

PROJEKT FRISCO1

SLO / HR

**CELOVITA ŠTUDIJA ZMANJŠEVANJA POPLAVNE
OGROŽENOSTI ZA ČEZMEJNO POREČJE REKE MURE**
povzetek

**CJELOVITA STUDIJA SMANJENJA RIZIKA OD
POPLAVA ZA PREKOGRANIČNI SLIV RIJEKE MURE**
sažetak



Program sodelovanja INTERREG V-A Slovenija – Hrvaška 2014 -2020

Projekt:

**FRISCO 1 – Čezmejno usklajeno slovensko – hrvaško
zmanjševanje poplavne ogroženosti – negradbeni ukrepi**

Predmet naloge:

Projekt FRISCO1 – Tehnična pomoč v izdelavi celovite študije
zmanjševanja poplavne ogroženosti za čezmejno porečje Mure

Vrsta dokumentacije:

**CELOVITA ŠTUDIJA ZMANJŠEVANJA POPLAVNE
OGROŽENOSTI ZA ČEZMEJNO POREČJE REKE MURE**

POVZETEK

Junij 2019

KAZALO

1	UVODNA PREDSTAVITEV PROJEKTA FRISCO 1	4
2	ČEZMEJNO USKLAJENA ŠTUDIJA CELOVITEGA OBVLADOVANJA POPLAVNE OGROŽENOSTI MURE.....	5
2.1	PROGRAM.....	5
2.2	PROJEKT.....	5
2.3	PREDMET NALOGE.....	6
2.4	NAROČNIK	6
2.5	ZUNANJI IZVAJALEC.....	6
2.6	SPREMLJAVA IN VODENJE NALOGE	6
2.7	NAMEN IN CILJI ŠTUDIJE.....	7
2.8	NAMEN IN CILJ POVZETKA ČEZMEJNO USKLAJENE ŠTUDIJE ZMANJŠEVANJA POPLAVNE OGROŽENOSTI Mure	7
3	POVZETEK ČEZMEJNO USKLAJENE ŠTUDIJE ZMANJŠEVANJA POPLAVNE OGROŽENOSTI MURE.....	7
3.1	ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA.....	7
3.1.1	ZBIRANJE IN ANALIZA OBSTOJEČIH PODATKOV.....	7
3.1.2	OPIS OBSTOJEČEGA STANJA	8
3.1.2.1	Splošni opis porečja Mure	8
3.1.2.2	Območje obravnave porečja Sotle v okviru projekta FRISCO 1.....	8
3.1.2.3	Geografski opis obravnavanega območja	9
3.1.2.4	Klimatske značilnosti	10
3.1.2.5	Tla.....	10
3.1.2.6	Vodno okolje.....	11
3.1.2.7	Narava	12
3.1.2.8	Kulturna dediščina.....	12
3.1.2.9	Prebivalstvo	12
3.1.2.10	Gospodarstvo.....	12
3.1.2.11	Raba prostora.....	13
3.1.2.12	Stanje okolja.....	13
3.1.3	HIDROLOŠKA ANALIZA.....	14
3.1.3.1	Opis izhodišč in uporabljenih podatkov.....	14

3.1.3.2	Analiza kakovosti pridobljenih podatkov	15
3.1.3.3	Poplavni valovi reke Mure	16
3.1.3.4	Vodne količine ostalih vodotokov	18
3.1.4	HIDRAVLIČNA ANALIZA.....	19
3.1.4.1	Območje obravnave	19
3.1.4.2	Osnovne značilnosti modela	19
3.1.5	Hidravlična analiza obstoječih razmer.....	20
3.1.5.1.1	Odsek Veržej - Gibina.....	20
3.1.5.1.2	Odsek od Gibine do Murskega Središča	21
3.1.5.1.3	Odsek od Murskega Središča do konca modela	23
3.1.6	ANALIZA POPLAVNE OGROŽENOSTI.....	24
3.1.6.1	Uvod	24
3.1.6.2	Opredelitev parametrov za obravnavano poplavno območje	24
3.2	OBLIKOVANJE IN ANALIZA ALTERNATIVNIH REŠITEV.....	25
3.2.1	OBLIKOVANJE ALTERNATIVNIH REŠITEV	25
3.2.1.1	Scenarij »brez ukrepov«	26
3.2.1.2	Že v preteklosti obravnavani ukrepi	26
3.2.1.2.1	Rekonstrukcija nasipa na odseku Gaberje - cesta Mursko Središče – Lendava	26
3.2.1.2.2	Rekonstrukcija nasipa Benica	27
3.2.1.2.3	Izvedba nasipa med Ledavo in visokovodnim nasipom Mure pri Benici	27
3.2.1.2.4	Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri	29
3.2.1.2.5	Nasip Hlapičina.....	29
3.2.1.2.6	Ureditev prepusta pod nasipom Križovec.....	29
3.2.1.3	Dodatne alternativne rešitve	30
3.2.1.4	Izbrane rešitve.....	30
3.2.2	ANALIZA ALTERNATIVNIH REŠITEV.....	31
3.2.2.1	Hidravlična analiza načrtovanih ukrepov.....	32
3.2.2.1.1	A - že v preteklosti predlagani ukrepi	32
3.2.2.1.2	B – Alternativni ukrepi	34
3.2.2.1.3	C – Analiza izbranih ukrepov	37
3.2.2.2	Analiza čezmejnega vpliva	40
3.3	IZBIRA NAJUSTREZNEJŠE REŠITVE	41
3.3.1	OPREDELITEV NABORA UKREPOV	41
3.3.2	NOVE UGOTOVITVE/SPOZNANJA – SPREMEMBE PREDLAGANIH REŠITEV	42
3.3.3	Investicijski stroški ureditev ter finančna in ekonomska upravičenost.....	44
3.3.4	Multikriterijska analiza	44
3.4	ZAKLJUČEK.....	45

1 UVODNA PREDSTAVITEV PROJEKTA FRISCO 1

Projekt FRISCO1 je strateški projekt, katerega cilj je zmanjšati poplavno ogroženost na porečjih Dragonje, Kolpe, Sotle, Bregane in na delih porečij Drave in Mure ter se izvaja v okviru Programa sodelovanja INTERREG V-A Slovenija – Hrvaška. Program sodelovanja INTERREG V-A Slovenija – Hrvaška je glavni dokument, ki predstavlja okvir za čezmejno sodelovanje Slovenije in Hrvaške v finančni perspektivi 2014–2020. Namen čezmejnega sodelovanja je reševanje skupnih izzivov, ki sta jih obe državi skupaj prepoznali v obmejnem območju, obenem pa izkoristiti neizkoriščene potencialne rasti in krepiti proces sodelovanja za splošni skladni razvoj Evropske unije.

FRISCO1 vsebinsko obravnava ne-gradbene ukrepe za zmanjšanje poplavne ogroženosti in izboljšanje sistema obvladovanja poplavne ogroženosti. Izboljšano in čezmejno usklajeno kartiranje poplavne ogroženosti in izdelava/izboljšava čezmejno usklajenih modelov za napovedovanje poplav bosta zagotovila potrebne strokovne podlage in dokumentacijo za predlog in izbor čezmejno usklajenih gradbenih ukrepov za zmanjšanje poplavne ogroženosti, ki bi se izvedli v drugem koraku projekta FRISCO, to je skozi FRISCO2 na porečjih Kolpe, Sotle, Drave in Mure.

Projektni partnerji projekta FRISCO1 so:

- Hrvatske vode (HV) kot vodilni partner;
- Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije (MOP);
- Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO);
- Direkcija Republike Slovenije za vode (DRSV);
- Državna uprava za zaščito i spašavanje (DUZS);
- Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ);
- Inštitut za hidravlične raziskave (IHR);
- Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR).

Projekt FRISCO1 ima naslednjih deset delovnih paketov:

M Vodenje projekta,

C Posredovanje informacij,

T1 Kolpa skupna delovna orodja, modeli, zemljevidi in projekti,

T2 Sotla skupna delovna orodja, modeli, zemljevidi in projekti,

T3 Drava skupna delovna orodja, modeli, zemljevidi in projekti,

T4 Mura skupna delovna orodja, modeli, zemljevidi in projekti,

T5 Dragonja skupna delovna orodja, modeli, zemljevidi in projekti,

T6 Bregana skupna delovna orodja, modeli, zemljevidi in projekti,

T7 Sistemi za fizično opozarjanje pred poplavami in

T8 Dejavnosti večanja ozaveščenosti in celovita zasnova in vodenje programa – projekta zmanjševanja poplavne ogroženosti / povečanja poplavne varnosti.

V delovni paket T4 Mura skupna delovna orodja, modeli, zemljevidi in projekti so vključene naslednje aktivnosti:

- T4.1 Razvoj skupnega orodja 1 (Baza podatkov poplavne ogroženosti);
- T4.2 Razvoj skupnega orodja 2 (Študija ciljnega območja);
- T4.3 Razvoj skupnega modela 1 (Izboljšan hidravlični model);
- T4.4 Razvoj skupnega modela 2 (Izboljšan model napovedovanja);
- T4.5 Razvoj skupne karte 1 (Izboljšana karta poplavne nevarnosti);
- T4.6 Razvoj skupne karte 2 (Izboljšana karta poplavne ogroženosti);
- T4.7 Priprava gradbenih projektov.

Predvidene aktivnosti in rezultati so medsebojno povezani.

Skladno s prijavnico projekta so rezultati projekta FRISCO1 naslednji:

- Izboljšane baze podatkov za obvladovanje poplavne ogroženosti,
- Čezmejno usklajene študije celovitega obvladovanja poplavne ogroženosti,
- Izboljšani hidrološko hidravlični modeli,
- Izboljšan model napovedovanja poplav,
- Izboljšane in čezmejno usklajene karte poplavne nevarnosti in ogroženosti,
- Skupni projekti (priprava projektne in ostale dokumentacije),
- Sistem zgodnjega opozarjanja (nadgradnja prognostičnega in opozorilnega alarmnega sistema),
- Ozaveščanje javnosti pred poplavno ogroženostjo in institucionalna krepitev sistema obvladovanja poplavne ogroženosti.

Glavni cilj aktivnosti T4.2 skupno orodje 2 je »Študija čezmejno usklajenega zmanjševanja poplavne ogroženosti na porečju Mure«.

2 ČEZMEJNO USKLAJENA ŠTUDIJA CELOVITEGA OBVLADOVANJA POPLAVNE OGROŽENOSTI MURE

2.1 PROGRAM

Program sodelovanja INTERREG V-A Slovenija – Hrvaška 2014 -2020.

2.2 PROJEKT

FRISCO 1 – Čezmejno usklajeno slovensko – hrvaško zmanjševanje poplavne ogroženosti – negradbeni ukrepi.

2.3 PREDMET NALOGE

Projekt FRISCO1 – Tehnična pomoč v izdelavi celovite študije zmanjševanja poplavne ogroženosti za čezmejno porečje Mure.

2.4 NAROČNIK

REPUBLIKA SLOVENIJA,
Direkcija Republike Slovenije za vode
Hajdrihova ulica 28c, 1000 Ljubljana.

