.53	0.61
pašniki							
ravno, 0-2%	0.252	0.28	0.3	0.34	0.37	0.41	0.53
povprečno, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
strmo, več kot 7%	0.37	0.4	0.42	0.46	0.49	0.53	0.6
gozdna površina							
ravno, 0-2%	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39	0.48
povprečno, 2-7%	0.31	0.34	0.36	0.4	0.43	0.47	0.56
strmo, več kot 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52	0.58

Za vsak izvir potoka sem iz Preglednice 2 čim bolj optimalno povzel koeficiente odtoka glede na odstotek terena, ki prekriva prispevno območje. Tako sem za Pritok 1 predpostavil, da je 90% pokrito z gozdom, 5% s strehami/betonom in 5% z asfaltom. Prispevno območje Pritoka 2 je 90% pokrito z gozdom, 4% s strehami, 6% pa z asfaltom. Za prispevno območje pritoka 3 pa sem ocenil, da je 40% pokrito z gozdom, 30% s strehami in 30% z asfaltom. Izračun koeficientov odtoka za posamezni pritok je podan v Preglednici 2.

Preglednica 2: koeficienti odtoka za posamezno prispevno območje

Koeficient odtoka		Povratna doba		
		5 let	10 let	50 let
povprečna pokritost 2-7%	C _g	0.36	0.38	0.45
beton/streha	C _s	0.8	0.83	0.92
asfalt	C _a	0.77	0.81	0.9
$C1 = 0.9 \cdot C_g + 0.05 \cdot C_s + 0.05 \cdot C_a =$	C1	0.403	0.424	0.496
$C2 = 0.90 \cdot C_g + 0.04 \cdot C_s + 0.06 \cdot C_a =$	C2	0.402	0.424	0.496
$C3 = 0.4 \cdot C_g + 0.30 \cdot C_s + 0.30 \cdot C_a =$	C3	0.615	0.644	0.726

Pri določitvi intenzitete padavin na uro sem upošteval podatke iz merske postaje v Biljah, ki je najbližja območju obravnavanega potoka. Podatki o ekstremnih padavinah za mersko postajo Bilje so podani v Preglednici 3.

Preglednica 3: Povratne dobe za ekstremne padavine za mersko postajo Bilje

trajanje padavin	POVRATNA DOBA							
	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let	
5 min	10	12	14	16	17	19	21	mm
10 min	15	19	22	25	28	30	33	mm
15 min	20	26	30	34	38	42	46	mm
20 min	24	32	37	43	48	53	59	mm
30 min	29	40	46	55	61	67	76	mm
45 min	34	47	55	65	73	81	91	mm
60 min	38	55	66	80	90	100	114	mm
90 min	44	66	81	100	114	128	146	mm
120 min	48	72	89	109	125	140	160	mm
180 min	56	86	106	132	151	169	194	mm
240 min	61	92	113	140	160	179	205	mm
300 min	65	98	120	148	168	189	216	mm
360 min	68	102	124	152	172	193	220	mm
540 min	79	114	137	167	189	211	239	mm
720 min	85	122	148	179	203	226	257	mm
900 min	90	128	153	185	208	232	263	mm
1080 min	93	132	158	190	215	239	270	mm
1440 min	101	148	180	220	249	278	317	mm

Površinski odtok sem računal s podatki o intenziteti padavin za 1 uro trajanja. Iz preglednice 3 sem uporabil spodaj izpisane intenzitete padavin za 5-, 10- in 50-letno povratno dobo:

$$i_{5 \text{ let}} = 55 \text{ mm/h}$$

$$i_{10 \text{ let}} = 66 \text{ mm/h}$$

$$i_{50 \text{ let}} = 90 \text{ mm/h}$$

Ploščine vodozbirnih površin za posamezno prispevno območje so podane v Preglednici 4:

Preglednica 4: ploščine vodozbirnih površin

Območje	Prispevna površina [km ²]
A1	0.2028
A2	0.2659
A3	0.0568

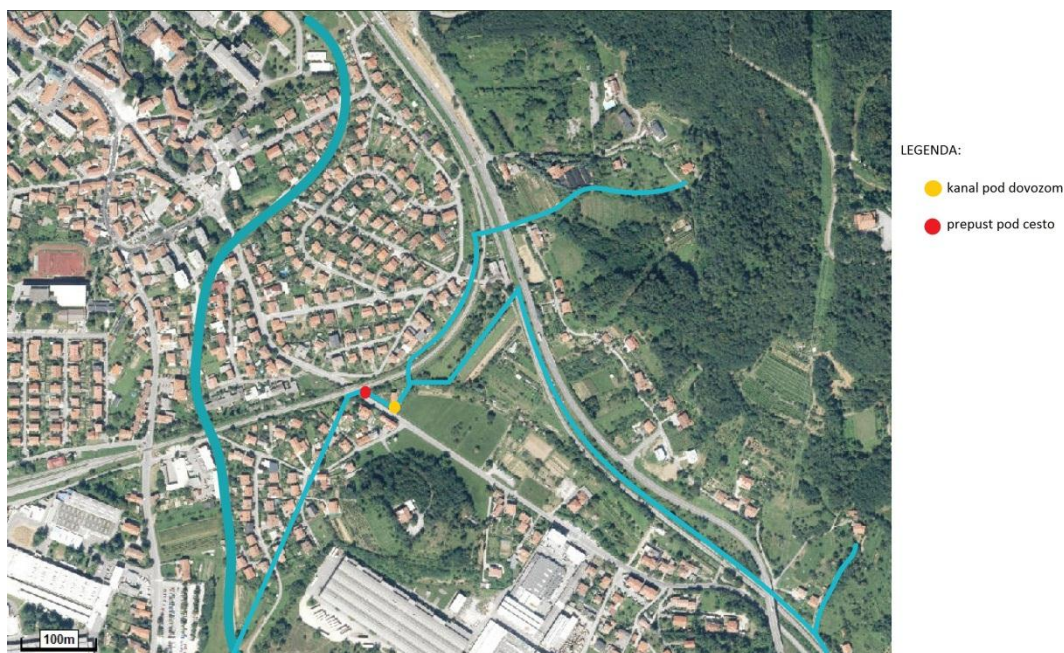
Sedaj lahko z racionalno enačbo izračunam največje površinske odtoke za posamezni pritok potoka. Izračunani pretoki so podani v Preglednici 5:

Preglednica 5: Površinski odtoki pritokov

Območje	Povratna doba		
	5 let	10 let	50 let
Q1	1.248	1.578	2.517
Q2	1.635	2.068	3.298
Q3	0.534	0.672	1.032

6.2 Določitev kritičnih odsekov s stališča hidravlične prevodnosti in maksimalnega dopustnega pretoka

Vtok z najmanjšo ploščino prečnega prereza v strugi potoka je kanal pod dovozom na dvorišče hiše ob potoku (Slike 7, 8, 14, 15, 16), vendar je najbolj problematičen predel vtoka v prepust pod cesto (Slike 5, 6, 17, 18, 19). Na Sliki 13 je prikazana lokacija prepusta pod cesto in kanala pod dovozom na dvorišče. Pretok skozi prepust je odvisen od tipa toka, ki teče skozi. V Preglednici 6 so podane skice šestih tipov toka skozi prepust, v Preglednici 7 pa so podane enačbe za določitev pretoka skozi prepust glede na tip toka, ki teče skozenj. Predpostavil sem, da se tok v prepustu obnaša po tipu 4 (Preglednica 6), kjer je prepust poln, saj je vodni tok zasedel celotni profil prepusta, iztok pa je zaradi pritoka meteorne vode z leve strani ceste prav tako potopljen. Potopljena vtok in iztok prepusta, ne da bi prišlo do poplave sta na Slikah 17 in 18.



Slika 13: Kritično mesto obravnavanega odseka struge (foto: Ivo Pertot)



Slika 14: Kanal pod dovozom na dvorišče ob visoki vodi 11.6.2016 (foto: Ivo Pertot)



Slika 15: Prepust pod cesto ob visoki vodi 11.6.2016, ko se voda še ne preliva čez (foto: Ivo Pertot)



Slika 16: Kanal pod dovozom med poplavo okoli 3:00, 15.6.2016 (foto: Ivo Pertot)



Slika 17: Prepust pod cesto med poplavo 15.6.2016 okoli 3:00 (foto: Ivo Pertot)



Slika 18: Kanal pod dovozom na dvorišče 15.6.2016 ob 11:00 (foto: Ivo Pertot)