2.5 ZUNANJI IZVAJALEC

Vodilni partner:

Vodnogospodarski biro Maribor, d.o.o.
Glavni trg 19/c, 2000 Maribor

Odgovorni nosilec naloge:
mag. Smiljan JUVAN, univ. dipl. inž. gradb.

Partnerji:

Inštitut za vodarstvo, d.o.o.,
Hajdrihova ulica 28a, 1000 Ljubljana

IZVO-R, projektiranje in inženiring d.o.o.
Pot za Brdom 102, 1000 Ljubljana

HIDROSVET d.o.o.
Kidričeva ulica 25, 3000 Celje

DHD, d.o.o.,
Praprotnikova ulica 37, 2000 Maribor

SL-Consult, d.o.o.
Dunajska cesta 122, 1000 Ljubljana

2.6 SPREMLJAVA IN VODENJE NALOGE

Eden izmed ciljev projekta FRISCO1 je tudi izdelava Čezmejno usklajene študije zmanjševanja poplavne ogroženosti za območje Mure, ki jo je izdelal strokovno usposobljen izvajalec, ki je bil izbran s postopkom oddaje javnega naročila. Pogodbo je uradno vodila Direkcija RS za vode, vendar je skladno s projektno nalogo izdelavo študije spremljala vodilna struktura projekta FRISCO1, ki je sestavljena iz več skupin za vodenje projekta ter delovnih skupin in sicer:

- Delovna skupina za Sotlo (WG),
- Skupina za vodenje projekta (Project Management Team (PMT)),

- Skupina za strateško vodenje projekta (Strategic Management Team (SMT)),
- Skupina za kakovost (Quality Management Team (QMT)),
- Skupino za stike z javnostjo (Project Communication Team (PCT))
- Strokovni svet (Expert Panel (EXP)).

Izdelavo študije je usmerjala delovna skupina (WG) za Muro, ki so jo sestavljali predstavniki projektnih partnerjev. Vodja delovne skupine je bil g. Anton Kustec (DRSV), sovodja pa g. Leonard Sekovanić (HV).

2.7 NAMEN IN CILJI ŠTUDIJE

Čezmejno usklajena študija za zmanjšanje poplavne ogroženosti na porečju reke Mure vsebuje analizo obstoječega stanja, alternativnih rešitev ter opredelitev in utemeljitev ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti na obravnavanem območju, vključno z opredelitvijo ključnih naravnih območij za zadrževanje vode in analizo morebitnih možnih ukrepov zelene infrastrukture, ki temelji na hidroloških, hidravličnih in tehnično ekonomskih analizah. Izdelana študija je pripravljena kot podporno orodje za nosilce odločanja, kot tudi informativno orodje za zainteresirane strani. Predlagani optimalni program obvladovanja poplavne ogroženosti je v študij razdeljen na kratkoročno izvedljive ukrepe, ki jih bi bilo mogoče izvesti med sedanjim obdobjem izvajanja evropske poplavne direktive (2016-2021) in tistimi, ki bi jih bilo mogoče izvesti v kasneje.

2.8 NAMEN IN CILJ POVZETKA ČEZMEJNO USKLAJENE ŠTUDIJE ZMANJŠEVANJA POPLAVNE OGROŽENOSTI Mure

V nadaljevanju je izdelan povzetek Čezmejno usklajene študije celovitega obvladovanja poplavne ogroženosti Mure in vsebuje povzetke ključnih vsebin in rezultate študije.

Predmetni povzetek je sestavni del aktivnosti T4.2 Razvoj skupnega orodja 2 (Študija ciljnega območja).

3 POVZETEK ČEZMEJNO USKLAJENE ŠTUDIJE ZMANJŠEVANJA POPLAVNE OGROŽENOSTI MURE

3.1 ANALIZA OBSTOJEČEGA STANJA

3.1.1 ZBIRANJE IN ANALIZA OBSTOJEČIH PODATKOV

Za potrebe izdelave študije so se zbirali, pregledovali in analizirali obstoječi razpoložljivi podatki, sočasno pa se je izvajala tudi kontrola kakovosti relevantnih podatkov. Pridobljeni podatki s strani Slovenije in Hrvaške so bili nato analizirani po posameznih sklopih. Analizirana in pregledana je bila tudi razpoložljiva projektna dokumentacija, ki je bila do takrat izdelana za obravnano območje Mure.

3.1.2 OPIS OBSTOJEČEGA STANJA

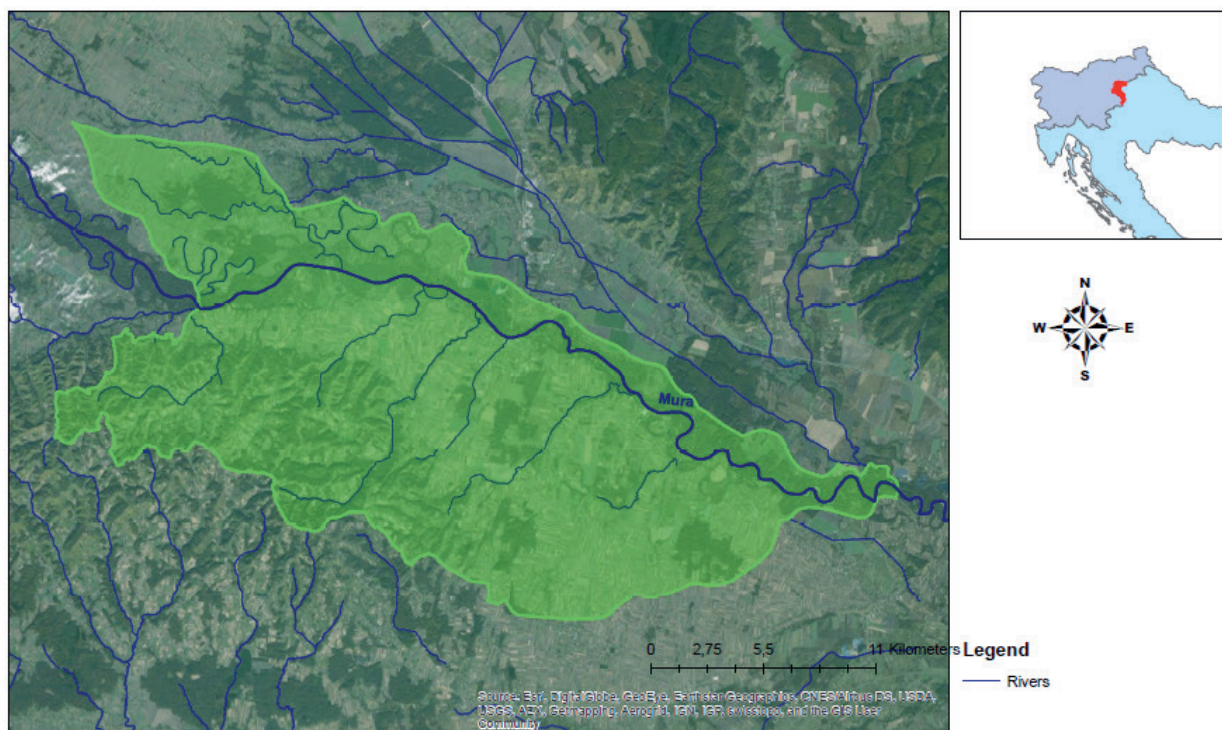
3.1.2.1 *Splošni opis porečja Mure*

Reka Mura izvira v Avstriji in na svojih približno 500 km teče skozi Avstrijo, Slovenijo, Madžarsko in Hrvaško ter se na Hrvaškem izliva v reko Dravo. Mura izvira v Avstriji v Visokih Turah na nadmorski višini 1753 m, po 390 km pride do slovensko-avstrijske meje pri naselju Spielfeld, do Hrvaške meje pride pri naselju Gibina. Je obmejna reka med Slovenijo in Hrvaško, v nadaljevanju pa predstavlja obmejno reko med Hrvaško in Madžarsko. V svojem gornjem toku je Mura izrazita gorska reka, medtem ko je na obravnavanem območju tipična nižinska reka s številnimi meandri in mrtvimi rokavi. Ima izrazit snežno – dežni režim. Zaradi taljenja snega v visokogorju ima največ vode meseca maja, najmanj pa januarja, ko večina padavin pade v obliki snega. Na Avstrijskem delu Mure se vrstijo hidroelektrarne, zato je bila njena struga pogosto regulirana.

Letna višina padavin pada od izvira proti izlivu. Na izviru znaša 1250-1500mm, na izlivu pa 800mm. Najpogostejši visoki vodostaji se pojavljajo v maju, juniju in juliju kot posledica taljenja snega in ledu. Najnižji pretoki so decembra, januarja in februarja.

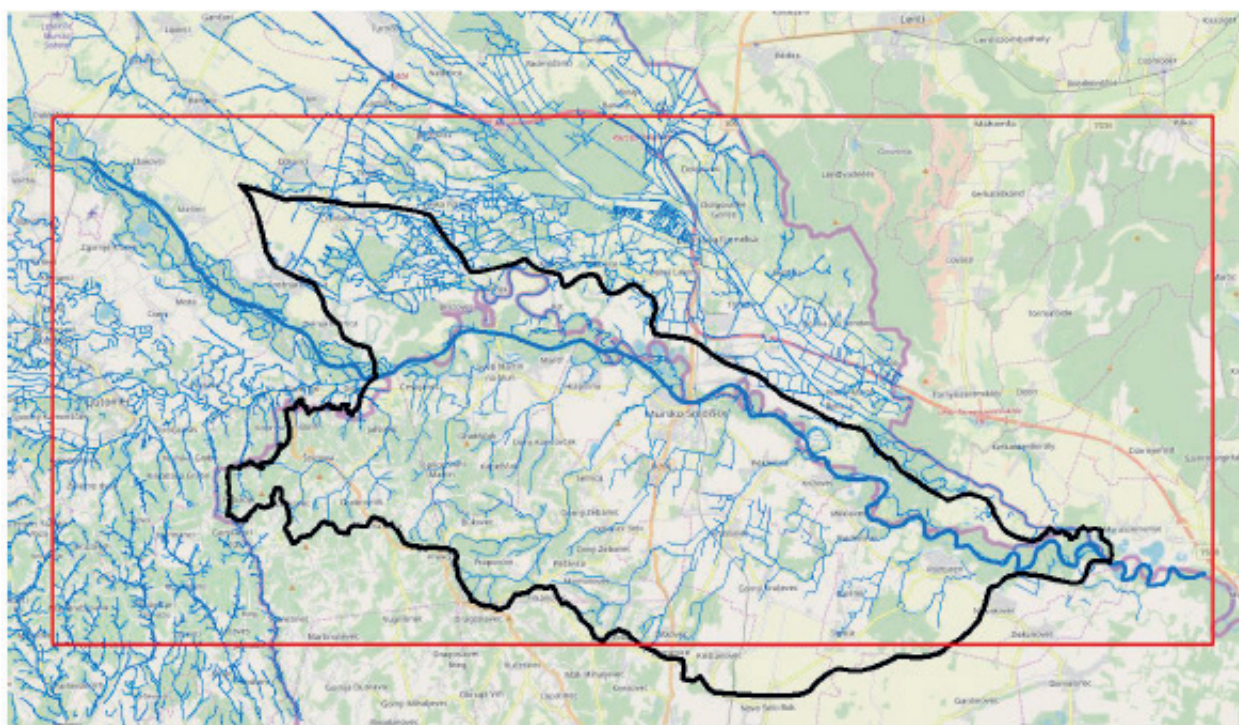
3.1.2.2 *Območje obravnave porečja Sotle v okviru projekta FRISCO 1*

V okviru projekta FRISCO1 je obravnavan le krajši odsek Mure. Sprva je bilo načrtovano, da bo v okviru projekta obravnavan odsek Mure med sotočjem Mure s Ščavnico in sotočjem Mure z Ledavo v dolžini približno 30 km, ki leži med sotočjem Mure s Ščavnico in sotočjem Mure z Ledavo. Območje obdelav predviden po projektni nalogi ne zajema območij Ščavnice, Ledave, Črnca, Kopice in Ajaša. Posledično za ta območja ni izvedena hidrološka analiza.



Pregledna karta obravnanega območja po projektni nalogi

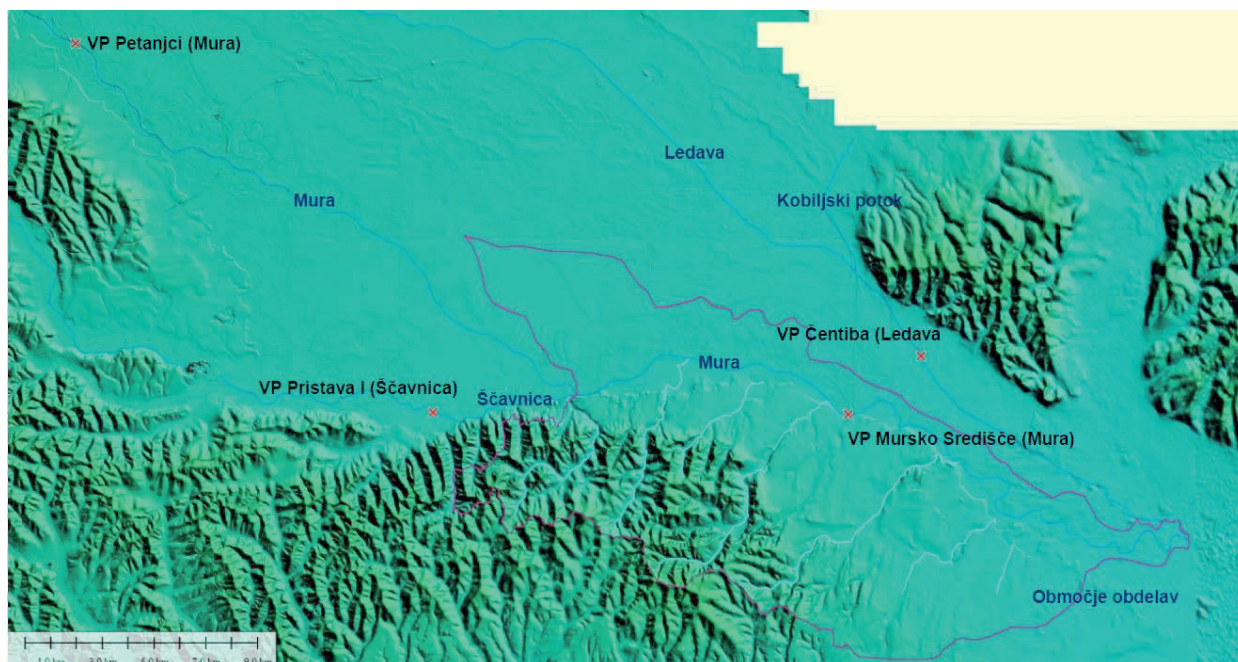
Med izdelavo prve faze študije je bilo ugotovljeno, da je zaradi kompleksnosti poplavnih tokov Mure zgolj z obravnavo tega dela odseka nemogoče ovrednotiti zatekajoče poplavne tokove, posledično pa bi hidravlični model lahko dal varljive rezultate poplavnega stanja. Zato se je podaljšal modelni odsek Mure gorvodno in se s tem podaljšal za 20 km, vse do železniškega mostu in tako skupna dolžina obravnavanega odseka znaša približno 50 km. Tako razširjeno območje obdelave zagotavlja opredelitev ustreznih dotočnih in iztočnih razmer, saj vključuje vse poplavne površine ciljnega območja in tako zagotavlja ustrezno podlago za potrebe vseh vsebinskih analiz v okviru izdelave celovite študije in doseganja njenih ciljev.



Prikaz območja obravnave. Črna črta prikazuje območje FRISCO 1, rdeča črta prikazuje območje matematičnega modela

3.1.2.3 Geografski opis obravnavanega območja

Obravnavano območje porečja reke Mure po geografski regionalizaciji Slovenije uvrščamo v Dolinsko in Ravensko pokrajino kot dela Murske ravnin, ki jo na vzhodu omejujejo Lendavske gorice, severu Goričko, na zahodu in jugu pa Slovenske gorice. Na ozemlju Republike Hrvaške obravnavano območje spada v pokrajino Međimurje, ki ga sestavljajo Donje in Gornje Međimurje ter Međimurske Gorice.



Pregledni prikaz obravnavanega območja.

Prevladujejo nadmorske višine med 100 in 200 m. Murska ravan je najbolj ravna pokrajina v Sloveniji, saj ima kar 95% površine naklon pod 2%. Gričevnat svet Međimurskih goric predstavlja nizko hribovito območje. Celotno obravnavano območje obsega 21447 ha. Večji del obravnavanega območja (približno 88%) leži na ozemlju Republike Hrvaške, ostalo pa na ozemlju Slovenije. Obravnavano območje na Hrvaškem ozemlju leži na območju naslednjih občin: Štrigova, Sv. Martin na Muri, Selnica, Gornji Mihaljevec, Sv Juraj na Bregu, Šenkovec, Vratišinec, Podturen in Belica, Murskega središča in Čakovca. Na slovenskem ozemlju se območje obravnave nahaja na območju občin Beltinci, Črenšovci, Odranci, Ormož, Ljutomer, Razkrižje, Velika Polana in Lendava.

3.1.2.4 Klimatske značilnosti

Obravnavano območje ima zmerno celinsko podnebje. S povprečno letno temperaturo okoli 9°C, povprečno januarsko okoli -2,5°C in povprečno julijsko 19°C. Obravnavano območje, spada med najbolj osončene pokrajine v Sloveniji. Spomladi se hitro ogreje in kar 6 mesecev ima povprečne temperature nad 15°C. Povprečno ima območje 950 mm padavin na leto. Najmanj padavin je pozimi, ko pade povprečno le četrtina letne vsote padavin. Najbolj namočena sta julij in avgust, vendar so zaradi močnega izhlapevanja takrat najpogostejše suše.

3.1.2.5 Tla

Mursko ravnino gradijo pleistocenski in holocenski nanosi Mure, Lendave, Ščavnice in njihovih pritokov. Ob Muri jo pretežno sestavljajo nekarbonatni prod in pesek. Taka matična osnova in reliefna izoblikovanost izrazito vplivata na vodne razmere Pomurske ravnine. Poplavna in talna voda sta bili odločilni za nastanek in razvoj hidromorfni prsti, ki prekrivajo obsežne dele ravnine. Manjše dele ravnine prekrivajo prsti na katere vpliva le padavinska voda, ki se neovirano pretaka skozi profil prsti v talno vodo.

3.1.2.6 Vodno okolje

Na obravnavanem odseku se v reko Muro steka več manjših desnih pritokov: Jalšovečki potok, Gradiščak, Koncovčak, Gornji potok, Brodec in Jalšovnica, vendar je bilo ocenjeno, da so njihovi pretoki zanemarljivi v primerjavi s pretokom reke Mure, zato je bil za potrebe predmetne študije upoštevan samo pretok reke Mure z različnimi povratnimi dobami.

Obravnavano območje je zelo bogato z vidika prisotnosti površinskih in podzemnih voda. Glede na opozorilne karte poplav, ki so dostopne preko spletnega portala Atlas okolja in s strani DHMZ Republike Hrvaške posredovanih podatkov je obravnavno območje precej poplavno ogroženo, kjer pride tudi do prelivanja nasipov na posameznih odsekih oziroma do prelivanja platojev, kjer nasipov ni. Karte izkazujejo, da prihaja do poplavljanja reke Mure že gorvodno od sotočja Ščavnice. Širše poplavno območje se izkazuje tudi na območju med visokovodnimi nasipi reke Mure in vodotokoma Črnc in Ledava. Poplavno območje presega območje definirano znotraj projekta FRISCO1.

Problematičnost analiziranega odseka oziroma poplavna izpostavljenost, ki jo nakazujejo že obstoječe poplavne karte se je v preteklosti že potrdila. Eden hujših poplavnih dogodkov se je zgodil avgusta leta 2005, ko je bil na postaji Mursko Središče ocenjen pretok 1196 m³/s. Tekom poplavnega dogodka so bile najbolj izpostavljene 4 lokacije in sicer:

- območje 1: gorvodno od Hotize (na območju platoja brez nasipov) Glede na pričevanje udeležencev v poplavah je leta 2005 je na območju med platojem in začetka nasipov pri Hotizi prišlo do blagega prelivanja platoja, kjer je voda poplavlila mrtve rokave. Cesta Hotiza - Kapca je bila prevozna, prav tako pa ni prihajajo do poplavljanja urbaniziranega območja Hotize.
- območje 2: nasipi med Kotom in Petišovci Drugo kritično območje se nahaja dolvodno od obnovljenega nasipa Hotiza – Kot, kjer je prav tako prišlo do prelivanja nasipov, kjer pa so le-to preprečili z vrečami in začasnim nadvišanjem.
- območje 3: dolvodno od mejnega prehoda Petišovci (Kolonija Petišovci) Tretje območje se nahaja dolvodno od mejnega prehoda Petišovci, kjer nasip ščiti naselje Kolonijo Petišovci. Ta nasip je bil v letu 2010 deležen sanacije in znatnega nadvišanja, v času poplav leta 2005 pa je bil precej znižan. V kolikor ne bi bili izvedeni začasni ukrepi umetnega nadvišanja nasipa z vrečami, bi bil znotraj poplavnega dogodka ta prelit.
- območje 4: območje na koncu nasipov – Benica Kritično območje je bilo tudi na spodnjem delu murskih nasipov, kjer pride do zatekanja vode na območje naselja Benica. Po besedah tamkajšnjih strokovnjakov (ARSO Murska Sobota) in prebivalcev, je voda iz Mure ob poplavnem dogodku leta 2005 prišla do naselja Benica na desnem bregu reke Ledave. V času poplav so tudi na tem mestu začasno umetno dvignili nasip in tako preprečili večje zatekanje vode proti naselju Benica.

Ob Muri se je izoblikoval obsežen vodonosnik. Gladina podtalnice na Prekmurskem polju je najnižja v Sloveniji, ponekod pa občasno sega tudi do površja. To prispeva k zamočvirjenosti zemljišč ter vpliva na veliko pokrajinsko občutljivost podtalnice. Dolgoletni podatki hidrološkega monitorniga kažejo, da je

podtalnica povprečno le okrog 1,7 m pod površjem. Gladina podtalnice se najbolj zniža v poznem poletju, ko je izhlapevanje največje, poveča pa se tudi poraba vode.