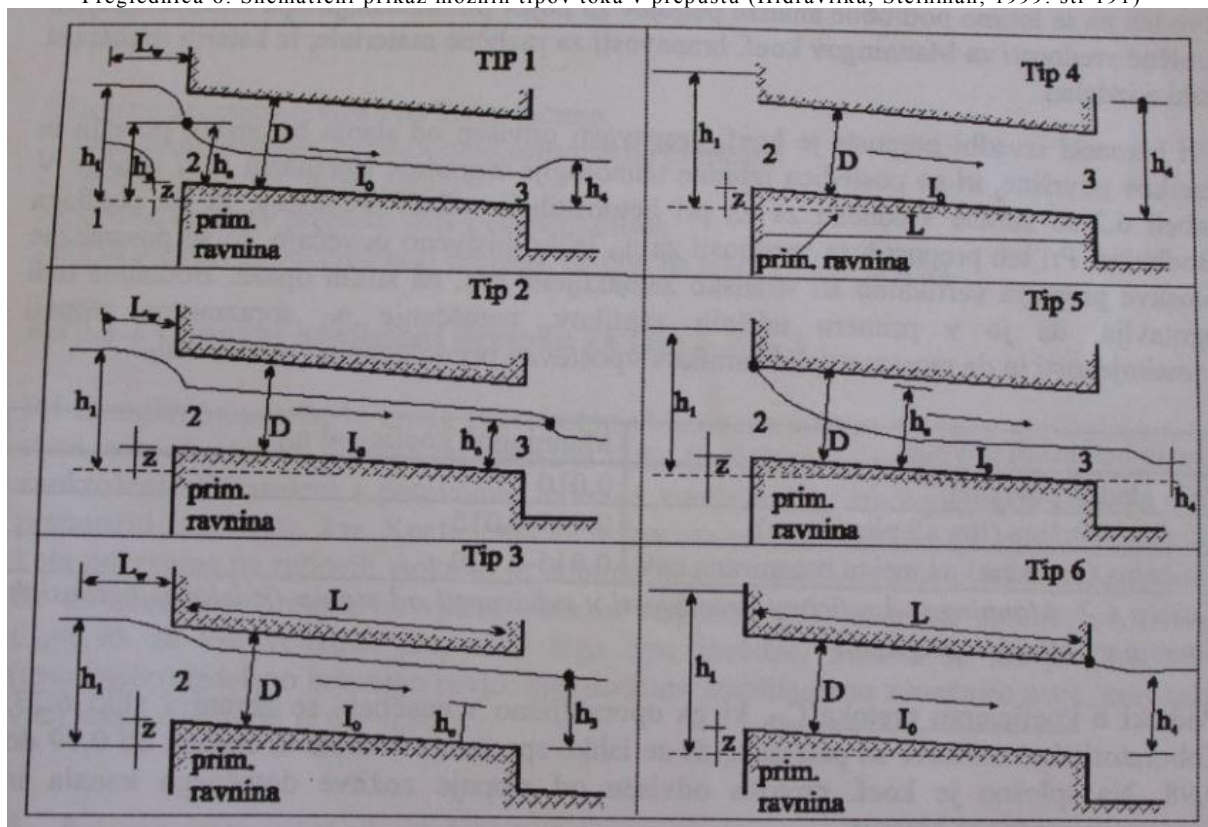


Slika 19: Prepust pod cesto 15.6.2016 ob 11:00 (foto: Ivo Pertot)



Slika 20: Iztok iz prepusta pod cesto ob visoki vodi 11.6.2016 (foto: Ivo Pertot)

Preglednica 6: Shematični prikaz možnih tipov toka v prepustu (Hidravlika, Steinman, 1999: str 191)



Preglednica 7: Pregled možnih tipov toka in potrebni pogoji za določen tip toka v prepustu (Hidravlika, Steinman, 1999: str 190)