3.1.2.7 Narava

Za obravnavano območje so značilne številne struge, stranske struge, mrtvice in depresije, kjer izredno raznolike hidrološke razmere pogojujejo obstoj različnih vodnih, obvodnih in močvirskih habitatov. Poplavne gozdove tvori raznovrstna gozdna vegetacija od vrbovij do dobovo belogabrovih gozdov s številnimi vmesnimi združbami in redkimi in ogroženimi vrstami. Tukaj se pojavlja veliko število ogroženih rastlinskih vrst ter številne ogrožene in zavarovane živalske vrste. Na intenzivnih kmetijskih zemljiščih so z izsuševanjem, dognojevanjem in dosejevanjem skoraj popolnoma izginili elementi tradicionalne obrečne kulturne krajine. Posebno vrednost predstavljajo še ohranjena mokrišča.

3.1.2.8 Kulturna dediščina

Enote nepremične kulturne dediščine na slovenskem delu obravnavanega območja so vpisane v Register nepremične kulturne dediščine (RKD), ki ga vodi Ministrstvo za kulturo. Za območja nepremične kulturne dediščine veljajo glede na status (kulturni spomenik, registrirana kulturna dediščina) in zvrst (stavbna, naselbinska, vrtnoarhitekturna, memorialna dediščina, kulturna krajina) različni pravni režimi. Na slovenskem delu obravnavanega območja je registriranih 22 enot nepremične kulturne dediščine, poleg tega je eni enoti določeno vplivno območje. Kulturna dediščina na območju Hrvaške je opredeljena in varovana s prostorskim planom Međimurske županije (Prostorni plan Međimurske Županije, Zavod za prostorsko uređenje Međimurske županije, Čakovec, november 2001). Na obravnavanem območju se nahaja 24 registriranih enot kulturne dediščine, med katerimi predstavlja sedem enot premično kulturno dediščino. Na obravnavanem območju je prisotno arheološko območje Ternovčak.

3.1.2.9 Prebivalstvo

Međimurje je najgostejše naseljeno območje Hrvaške in enako velja za Mursko raven glede na povprečno gostoto prebivalstva v Sloveniji. Za obravnavano območje je značilno upadanje števila prebivalstva in neugodna starostna struktura, naravni prirastek je minimalen. Prebivalstvo iz Međimurja se postopoma seli v smeri Zagreba in Istre. Podobno kot za prebivalstvo na hrvaškem delu obravnavanega območja velja za slovenski del. Število prebivalcev (razen v romskih zaselkih) in gostota poselitve zaradi odseljevanja prebivalstva v zadnjih desetletjih upadata. Glavni razlog so predvsem slabe možnosti za zaposlitev in posledično nadpovprečna brezposelnost. Poselitev na obravnavanem območju je gručasta, naselja so nižinska obcestna. Večina objektov je zasnovanih tradicionalno kot domačija s povezanim stanovanjskim in gospodarskim delom. K tem objektom so določena tudi manjša funkcionalna zemljišča (dvorišča). Obravnavano območje ima zelo pestro narodnostno in versko strukturo. Gre za trojezično območje (Slovensko, Hrvaško, Madžarsko).

3.1.2.10 Gospodarstvo

Murska raven je tradicionalno kmetijska pokrajina, na podlagi katere se je razvila živilsko predelovalna industrija. Njive pokrivajo skoraj polovico celotnega ozemlja. Največji obrati se ukvarjajo s predelavo

mesnih izdelkov. Pred več desetletji je bilo na območju Međimurja kot pomembna gospodarska panoga tudi gozdarstvo. Prav tako je nekoč večina industrijskih obratov na območju Međimurja bazirala na tekstilu. Obravnavano območje je bogato z mineralnimi surovinami. Več 10 m debele plasti peska in proda, ki jo je nasula Mura, nudijo potencial za izkoriščanje mineralne surovine. Samo na področju Međimurske županije je danes aktivnih 12 eksploatacijskih polj gramoza in peska.

3.1.2.11 Raba prostora

Glede na naravne danosti in izvedene agrotehnične ukrepe med vsemi zemljišči močno prevladujejo kmetijska zemljišča. Kmetijski rabi je namenjenih več kot 60% območja (npr. 64 % na območju občine Črenšovci). Sledijo gozdna zemljišča z približno 21 %, ter zaradi goste poselitve stavbna zemljišča z okrog 10 %. Relativno velik je delež vodnih zemljišč, ki predstavljajo dobrih okrog 5 % površin in vključujejo predvsem zemljišča vodotokov, mrtvic in opuščenih gramoznic. S kategorijo druga zemljišča je opredeljenih manj kot 1 % zemljišč. Analiza pokrovnosti tal na celotnem obravnavanem območju je pokazala, da največji delež predstavljajo različne kategorije kmetijskih površin (63,5%), sledjo kategorije gozdnih površin (28,7%) in pozidana in podobna zemljišča (2,8%). Najmanjši delež pripada vodnim in zamočvirjenim površinam (2,8%)

3.1.2.12 Stanje okolja

Kvaliteta zraka

Na obravnavanem območju in v njegovi bližini ni postaj, kjer bi se izvajale tovrstne meritve. Uredba o določitvah območij in aglomeracij glede na raven onesnaženosti zraka na območju Republike Hrvaške (NN br. 1/14) uvršča Međimursko županijo v območje HR 1, za katero so ocenjene stopnje onesnaženosti zraka z vidika varovanja zdravja ljudi. Ravni onesnaženosti podrobneje prikazuje spodnja preglednica, iz katere so razvidni načeloma dobri rezultati: za okside, benzen, težke kovine in CO so ocenjene vrednosti pod spodnjim pragom ocenjevanja, za SO₂ in prašne delce pod zgornjim pragom ocenjevanja. Na obravnavanem območju predstavlja pomemben vir onesnaževanja zraka živinoreja s številnimi objekti za intenzivno rejo živali, ki so izvor emisij neprijetnih vonjav.

Stanje površinskih voda

Na podlagi izvedenih meritev v obdobju 2008 - 2012 na merilni postaji Goričani je bilo izkazano DOBRO ekološko stanje reke Mure. Spremlja se tudi stanje pritokov reke Mure, ki je v večini primerov zelo SLABO. Na podlagi Plana upravljanja vodnim področjem, za razdoblje 2013.-2015. je kemijsko in ekološko stanje vodnega telesa Mura CDRI0003_003 DOBRO.

Stanje podzemnih voda

V okviru državnega monitoringa kakovosti podtalnice na obravnavanem območju se ne izvajajo meritve kvalitete podzemne vode. Le te se izvajajo na več merilnih mestih v bližini in na območju istega vodonosnika in zato lahko njihove rezultate povzemamo kot merodajne tudi za območje obravnave. Splošna ocena kemičnega stanja podzemne vode Murske kotline v letu 2015 izkazuje SLABO stanje.

Odvajanje in čiščenje odpadnih voda

Sistematično odvajanje komunalnih odpadnih voda je na obravnavanem območju delno urejeno. Kanalizacijski sistem za odvajanje komunalnih odpadnih voda je urejen v vseh večjih naseljih, nanj je priključenih večina stavb. Kanalizacijski sistem na v naseljih Črenšovci, Žižki in Trnje je bil zgrajen leta 1997, v naseljih Dolnja Bistrica, Srednja Bistrica in Gornja Bistrica pa leta 1998. Delno je izgrajena kanalizacija še v naseljih Kapca, Hotiza, Kot, Gaberje, Kolonija. In Kolonija Petišovci. Znotraj obravnavanega območja na slovenskem delu je prisotna le ena čistilna naprava severno od naselja Hotiza. Obstoječe omrežje javne kanalizacije na Hrvaškem delu obravnavanega območja je prav tako delno izveden. Omrežje je v glavnem urejeno v središčih naselij in razen nekaj izjem ni povezano v celote. Robna naselja niso povezana. Trenutno na področju Međimurske Županije obratuje nekaj čistilnih naprav. Na območju občine Sv. Martin na Muri se načrtuje odvodnja komunalnih odpadnih vod v naseljih Hlapčina, Marof, Žabik, Vrhovljan, Sv. Martin na Muri, Brezovec, Jurovec, Lapšina, Čestijanec in Gradišćak. Trenutno je v izgradnji kanalizacijski sistem Zasadberg.

Oskrba prebivalstva s pitno vodo

Vodovodno omrežje je zgrajeno v vseh naseljih. Na območju Slovenije deluje skupni sistem oskrbe s pitno vodo v skladu s projektom »Oskrba s pitno vodo Pomurja – sistem A« s katerim upravlja javno podjetje Eko-park d.o.o. Lendava. Javni vodovodni sistem oskrbuje vsa naselja Međimurske županije.

Odpadki

Podatki po slovenskih občinah znotraj obravnavanega območja kažejo na trend povečevanja količine zbranih odpadkov. Trend se je po letu 2009 obrnil in v zadnjih letih je prišlo do upada količin zbranih odpadkov, kar je posledica spremembe načina zbiranja odpadkov, v smeri učinkovitejšega sistema ravnanja z odpadki. Na območju Međimurske županije se tako kot drugod ukvarjajo s problemom odlaganja ostankov ločeno zbranih frakcij, saj načrtovan center za ravnanje z odpadki Piškornica še ne obratuje.

3.1.3 HIDROLOŠKA ANALIZA

3.1.3.1 Opis izhodišč in uporabljenih podatkov

Hidrološka analiza Mure za potrebe projekta FRISCO1 je bila razdeljena na sklope, ki so si smiselno sledili in se nadgrajevali. Ker je hidrološki sistem reke Mure огromen se za potrebe projekta ni izdelalo konceptualnega hidrološkega modela povodja, ampak sta bila dva ključna podatka in sicer določitev projektnih pretokov različnih povratnih dob za celoten odsek in določitev projektne oblike poplavnega vala, kar je bilo že obdelano v predhodnih študijah, ki so celovito naslovile povratne dobe na meddržavnem območju reke Mure, ki zajema štiri države: Avstrijo, Slovenijo, Hrvaško in Madžarsko (Brilly, 2011).

Maksimalni pretoki za obravnavani odsek v okviru projekta FRISCO so bili določeni z analizo meritev na merilnih postajah Petanjci, Mursko Središče in Goričani, ki se nahajajo na območju analiziranega

območja. Upoštevana je bila hidrološka študija reke Mure iz leta 2011, ki je statistično vrednotila merjene pretoke na vseh merilnih postajah vzdolž reke Mure. Poleg te študije so bili rezultati statistične analize pretokov črpani tudi iz oddanih rezultatov projektnih partnerjev na projektu FRISCO, kjer se je izvedlo vrednotenje merjenih pretokov na postajah Mursko Središče in Goričan. Ugotovljeno je bilo, da se pretok vzdolž toka bistveno ne spreminja, kar potrjuje ugotovitev, da so koincidence ostalih vodotokov, zalednih vtokov ter lastnih voda z reko Muro majhne. Glede na izvedene analize je bilo ugotovljeno, da so vrednosti dobljene s statistično funkcijo Galton na vodomerni postaji Mursko Središče najbolj ustrezne in podajajo pričakovane projektne vrednosti visokih pretokov. Ocenjeno je bilo, da se za celoten odsek uporablja enovita vrednost visokovodnega pretoka posamezne povratne dobe.

Projektni poplavni val je bil določen na podlagi meritev preteklih poplavnih valov v času večjih poplavnih dogodkov. Z analizo oblik in volumnov merjenih poplavnih valov so se določili trije karakteristični poplavni valovi (normalizirani), ki podajajo predlagan ozek, srednji in širok poplavni val. Določitev karakterističnih poplavnih valov (normaliziranih) se je podalo v sklopu predhodne študije DV Cirkovce-Pince. Glede na podane hidrograme je bila predlagana uporaba širokega poplavnega vala s trajanjem 200 ur, ki izkazuje najbolj neugodno poplavno stanje, ki je primerljivo s poplavnim valom na reki Muri (Mursko Središče) leta 2005. Postavljen hidravlični model ima samo 1 vtočni hidrogram za posamezno povratno dobo.

3.1.3.2 Analiza kakovosti pridobljenih podatkov

Za potrebe določitve maksimalnih pretokov na analiziranem odseku so bili uporabljeni nizi treh merilnih postaj na reki Muri in sicer Petanjci (Slovenija), Mursko Središče (Hrvaška) in Goričan (Hrvaška). V sklopu oddaje rezultatov so bile oddane tudi statistično obdelane meritve pretokov na merilnem mestu Mursko Središče in Goričan, ki analizirajo niz podatkov med letoma 1926-2016. V obeh primerih je kot najbolj ustrezna porazdelitev predlagana razporeditev po Galtonu.

	HRVAŠKA	
koda postaje	5044	5035
ime postaje	Mursko Središče (Mura)	Goričan (Mura)
porazdelitev	Galton	Galton
Q1	261.3	231.5
Q2	665.9	590.9
Q5	933.6	828.8
Q10	1113.9	989.1
Q25	1344.8	1194.5
Q50	1518.7	1349.3
Q100	1694.4	1506
Q500	2114.5	1880
Q1000	2302.4	2047

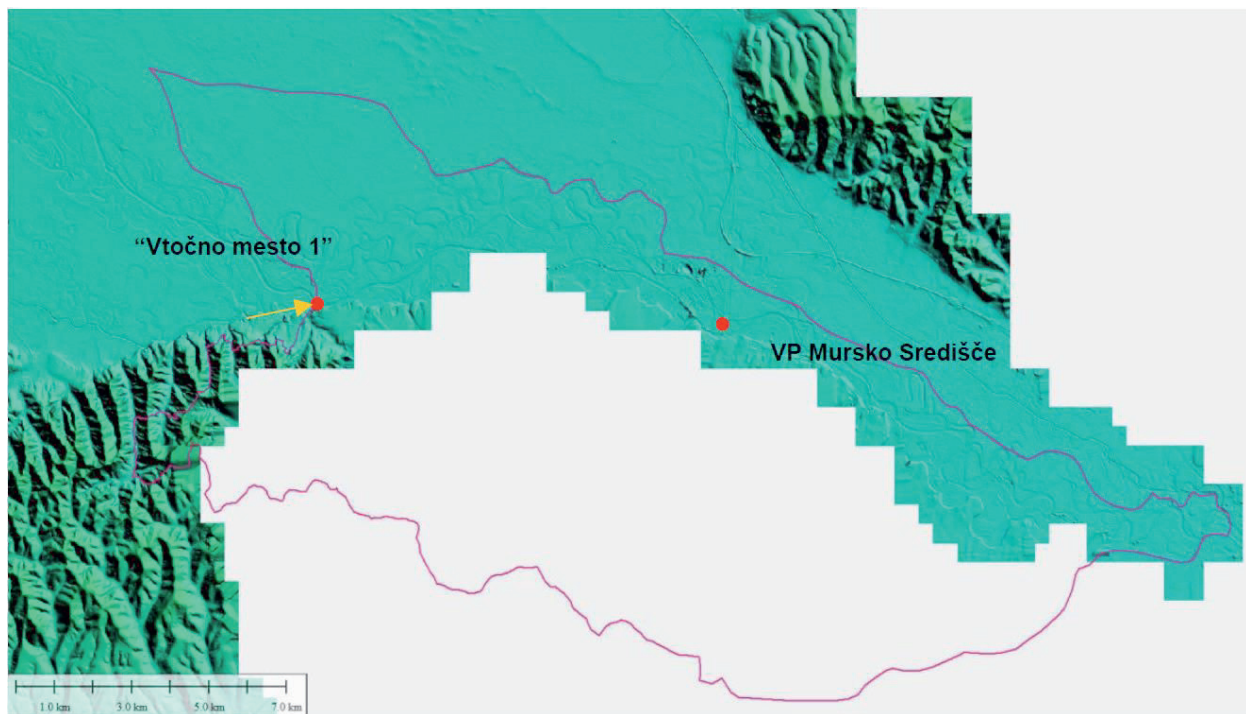
Verjetnostna analiza poplav za hidrološki postaji Mursko Središče in Goričan.

V sklopu leta 2011 izvedene Hidrološke študije reke Mure (Brilly in sod., 2011) so bili analizirani hidrološki podatki za 24 postaj vzdolž reke Mure in njenih pritokov: 15 v Avstriji, 4 v Sloveniji, 3 na Hrvaškem in 2 na Madžarskem, zbrani v obdobju med letoma 1961 in 2005. Vsi podatkovni nizi niso bili popolni, saj so vmes manjkali podatki ali pa so se meritve pričele izvajati kasneje. V sklopu te študije so bile prav tako obdelane postaje Petanjci, Mursko Središče in Goričan.

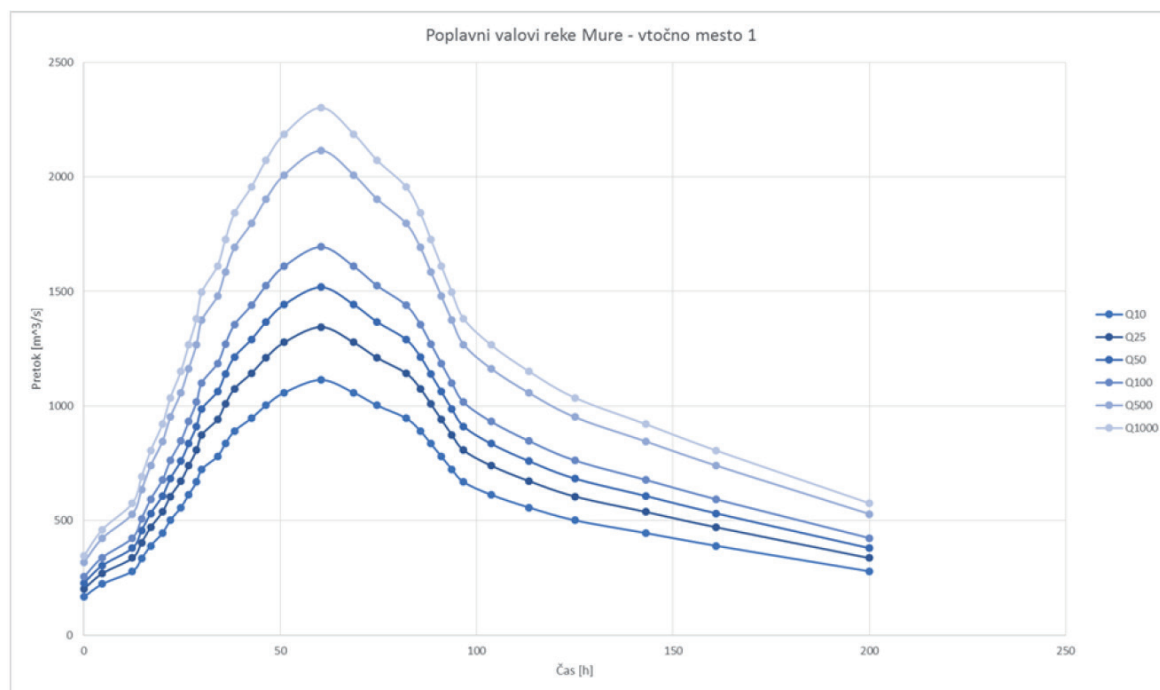
Ugotovljeno je bilo, da so v primeru postaj Mursko Središče in Petanjci odstopanja znotraj ustreznih mej. Izkazuje se, da se pretok vzdolž toka bistveno ne spreminja, kar potrjuje ugotovitev, da so koincidence ostalih vodotokov z reko Muro majhne. Za opredelitev vtočnih količin reke Mure na analiziranem odseku so bile uporabljene vrednosti na merilnem mestu Mursko Središče, izvrednotene po statistični porazdelitvi Galton.

3.1.3.3 Poplavni valovi reke Mure

Poplavni valovi so podani za prerez oziroma lokacijo »Vtočno mesto 1« (Slika 10). Zaradi bolj natančnega definiranja zgornjega robnega pogoja se le-ta širi gorvodno, proti VP Petanjci. Glede na predhodne analize se predlagani poplavni valovi lahko uporabijo tudi v primeru gorvodne prestavitve vtočnega mesta proti VP Petanjci zaradi gorvodne širitve modela.



Prikaz območja obravnave z lokacijo »Vtočno mesto 1« in merilnim mestom Mursko Središče



Poplavni valovi reke Mure v prerezu oziroma na lokaciji »Vtočno mesto 1«

Čas [h]	Povratna doba					
	Q10	Q25	Q50	Q100	Q500	Q1000
Pretok [m³/s]						
0	167	202	228	254	317	345
4.67	223	269	304	339	423	460
12.33	278	336	380	424	529	576
14.67	334	403	456	508	634	691
17	390	471	532	593	740	806
20	446	538	607	678	846	921
22	501	605	683	762	952	1036
24.67	557	672	759	847	1057	1151
26.67	613	740	835	932	1163	1266
28.67	668	807	911	1017	1269	1381
30	724	874	987	1101	1374	1497
34	780	941	1063	1186	1480	1612
36	835	1009	1139	1271	1586	1727
38.33	891	1076	1215	1356	1692	1842
42.67	947	1143	1291	1440	1797	1957
46.33	1003	1210	1367	1525	1903	2072
51	1058	1278	1443	1610	2009	2187
60.33	1114	1345	1519	1694	2115	2302
68.67	1058	1278	1443	1610	2009	2187
74.67	1003	1210	1367	1525	1903	2072
82	947	1143	1291	1440	1797	1957
85.67	891	1076	1215	1356	1692	1842
88.33	835	1009	1139	1271	1586	1727
91	780	941	1063	1186	1480	1612
93.67	724	874	987	1101	1374	1497
96.67	668	807	911	1017	1269	1381
103.67	613	740	835	932	1163	1266
113.33	557	672	759	847	1057	1151
125	501	605	683	762	952	1036
143	446	538	607	678	846	921
161	390	471	532	593	740	806
200	278	336	380	424	529	576

Tabelarni prikaz poplavnih valov reke Mure v prerezu »Vtočno mesto 1«

Vsaki povratni dobi pripada en poplavni val, ki je posledica predlaganega karakterističnega poplavnega vala (normiranega) široke oblike in predlaganega pretoka dobljenega s statistično analizo meritev na vodomerni postaji Mursko Središče.