	Tip toka skozi pretok	Enačba toka
tip 1	Kritična globina v vtočnem prerezu ($h_1 - z)/D < 1.5$ $h_w/h_c < 1.0$ $S_p > S_c$	$Q = C_D A_c \sqrt{2g(h_1 - z + \alpha_1 \frac{\bar{w}_1^2}{2g} - y_c - h_{F1-2})}$
tip 2	Kritična globina v iztočnem prerezu ($h_1 - z)/D < 1.5$ $h_w/h_c < 1.0$ $S_p > S_c$	$Q = C_D A_c \sqrt{2g(h_1 - z + \alpha_1 \frac{\bar{w}_1^2}{2g} - y_c - h_{F1-2} - h_{F2-3})}$
tip 3	Mirni tok na celem odseku ($h_1 - z)/D < 1.5$ $h_w/h_c \leq 1.0$ $h_4/h_c > 1.0$	$Q = C_D A_c \sqrt{2g(h_1 - z + \alpha_1 \frac{\bar{w}_1^2}{2g} - h_3 - h_{F1-2} - h_{F2-3})}$
tip 4	Potopljeni iztok ($h_1 - z)/D > 1.0$ $h_w/D > 1.0$	$Q = C_D A_c \left[\frac{2g(h_1 - h_4)}{1 + (29 \cdot C_D^2 \cdot n^2 \cdot L / R_0^3)} \right]^{\frac{1}{2}}$
tip 5	Prehod v deroči tok v vtočnem prerezu ($h_1 - z)/D \geq 1.5$ $h_w/D \leq 1.0$	$Q = C_D A_0 \sqrt{2g(h_1 - z)}$
tip 6	poln prepust-nepotopljen —prosti iztok ($h_1 - z)/D \geq 1.5$ $h_w/D \leq 1.0$	$Q = C_D A_0 \sqrt{2g(h_1 - h_3 - h_{F2-3})}$

Enačba (2) za izračun pretoka skozi prepust tipa 4 je:

$$Q = C_D A_0 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1 + 29 \cdot C_D^2 \cdot n^2 \cdot L / R_0^3}} \quad (2)$$

kjer je:

Q pretok skozi prepust

C_D koeficient pretoka skozi prepust

A_0 ploščina prečnega prereza prepusta

h_1 višina gladine vode na vtoku v primerjavi z primerjalno gladino na koncu prepusta

h_4 višina gladine v primerjavi s primerjalno gladino na koncu prepust

n Manningov koeficient hrapavosti

R_0 hidravlični radij

Vrednost koeficienta C_D za tipa toka 4 in 6, ki se bočno odcepita je: $C_D = 0,74$

$$A_0 = 0,63m \cdot 1,47m = 0,926m^2 \quad (3)$$

$$R_0 = \frac{1,47m \cdot 0,63m}{2 \cdot 1,47m + 2 \cdot 0,63m} = 0,22m^2 \quad (4)$$

$$Q_{prepust} = C_D A_0 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1 + 29 \cdot C_D^2 \cdot n^2 \cdot \frac{L}{R_0^3}}} = \quad (2)$$

$$= 0,74 \cdot 0,926m^2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{9,81m}{s^2} \cdot (0,38m)}{1 + 29 \cdot 0,74^2 \cdot 0,017^2 \cdot \frac{11,17m}{(0,22m)^3}}} = 1,59 m^3/s$$

Skozi prepust pod cesto gre lahko pretok $1,59 m^3/s$. Sedaj lahko izračunam po enačbi (5), koliko vode lahko spustim skozi zapornico pred »mostom 2« in koliko se je mora preliti po poplavnem območju. Izračunal bom količino vode, ki se mora preliti po poplavnem območju pri 5-letni, 10-letni in 50-letni količini padavin:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_{prepust} = Q_{prelit} \quad (5)$$

- 5-letne padavine:

$$Q_{prelit,5} = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_{prepust} = 1,248 + 1,635 + 0,534 - 1,59 = 1,827 m^3/s$$

- 10-letne padavine:

$$Q_{prelit,10} = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_{prepust} = 1,578 + 2,068 + 0,672 - 1,59 = 2,728 m^3/s$$

- 50-letne padavine:

$$Q_{prelit,50} = Q_1 + Q_2 + Q_3 - Q_{prepust} = 2,517 + 3,298 + 1,032 - 1,59 = 5,257 m^3/s$$

6.3 Hidrogrami, izračun volumna zadržane vode in časa za odtok

Na podlagi poteka padavin na dan poplave 15.6.2016 (glej Slike 6, 8, 15, 16, 18, 19) smo izdelali oceno hidrograma pretoka za Pritoka 1 in 2 za 5- in 10-letne površinske odtoke. Dež je začel močneje padati 14.6.2016 okoli 22:30, 15.6.2016 ob 3:00 je potok poplaval, do 11:00 pa se je pretok zmanjšal. Predpostavili smo, da konica hidrograma nastopi 4,5 ure po začetku naliva, kar je skladno z časom poplavljanja potoka 15.6.2016. Površinski odtok pa se je iztekel po približno 12 urah od začetka naliva, ko se je pretok občutno zmanjšal. Na hidrogrameh površinskega odtoka je označen tudi del pretoka, ki se ne prelije v zadrževalnik. Z integracijo hidrograma od prvega do drugega presečišča z neprelitim pretokom dobimo volumen vode, ki ga moramo zadržati.

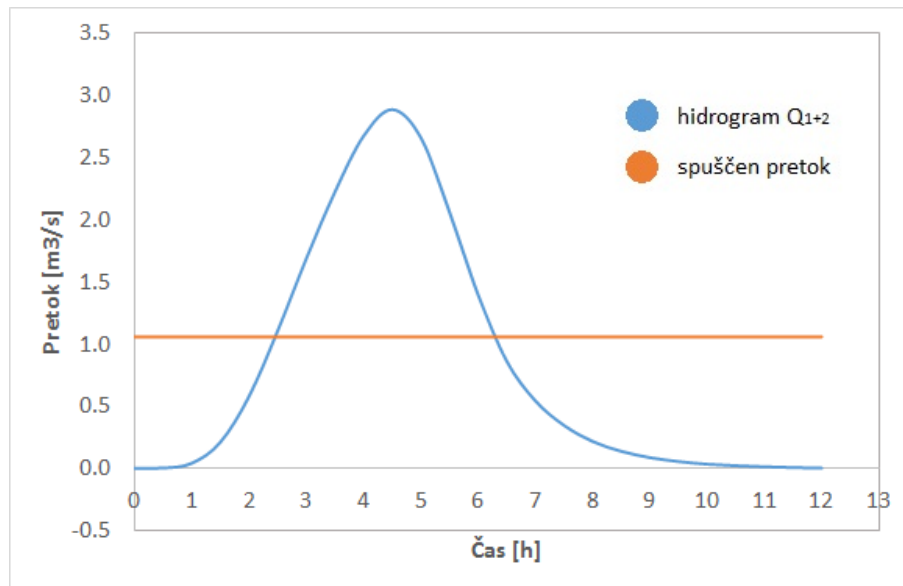
6.3.1 5-letni površinski odtok

Pritoka 1 in 2 imata pri 5-letnih padavinah površinski odtok $Q_{1+2;5let}$.

$$Q_{1+2;5let} = Q_{1,5let} + Q_{2,5let} = 1,248 m^3/s + 1,635 m^3/s = 2,883 m^3/s \quad (6)$$

Višek pretoka 5-letnih padavin je $Q_{prelit,5} = 1,827 m^3/s$, torej je spuščeni pretok skozi zapornico ob 5-letnih padavinah:

$$Q_{spuščen,5} = 2,883 \frac{m^3}{s} - 1,827 \frac{m^3}{s} = 1,056 \frac{m^3}{s} \quad (7)$$



Slika 21: Hidrogram Q_{1+2} za 5-letne padavine

Za določitev volumna vode, ki se prelije čez travnik do konca naliva, moram izračunati ploščino med modrim in oranžnim grafom in jo pomnožiti s 3600, da ure pretvorim v sekunde:

$$V_{prelit,1,5} = 4,05 \frac{m^3}{s} \cdot 3600s = 14580m^3 \quad (8)$$

Ob predpostavki, da se voda izteče v 12. urah, se pojavi višek vode med 2:30 in 6:20 ure od začetka naliva. V tem času mora zadrževalnik zadržati $14580 m^3$ vode iz Pritoka 1 in Pritoka 2.