3.1.3.4 Vodne količine ostalih vodotokov

Preostali vodni sistemi, ki lahko posredno vplivajo na poplavno stanje območja so naslednji:

- Ščavnica
- Ledava s Črncem in Ajašem
- Zaledni dotoki z desnega zaledja reke Mure
- Lastne vode Kopice
- Zatekanja viška vodnih količin reke Mure z gorvodnega območja

Ščavnica

Vodotok Ščavnica se na obravnavano območje steka gorvodno od lokacije, kjer smo podali poplavne valove. Ker je za določitev pretokov bila uporabljena vodomerna postaja Mursko Središče, ki se prav tako nahaja dolvodno od lokacije vtočnega mesta 1, je njen prispevek že vključen v analizo. Koincidenca visokih voda reke Ščavnice in visokih voda reke Mure je nizka.

Ledava s Črncem in Ajašem

V tem primeru gre za sistem, ki se steka v Muro izven območja obravnave in tako neposredno ne vpliva na pretok reke Mure in ni del hidrološke analize. Višek vodnih količin (povratne dobe Q100) tega sistema se sicer lahko stekajo na analizirano območje in vplivajo na poplavno stanje območja, vendar je slednje pretežno hidravlični in ne hidrološki problem.

Zaledni dotoki z desnega zaledja reke Mure

Hidrološka obravnava teh dotokov z vidika hidravličnega modeliranja reke Mure ni bila potrebna, saj dotoki ne spreminjajo hidrološkega režima reke Mure. Poleg tega je koincidenca zaledja in Mure zanemarljiva.

Lastne vode Kopice

Sistem Kopice z dotoki (Libovija) se aktivira v primeru dviga podtalnice oziroma v primeru močnejših padavin. Na predmetnem območju se nahaja plitev vodonosnik. Gre za lastne vode, ki so bile upoštevane znotraj hidravličnega modela z uporabo simuliranja padavin in infiltracije.

Zatekanja viška vodnih količin reke Mure z gorvodnega območja

Podobno kot v primeru analize Ledave s Črncem in Ajašem, je tudi ta problem hidravlični in hidrološki. Gre za distribucijo vodnih količin na lokaciji vtočnega mesta, ki pa se lahko določi le z postavitvijo gorvodnega modela in določitvijo zatekajočih vodnih količin reke Mure na analizirano območje.

3.1.4 HIDRAVLIČNA ANALIZA

Rezultati in zaključki Čezmejno usklajene študije zmanjševanja poplavne ogroženosti za čezmejno porečje reke Mure temeljijo na uporabi orodij, ki jih je izdelovalcu v uporabo predal naročnik: hidravličnega modela Mure (izdelovalec modela Inštitut za hidravlične raiskave) ter bilateralno usklajenih metodologij.

3.1.4.1 Območje obravnave

Znotraj definiranega območja Frisco je odsek Mure dolg ca 30 km, vendar pa obravnavno območje Frisco sega po levem bregu Mure daleč gorvodno, vse do naselja Odrancev. Skozi projekt je bilo ugotovljeno, da je z analizo odseka Mure znotraj območja Frisco nemogoče ovrednotiti zatekajoče poplavne tokove, ki na območje modela »pritečejo« kot posledica morebitnega gorvodnega prelivanja reke, posledično bi model dal varljive rezultate poplavnega stanja. Na podlagi tega je izdelovalec modela ustrezno podaljšal modelni odsek Mure gorvodno vse do železniškega mostu pri Veržaju. S tem je modelni odsek Mure podaljšal za 20 km, skupna dolžina obravnavnega odseka je tako ca 50 km. Območje Frisco sega izven modelnega območja le na skrajnem južnem robu, kjer pa ni evidentiranih vodnih tokov in z vidika hidravlične analize ne predstavlja bistvenega pomena.

3.1.4.2 Osnovne značilnosti modela

Hidravlična analiza Mure je izdelana z uporabo kombiniranega 1D+2D hidravličnega modela MIKEFLOOD, ki je sestavni del programskega paketa MIKE DHI. Značilnost modela je, da se z 1D modelom modelira tok v strugi, za modeliranje razlivanja poplavne vode izven struge, kjer se lahko pojavi izrazit 2D tok, pa se uporabi 2D model.

1 D model

Model se gorvodno začne približno 170 m dolvodno od železniškega mostu čez Muro pri Veržaju (računska stacionaža 0 m) in se zaključi 5460 m dolvodno od meje ciljnega območja (računska stacionaža 50026 m). Skupna dolžina modeliranega odseka znaša 50,026 km, medtem ko dolžina odseka Mure znotraj ciljnega območja znaša 32,471 km. V hidravličnem modelu računska stacionaža narašča v sotočni smeri.

Geometrija struge je opisana z 126 geodetsko izmerjenimi prečnimi profili, od katerih je 35 za potrebe projekta FRISCO1 v aprilu 2017 izmerila ARSO, ostali pa so privzeti delno iz študije TC vode iz l. 2012, del pa so jih dostavile Hrvatske vode. Vsi uporabljeni prečni profili so izmerjeni v obdobju po letu 2010. Zaradi numerične stabilnosti je v model vgrajenih še 451 vmesnih interpoliranih prečnih profilov, tako da razdalja med profili nikjer ne presega 100 m.

2D MODEL

Za izdelavo 2D modela je bila uporabljena pravokotna mreža celic velikosti 12,5 x 12,5 m. Model obsega območje dimenzije ca 37,3 x 17 km oziroma 2987 x 1361 celic. V 2D model je vgrajenih približno 65 km protipoplavnih nasipov, od katerih jih je v ciljnem območju približno 37 km, preostali pa so izven njega, s

ciljem zagotavljanja pravilne hidravlične slike na robovih obravnavanega območja. Zaradi specifičnosti poplavnega toka po inundaciji, predvsem na zračni strani nasipov, so bili v model tudi identificirani prepusti pod cestami in železnico. Model je izdelan v koordinatnem sistemu D96/TM.

3.1.5 Hidravlična analiza obstoječih razmer

Z uporabo hidravličnega modela so bili analizirani poplavni dogodki pri različnih povratnih dobah Q10, Q25, Q50, Q100, Q500 in Q1000. Poplavljanje reke Mure na levem bregu lahko razdelimo med poplave znotraj visokovodnih nasipov in na poplave, ki so posledica prelivanja le-teh. Visokovodni nasipi Mure se na levem bregu raztezajo od začetka modelnega odseka pri železniškem mostu v Veržaju in vse do Benice, s krajšimi prekinitvami na odsekih naravne visoke terase. Na desnem bregu so nasipi zgrajeni lokalno ob večjih naseljih (Sv. Martin, Križovec in Podturen), daljši nasip se prične šele dolvodno od naselja Novakovec.

Pri višjih pretokih gladina mestoma preseže krono nasipa in ga prelije. Največji obseg poplav je pričakovano pri zelo visokih pretokih Q500 in Q1000, ki tudi presegajo projektno višino nasipov in poplavlja obsežno ravninsko območje murskega polja.

Za lažjo podrobnejšo interpretacijo rezultatov na tako velikem območju je bil obravnavan odsek Mure razdeljen na 3 podobmočja:

- Odsek od Veržaja (začetek modela) do Gibine
- Odsek od Gibine do Murskega Središča
- Odsek od Murskega Središča do konca modela.

3.1.5.1.1 Odsek Veržaj - Gibina

Na odseku Veržaj – Gibina se območje Frisco nahaja le na levem bregu Mure. Na odseku od železniškega mostu Veržaj do Gibine se na levem bregu vzdolž Mure zgrajeni visokovodni nasipi, ki so bili v zadnjih letih mestoma obnovljeni in nadvišani. Nazadnje (julij 2018) je bil nadvišan odsek nasipa pri Melincih. Na desnem bregu se na oddaljenosti 0,5-1,5 km od struge teren dvigne na visoko teraso, mestoma so na robovih visoke terase zgrajeni tudi visokovodni nasipi.

Rezultati hidravličnega modela kažejo, da visoke vode Mure, na odseku Veržaj-Gibina, v večjem obsegu prelijejo visokovodni nasip na levem bregu šele pri pretoku Q100. Rezultati modela kažejo, da že visoke vode nižjega ranga (Q10) preplavijo nasip pri Nemščaku in poplavlja v manjšem obsegu. Rezultati modela kažejo na razmeroma majhen obseg poplave, ki ne doseže naselja Ižakovci in posledično ne ogroža obstoječe pozidave. Območje se nahaja izven ciljnega območja Frisco Mura.

Dolvodno je visokovodni nasip prekinjen pri gramoznici Melinci. Rezultati modela kažejo na razlivanje visokih vod Mure pri Q100 tudi na območje visokovodne terase, vendar pa obseg poplave razmeroma majhen. Podrobnejša analiza Lidar terena in gladin je pokazala, da je na celotnem odseku visoke terase

gladina na meji roba terase oziroma izmerjene višine Lidar posnetka zelo variirajo. To je najverjetneje posledica goste zarasti na tem območju kar dodatno zmanjšuje natančnost Lidar snemanja.

Večje prelivanje visokovodnih nasipov se prične na območju občine Črenšovci. Visoke vode se pričnejo prelivati pri čistilni napravi Melinci. Nasip je prelit na več odsekih, poplavni tok na zračni strani nasipa pa teče v smeri naselja Gornja Bistrica, kjer doseže eno od lokalnih cest, dolvodno pa se ustavi pri regionalni cesti R3-1322 Črenšovci-Razkrižje. Na tem odseku nasip prelijejo tudi visoke vode nižje povratne dobe (Q25 in Q50) in sicer je prelit odsek nasipa pri objektih Gornja Bistrica 24 in 25, nato pa poplavni tok teče ob nasipu dolvodno in poplavlja v območju naselja med visokovodnim nasipom in lokalno cesto.