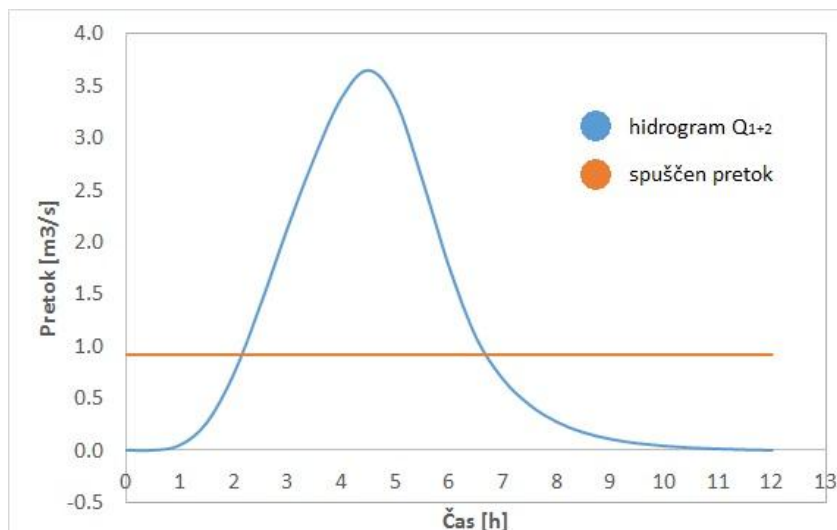
6.3.2 10-letni površinski odtok

Pritoka 1 in 2 imata ob 10-letnih padavinah površinski odtok $Q_{1+2; 10let}$:

$$Q_{1+2; 10let} = Q_{1,10let} + Q_{2,10let} = 1,578 \frac{m^3}{s} + 2,068 \frac{m^3}{s} = 3,646 \frac{m^3}{s} \quad (9)$$

Višek pretoka pri 10-letnih padavinah je $Q_{prelit,10} = 2,728 \frac{m^3}{s}$. Dovoljena količina vode, ki teče skozi zapornico pri 10-letnih padavinah je:

$$Q_{spuščen,10} = 3,646 \frac{m^3}{s} - 2,728 \frac{m^3}{s} = 0,918 \frac{m^3}{s} \quad (10)$$

Slika 22: Hidrogram Q_1 za 10-letne padavine

Za določitev volumna vode, ki se prelije čez travnik do konca naliva, moram izračunati ploščino med modrim in oranžnim grafom in jo pomnožiti s 3600, da ure pretvorim v sekunde:

$$V_{prelit,1,10} = 6,8 \frac{m^3}{s} \cdot 3600s = 24480m^3 \quad (11)$$

Ob predpostavki, da se voda izteče v 12ih urah, se pojavi višek vode od 2:10 do 6:45 ure od začetka naliva. V tem času mora zadrževalnik zadržati $24480 m^3$ vode iz Pritoka 1 in Pritoka 2.

6.3.3 Poplavno območje

Primarna ideja je bila poglobitev območja med Pritokoma 1 in 2 na višinsko koto 73,1 m, kar bi omogočalo globino zadrževalnega območja 0,7 m, ne da bi bila sosedova parcela poplavno ogrožena.

Da bi zadržali celoten naliv pri 5-letnih vodah, bi potrebovali zadrževalnik zmogljivosti $14580 m^3$. Predvideno območje za prelitje meri približno $2886 m^2$. Iz hitrega računa lahko preverimo potrebno globino zadrževalnika na predpostavljenem območju.

$$h_{potrebni,5let} = \frac{14580m^3}{2886m^2} = 5m \quad (12)$$

Za zadrževanje celotnega naliva pri 10-letnih poplavah, bi potrebovali zadrževalnik zmogljivosti $24480 m^3$. Potrebna globina zadrževalnika bi za predpostavljeno poplavno območje morala znašati:

$$h_{potrebni,10let} = \frac{24480m^3}{2886m^2} = 8,5m \quad (13)$$

Dobljeni rezultati so po moji oceni previsoki. Menim, da bi bilo potrebno izdelati podrobnejšo hidrološko študijo za prispevno območje obeh pritokov, ki bi verjetno pokazala nižje rezultate površinskih odtokov posameznih območij v primerjavi z našo osnovno hidrološko analizo, ki je bila izdelana z racionalno metodo.

6.4 Dopolnitev ukrepov glede na dobljene rezultate

Glede na dobljene rezultate, ki kažejo, da je predvideno zadrževalno območje občutno premajhno za zadrževanje take količine vode in izvedba z nižanjem nadmorske višine travnika med Pritokoma 1 in 2 obsega veliko zemeljskih del, je bolj smiselna varianta, da se le del odvečne vode prelije po celotnem območju med železniškima nasipoma. Tloris območja med železniškima nasipoma je prikazan na Sliki 23. Za zagotovitev večjega volumna zadrževalnega območja bi bilo treba na območju nekoliko znižati nivo terena. Ta ukrep pogojuje izgradnja protipoplavnega nasipa pred sosedovo parcelo ali kakšen drug protipoplavni ukrep (npr. umestitev protipoplavnih zidov), ki bi preprečevala poplavljanje dvorišča, ki leži na koti 73,9 m nadmorske višine. Voda je 11.6.2016, ko je bil prepust pod cesto polno izkoriščen (Slika 19), segala do približno pol višine prepusta skozi nasip opuščene železniške proge »most 2«, t.j. do 74,1 m nadmorske višine. Pred sosedovo parcelo bi postavil protipoplavni nasip z zgornjo koto 74,5 m nadmorske višine. To bi ob predpostavljeni povprečni globini poplavnega območja 1,5 m in ploščini poplavnega območja med železniškima nasipoma 2886 m² povečalo kapaciteto zadrževalnega območja na 4329 m³. Povečano zadrževalno območje pa še vedno ne zadosti 5-letnim padavinam.



Slika 23: Poplavno območje med železniškima nasipoma z označenim protipoplavnim nasipom

Kot dodatni ukrep bi lahko povečal odprtino prepusta pod cesto (Slika 5).

V primeru, da prepust poglobimo za 20 cm, znaša novo izračunan pretok skozenj 2,16 m³/s:

$$Q_{prepust} = C_D A_0 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1 + 29 \cdot C_D^2 \cdot n^2 \cdot \frac{L}{R_0^{\frac{4}{3}}}}} = \quad (2)$$

$$= 0,74 \cdot 1,47m \cdot 0,83m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{9,81m}{s^2} \cdot (0,38m)}{1 + 29 \cdot 0,74^2 \cdot 0,017^2 \cdot \frac{11,17m}{(0,26m)^{\frac{4}{3}}}}} = 2,16 m^3/s$$

Lahko bi dodatno poglobil strugo kanala ob desnem robu cestišča (Slika 22) in po Manningovi enačbi izračunal, koliko moram poglobiti kanal, da bi bil pretočen za 5-letni površinski odtok:

$$\bar{v} = \frac{1}{n_G} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{I_0} = \frac{1}{0,017} \cdot (0,2)^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{0,048} = 4,4m/s \quad (14)$$

$$R = \frac{S}{O} = \frac{0,6m \cdot 0,6m}{2 \cdot 0,6m + 0,6m} = 0,2m \quad (15)$$

$$I_0 = \frac{71,74m - 69,6m}{45m} = 0,048 = 4,8\% \quad (16)$$

Kjer je:

\bar{v} ... povprečna hitrost toka

R ... hidravlični radij

O ... omočeni obod kanala

S ... ploščina prečnega prereza kanala

I_0 ... naklon kanala

Pretok kanala dobim ob upoštevanju enačbe (17):

$$Q_{kanala} = \bar{v} \cdot S = \frac{4,4m}{s} \cdot 0,36m^2 = 1,64m^3/s \quad (17)$$

V primeru, da bi višino prepusta povečali za 7cm, bi celotna višina prepusta znašala 70 cm, bi bil pretok skozi prepust:

$$Q_{prepust} = C_D A_0 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_4)}{1 + 29 \cdot C_D^2 \cdot n^2 \cdot \frac{L}{R_0^{\frac{4}{3}}}}} = \quad (2)$$

$$= 0,74 \cdot 1,47m \cdot 0,7m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{9,81m}{s^2} \cdot (0,38m)}{1 + 29 \cdot 0,74^2 \cdot 0,017^2 \cdot \frac{11,17m}{(0,24m)^{\frac{4}{3}}}}} = 1,79 m^3/s$$

Kar je več, kot je z Manningovo enačbo izračunan pretok obcestnega kanala.

Z uporabo enačbe (17) o pretočnosti kanala, lahko določim potrebne dimenzije kanala ob cesti za predpostavljen 5-letni površinski odtok $Q_{5\text{ let}} = 3,417m^3/s$:

$$S_{novi} = \frac{Q_{5let}}{\bar{v}} = \frac{3,417m^3/s}{4,55m/s} = 0,75m^2 \quad (17)$$

Najbolj smiselna rešitev povečanja dimenzij kanala, bi bila povečanje širine kanala za približno $\Delta b=15$ cm, kolikor dovoljuje razdalja med cesto in brežino (Slika 19), kanal pa poglobiti do potrebne globine:

$$h_{novi} = \frac{S_{novi}}{b_{kanal} + \Delta b} = \frac{0,75m^2}{0,6m + 0,15m} = 1m \quad (18)$$

$$\Delta h_2 = h_{novi} - h = 1,0 - 0,6 = 0,4m \quad (19)$$

Za pretok 5-letnega površinskega odtoka, bi moral imeti kanal ob cesti ploščino prečnega prereza $0,75 m^2$. Kanal ob cesti bi morali razširiti za 15 cm in poglobiti za 40 cm, če bi želel zagotoviti pretok izračunanega 5-letnega površinskega odtoka.