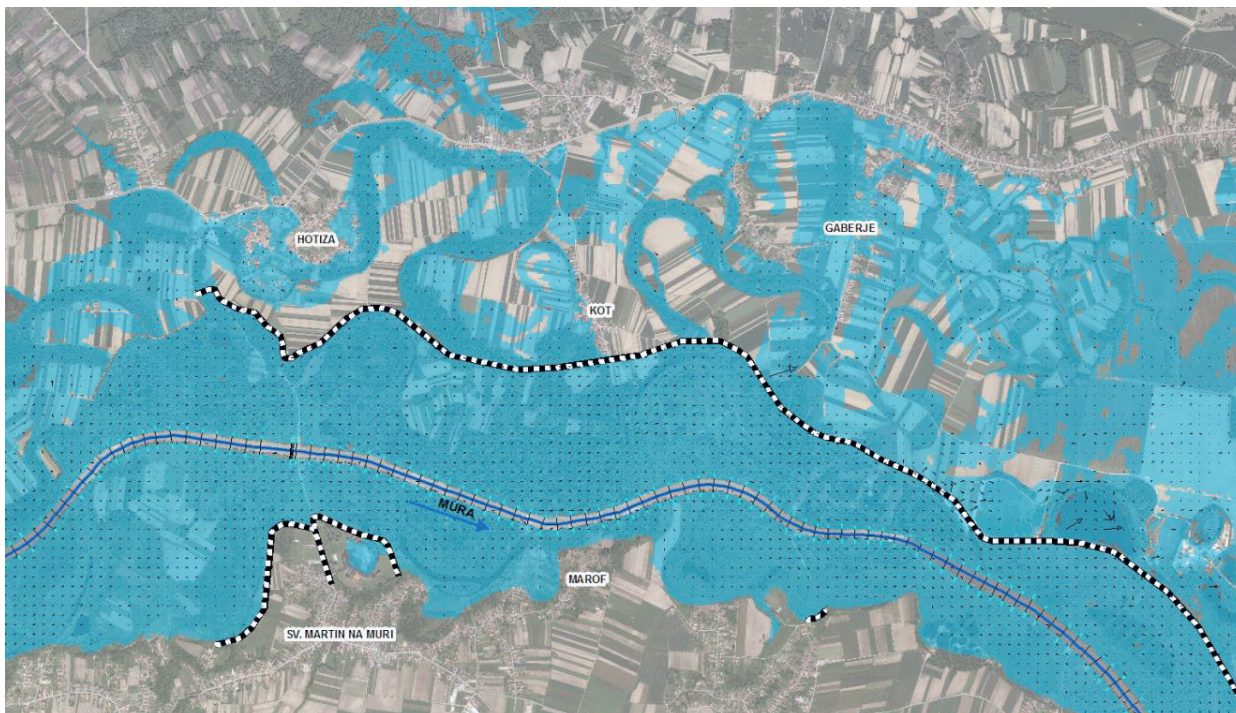
Tudi dolvodno od mostu regionalne ceste Mura pri Q100 mestoma prelije visokovodni nasip. Poplava se na zračni strani nasipa po obsežnih kmetijskih zemljiščih proti naselju Dolnja Bistrica, kjer prelije lokalne ceste in poplavlja vse dokler poplavni tok ne doseže regionalne ceste R2-0322 Črenšovci-Dol. Lakoš, kjer se poplavni tok ustavi. Na območju Dolnje Bistrice se poplavni tok steka in napaja nekdanje rokave Mure.

V primeru nastopa katastrofalnih poplav (Q500 in Q1000) bi visoke vode Mure obsežno prelile visokovodne nasipe. Ustvarita se dva poplavna tokova in sicer bi gorvodni poplavni tok dosegel naselja Ižakovci, Melinci, južni del Beltincev. Visoke vode bi prelile lokalno Ravensko cesto in se razlivala proti naselju Odranci, kjer bi bila poplavljena tudi regionalna cesta R2-0321 Beltinci –Črenšovci (Panonska ulica). Poplava bi dosegla tudi naselje Črenšovci. Drugi poplavni tok se ustvari pri naseljih Gornja, Srednja in Dolnja Bistrica. Poplavna tokova se pri Črenšovcih združita in tečeta naprej proti vzhodu.

3.1.5.1.2 Odsek od Gibine do Murskega Središča

Hidravlična analiza je pokazala, da je gladina Mure do pretoka Q10 na levem in desnem bregu znotraj visokovodnih nasipov oziroma pod visoko ježo. Pri pretokih Q25 in Q50 je gladina mestoma višja od visoke terase na levem bregu. Visoke vode Mure se stekajo predvsem v nekdanje rokave (Berek). Tudi na desnem bregu visoke vode Q25 in Q50 mestoma segajo nad visoko teraso. Pri Marofu, kjer se poplavno območje na desnem bregu zmanjša na dobrih 100 m, Mura poplavlja del naselja Marof in lokalne ceste.

Ob nastopu Q100 bi Mura na levem bregu prelila visoko teraso med Dolnjo Bistrico in Hotizo. Na tem odseku ni zgrajenega visokovodnega nasipa, poplavni tok pa bi tekkel proti Hotizi. Poplava sega do regionalne ceste R2-0322 Črenšovci-Dol. Lakoš. Pod cesto so zgrajeni prepusti, preko katerih poplavna voda napaja nekdanji rokav. Naselje Hotiza se varuje z visokovodnimi nasipi, vendar je naselje poplavljeno zaradi poplavne vode, ki se razliva gorvodno in doseže naselje iz zahodne strani.



Prikaz dosega gladine Q100 na območju Hotiza-Gaberje in Sv. Martin na Muri.

Na odseku Hotiza – Kot visoke vode Mure ranga Q100 ne prelijejo levobrežnega nasipa. Poplava na zračni strani je posledica poplavnega toka, ki priteče po poplavnem območju iz zahoda. Mura pri Q100 prelije levobrežni nasip pri naselju Gaberje. Poplavljenе so obsežne kmetijske površine med visokovodnim nasipom in regionalno cesto R2-0322 Črenšovci-Dol. Lakoš. Gornji in Dolnji Lakoš sta tipični obcestni naselji, posledično so potencialno poplavno ogroženi objekti, ki se nahajajo med nasipom in cesto. Mestoma je poplavljen tudi naselje Gaberje, ki se razprostira prečno na poplavno območje. Tok poplavne vode na zračni strani nasipa odteka v smeri vzhod, kjer bariero v prostoru predstavlja avtocesta in železniška proga. Pod slednjima so zgrajeni inundacijski prepusti, ki omogočajo odtok poplavne vode dolvodno ter tako preprečujejo ustvarjanje kasete na gorvodni strani.

Na desnem bregu je večina naselij (Čestijanec, Lapšina, Jurovec) zgrajena na poplavno varni koti na visoki murski terasi. V naselju Sv. Martin na Muri je že zgrajen visokovodni nasip. Zahodni del trase je višinsko ustrezen in varuje naselje pred poplavami Mure ranga Q100, medtem ko je vzhodna veja nasipa prenizka, zato ga visoke vode Mure prelijejo. Poplavljen je manjši del neposeljenega območja. Bolj kot prelivanje nasipov resne težave v naselju Sv. Martin ob Muri predstavlja precejanje nasipov, ki lahko ogrozi stabilnost obstoječih nasipov in ob morebitni porušitvi predstavlja veliko nevarnost za tamkajšnje prebivalstvo. Ob nastopu Q100 je poplavljen tudi nižje ležeči predel naselja Marof. Zaradi konfiguracije terena se obseg poplave na tem območju v primerjavi s Q25 bistveno ne poveča, so pa za ca 30 cm večje globine.

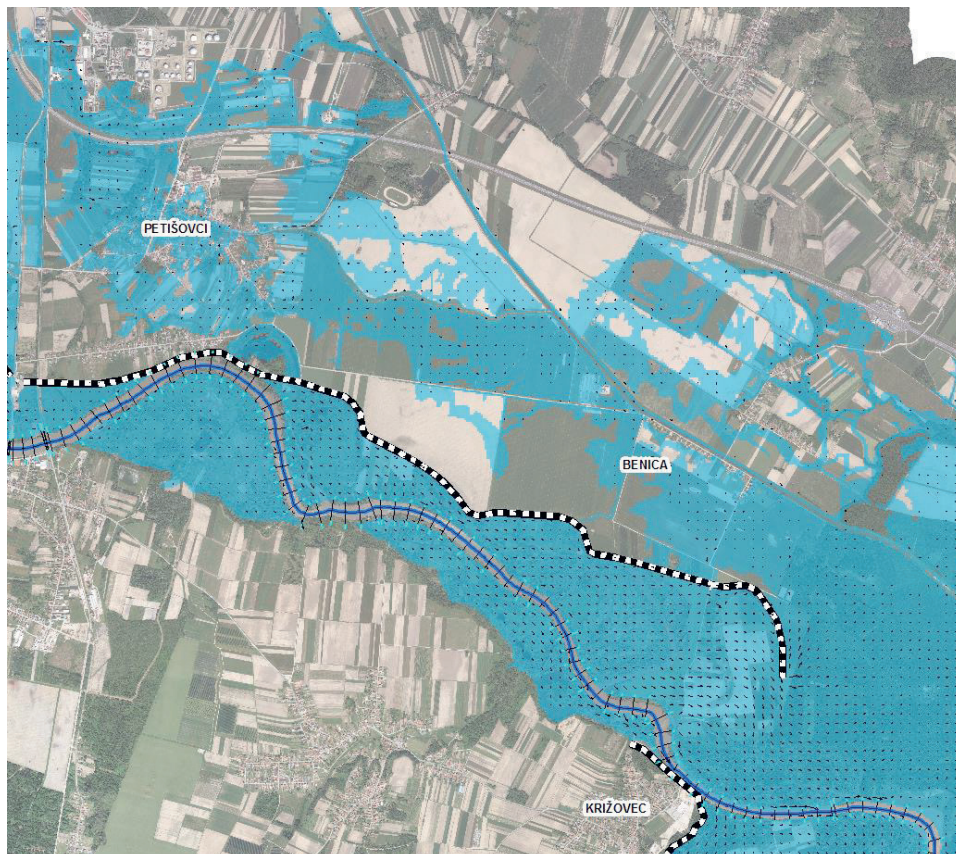
Dolvodno do Murskega Središča Mura na desnem bregu poplavlja le do visokovodne terase in ne ogroža obstoječe poselitve. Hidravlični model kaže zajezni učinek Mure po Gornjem potoku vse do premostitve ceste Hlapičina-Mursko Središče.

V Murskem Središču je poplavljen le območje pri novo urejeni laguni gorvodno od mostu (Trska). Območje lagune do visokovodnega zidu je v hidravličnem modelu zajeto v 1D model, zato 2D model ne izkazuje poplave na tem odseku.

Q500 in Q1000 je na zračni strani nasipov poplavljen obsežno ravninsko območje do Velike in Male Polane, poplava pa teče v smeri avtoceste, ki jo glede na rezultate modela tudi prelije in poplavlja v Lendavi.

3.1.5.1.3 Odsek od Murskega Središča do konca modela

Dolvodno od železniške proge, ki z mostom prečka Muro pri Murskem Središču, je na levem bregu zgrajen visokovodni nasip, ki poteka od kolonije Petišovci do Benice. Hidravlični model kaže, da visoke vode Mure obstoječega nasipa ne prelijejo niti pri pretoku s 1000-letno povratno dobo. Podrobnejša analiza kaže, da je zaledno območje Petišovcev poplavno varno do pretoka Q50. Na koncu visokovodnega nasipa v Benici, teče iz Murske šume povratni tok Mure proti Benici in že pri Q25 doseže robove naselja, prav tako pa poplavlja kmetijske površine med visokovodnimi nasipi Ledave in visokovodnimi nasipi Mure. Ob nastopu Q100 bi Mura z zalednimi poplavnimi tokovi, ki pritečejo po inundacijskih prepustih pod železnico, poplavljala na območju Petišovcev. Poplavne vode se delno stekajo v Kopico in naprej v Ledavo, delno pa odtekajo v smeri Petišovskega polja proti Benici. Ob nastopu pretoka Q100 ali več poplave na območje Benice pritečejo iz dveh strani in sicer kot povratni tok iz Murske šume ter po poplavnem območju iz zahodne strani.