Prepust, ki bi omogočal vtok izračunanemu 5-letnemu površinskemu odtoku ima dimenzije

1,7m×1,1m:

$$Q_{prepust} = C_D A_0 \sqrt{\frac{2g(h_1 - h_2)}{1 + 29 \cdot C_D^2 \cdot n^2 \cdot \frac{L}{R_0^3}}} = \quad (20)$$

$$= 0,74 \cdot 1,7m \cdot 1,1m \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{9,81m}{s^2} \cdot (0,38m)}{1 + 29 \cdot 0,74^2 \cdot 0,017^2 \cdot \frac{11,17m}{(0,33m)^3}}} = 3,42 m^3/s \sim Q_{5let} = 3,418 m^3/s$$

Z upoštevanjem povprečne hitrosti po Manningovi enačbi (14) lahko določim višino vode na koncu kanala pred vtokom v prepust pod cesto (Slika 5) po poenostavljeni energijski enačbi (20):

$$(z_1 + h_1) = (z_2 + h_2) + \frac{v^2}{2g} \quad (20)$$

Kjer je:

z_1 nadmorska višina dna kanala na začetku kanala ob cesti

z_2 nadmorska višina dna kanala na koncu, pred vtokom v prepust pod cesto

v hitrost toka v kanalu

h_1 višina vode v kanalu na začetku

h_2 višina vode na koncu kanala, pred prepustom

Iz enačbe (20) izpostavim višino vode h_2 na koncu kanala, t.j. pred prepustom pod cesto (Slika 5), ki znaša:

$$h_2 = (z_1 + h_1) - z_2 - \frac{v^2}{2g} = (71,74m + 0,6m) - 69,6m - \frac{(4,55m/s)^2}{2 \cdot \frac{9,81m}{s^2}} = 1,68m$$

Potrebna višina struge, da pri polnem kanalu pred prepustom ne bi prišlo do preliivanja, je 1,68 m. Ob upoštevanju sedanje globine kanala pred vtokom v prepust pod cesto 1,25 m, bi morali bregove kanala povišati za 43cm. Pravokotni vtok v prepust pod cesto bi uredili kot jaškats vtok.

$$1,68m - 1,25m = 0,43m$$

7 ZAKLJUČEK

Glede na rezultate izračuna dobljenih površinskih odtokov in velikih količin vode, ki bi jih morali kontrolirano odvesti z obravnavanega območja menimo, da bi morali za pridobitev verodostojnejših podatkov o odtokih izdelati podrobno hidrološko analizo. Ocenjeni pretoki so najverjetneje previsoki, saj je bilo ob poplavi, ki sem ji prisostvoval in na podlagi katere je bila ocenjena oblika hidrograma odtoka, veliko manj vode kot jo navajajo izračuni. Potrebna bi bila podrobnejša hidrološka študija prispevnih območij Pritokov 1, 2 in 3.

Kljub nezadostni velikosti prvotno določenega zadrževalnega območja za izračunane vrednosti površinskih odtokov menim, da je rešitev s kombinacijo zapornice pred »mostom 2« in povečanjem dimenzij kanala ter povečanjem hidravlične prevodnosti prepusta pod cesto smislen ukrep. Z omenjeno kombinacijo ukrepov bi znatno povečal poplavno varnost obravnavanega območja.

VIRI

Steinman, F. 1999. Hidravlika, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Hidrotehnična smer Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: p. 5.8, 6.10.2.

Brilly, M., Šraj M. 2005. Osnove hidrologije, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: p. 10.

Šraj, M., 2010. Odtok površinskih voda, Dodatek k učbeniku, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 1-6

Kompare, B. 1991. Modeliranje deževnega odtoka iz urbanih povodij, Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: loč. pag.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno: 18.4.2016)

Sustainable drainage systems – A guide for developers:

http://www.rtpi.org.uk/media/12399/suds_a5_booklet_final_080408.pdf (Pridobljeno 20.6.2016)

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: TLORIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

Priloga A1: Tloris obravnavanega območja z označenimi pozicijami posnetih fotografij

PRILOGA A1: Tloris obravnavanega območja z označenimi pozicijami posnetih fotografij