Prikaz dosega gladin Q100 Mure na odseku Petišovci-Benica oziroma Mursko Središče-Križovec.

Na desnem bregu dolvodno od Murskega Središča poplava sega do visoke ježe, prav tako do naselja Križovec na tem odseku ni poselitve. Pri Križovcu je zgrajen visokovodni nasip, ki varuje naselje pred visokimi vodami Mure do ranga 1000-letne povratne dobe. Tudi obstoječa naselja dolvodno (Lončarevo, Podturen, Novakovec in Dekanovec) se varujejo z obstoječimi protipoplavnimi nasipi, ki glede na rezultate hidravličnega modela zagotavljajo varnost tudi na pretok Q1000. Tudi na tem odseku v modelu ni upoštevana porušitev ali precejanje nasipov. Poplavna varnost izhaja le iz višine nasipov.

3.1.6 ANALIZA POPLAVNE OGROŽENOSTI

3.1.6.1 Uvod

Ocena poplavne ogroženosti je podlaga za proces optimizacije ukrepov ter finančno in ekonomsko analizo. Osnova za opredeljevanje poplavnih škod v okviru projekta FRISCO1 je bila metodologija »Podloga za Bilateralnu metodologiju ekonomske procjene poplavnih šteta na prekograničnim slivovima, Metodologija Huizinga s parametrima za FRISCO1 projekt (Sveučilište u Zagrebu). Omenjena metodologija definira na omejen nabor škodnih kategorij, ki v povprečju vseh obravnavanih EU držav predstavljajo 80% celotne škode. Metoda zajema oceno škode v (1) stanovanjskih objektih, (2) poslovnih stavbah, (3) industrijskih stavbah, (4) cestah in (5) kmetijstvu.

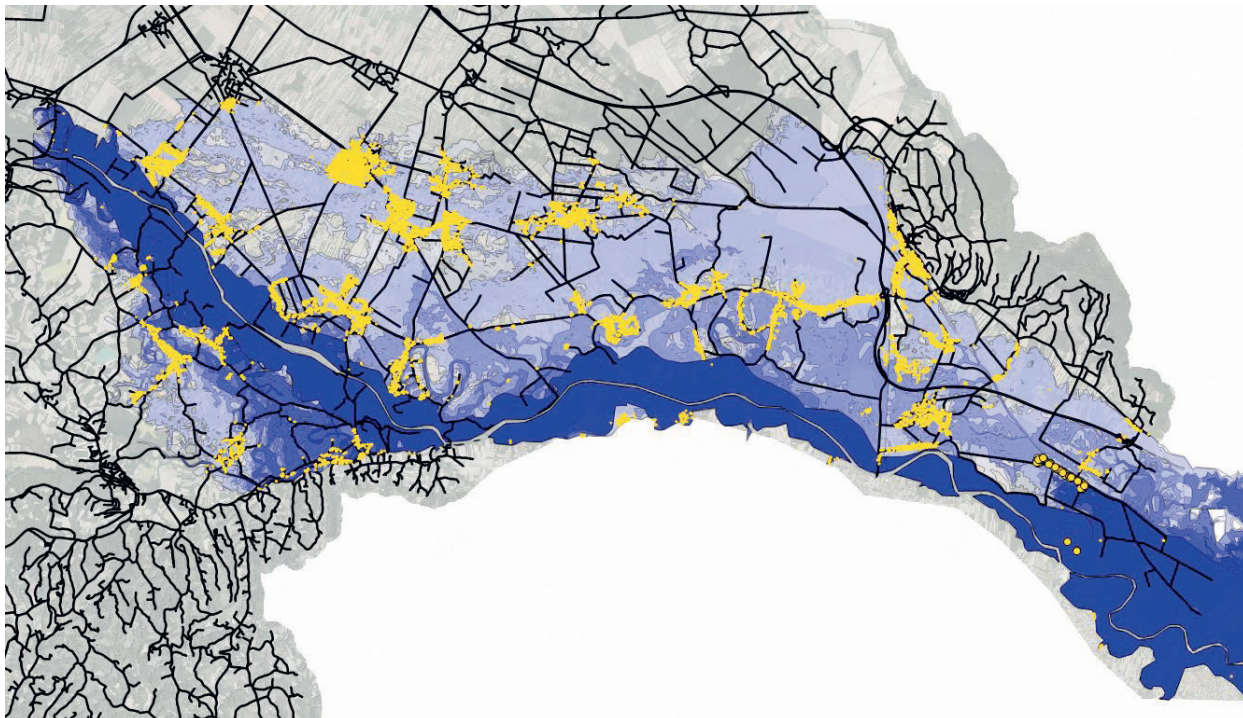
3.1.6.2 Opredelitev parametrov za obravnavano poplavno območje

Število ogroženih stavb: 8252 stavb (stavbe na slovenski in hrvaški strani) od je tega 8.153 stavb na slovenski strani in 99 stavb na hrvaški strani). Metoda opredelitve (1) stavbe predstavlja doseg 1000 letnih voda na podlagi hidravličnega izračuna. Stavbe so določene na podlagi katastra stavb v Republiki Sloveniji (slovenska stran) ali opredeljene na podlagi ortofoto identifikacije za hrvaško stran. Izrazito manjše število stavb na hrvaški strani reke Mure je posledica dejstva, da se tam večina stavb nahaja na t.i. ježi – dvignjenem delu terena. Po drugi strani na slovenski strani ni izrazite fizične višinske bariere med poplavnim območjem in poseljenimi območji.

Dolžina ogrožene pomembne linijske gospodarske javne infrastrukture je opredeljena na podlagi podatkov zbirnega katastra gospodarske javne infrastrukture Republike Slovenije. Pri tem so bile klasificirane kot pomembna linijska gospodarska javna infrastruktura skladno z metodo Huizinga prometnice, ki so klasificirane kot občinske ali državne ceste. Skupna dolžina le-teh znaša pri poplavnih območjih s 1000-letno povratno dobo 429,97 km. Z vidika težje opredeljivih prometnic izstopajo lokalne prometnic (ponekod tudi s statusom poljske poti) s skupno dolžino 351,72 km. Vse navedene analizirane prometnice se nahajajo na slovenski strani. Ocenjeno je, da je skupna dolžina prometnic, ki so izpostavljene poplavnim dogodkom na hrvaški strani cca. 1 km, zato v analizi niso bile posebej obdelane.

Škodo na cestah je z vidika globine vode na cesti precej težko oceniti z upoštevanjem škodnih krivulj (odnos globina – škoda), saj ceste pogosto potekajo po različnih globinah, ki bi jih bilo potrebno v takem primeru z mikrorazrezi odsekov ceste vrednotiti. Zato je bila predpostavljena srednja potopitev ceste v

globini 0,5 metra za vse ceste, ki so zajete v ovojnico pri določeni globini in zanjo izračunali poplavne škode.



Obseg poplav (Q1000) s prikazom stavb kot škodnih objektov (vir: kataster stavb RS in lastni vnos za Republiko Hrvaško; prikaz cest (občinske in državne), vir: ZKGJI (Slovenski kataster)).

Škoda na kmetijskih zemljiščih je bila izračunana s podobnimi kriteriji, kot so bili opredeljeni za ceste, saj podobno kot pri cestah resolucijska opredelitev globin na kmetijskih zemljiščih predstavlja poseben izziv.

Škodna kategorija	Povprečna letna škoda (EUR)	
G. INŽ. OBJEKTI	lokalne ceste*	201.747,65 €
G. INŽ. OBJEKTI	državne ceste*	52.129,35 €
KMETIJSTVO	Kmetijstvo*	71.809,65 €
STAVBE	stavbe (stavbe in oprema)	1.217.032,90 €
DRUGO	preostala škoda (20% celotne škode)	385.679,89 €
SKUPAJ:		1.928.399,44 €

Pričakovana letna poplavna škoda na poplavnem območju znaša 1.928.399,44 EUR.

3.2 OBLIKOVANJE IN ANALIZA ALTERNATIVNIH REŠITEV

3.2.1 OBLIKOVANJE ALTERNATIVNIH REŠITEV

Na podlagi analize obstoječega stanja in rezultatov hidravlične analize je bil izdelan končni nabor ukrepov za obvladovanje poplavne ogroženosti na projektnem območju Mure. Pri tem so bila kot prioriteta območja prepoznana tista z največjim škodnim potencialom, to so območja, kjer so ogrožena obstoječa naselja, gospodarske dejavnosti, infrastruktura, itd.

3.2.1.1 Scenarij »brez ukrepov«

Obstoječa pozidava oziroma naselja se na obravnavanem odseku varujejo večinoma z visokovodnimi nasipi. Večini naselij je zagotovljena poplavna varnost na visoke vode z 10 letno povratno dobo, večji del nasipov pa zagotavlja tudi poplavno varnost na pretok Q100 ali več. Za ohranitev vsaj obstoječe stopnje varovanja pred poplavami, je potrebno redno vzdrževanje že izgrajene vodne infrastrukture. Tako je na več mestih ugotovljeno precejanje nasipov, s čimer je ogrožena njihova stabilnost, ob morebitni porušitvi pa bi posledice lahko bile katastrofalne. Zakasnitev nastopa visokovodnega vala Mure do obravnavanega območja omogoča, da se na morebitne poplave lahko pravočasno pripravimo. Poplavno varnost na kritičnih mestih nasipov lahko vsaj do neke mere izboljšamo z dodatnim varovanjem s protipoplavnimi vrečami, kot se je že izvajalo v preteklosti. Poleg neposrednega (aktivnega) varovanja pred visokimi vodami, lahko na obravnavanem odseku Mure poplavno ogroženost zmanjšamo tudi preko posrednih (pasivnih) ukrepov. Pri tem se pogosto poslužujemo metod ozaveščanja in informiranja lokalnih skupnosti oziroma prebivalcev, ki živijo na poplavnem območju. Uporabimo lahko več pristopov:

- Ozaveščanje o poplavah z informativnimi zloženkami/brošurami
- Organiziranje delavnic
- Vzpostavitev sistema obveščanja ob napovedanih visokih vodah Mure

S pravilnim in pravočasnim ukrepanjem ob napovedanih visokih vodah lahko znatno zmanjšamo poplavno škodo na imetju.

3.2.1.2 Že v preteklosti obravnavani ukrepi

Na osnovi poplavnih dogodkov v preteklosti in poznavanja problematike, so bili na najbolj kritičnih mestih že predvideni posamezni ukrepi, ki so bili usmerjeni predvsem v povečanje poplavne varnosti z izvedbo nadvišanja in rekonstrukcije obstoječih nasipov ali gradnjo novih nasipov. Predstavljen je nabor ukrepov na levem in desnem bregu in sicer:

Levi breg:

- Rekonstrukcija nasipa na odseku Gaberje - cesta Mursko Središče – Lendava
- Rekonstrukcija nasipa Benica
- Izvedba nasipa med Ledavo in VVN na Muri pri Benici

Desni breg:

- Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri
- Nasip Hlapičina
- Ureditev prepusta pod nasipom Križovec

Večina teh ukrepov izhaja iz prepoznanih težav na terenu, v okviru projekta Frisco pa je učinkovitost nekaterih preverjena tudi s hidravličnim modelom.

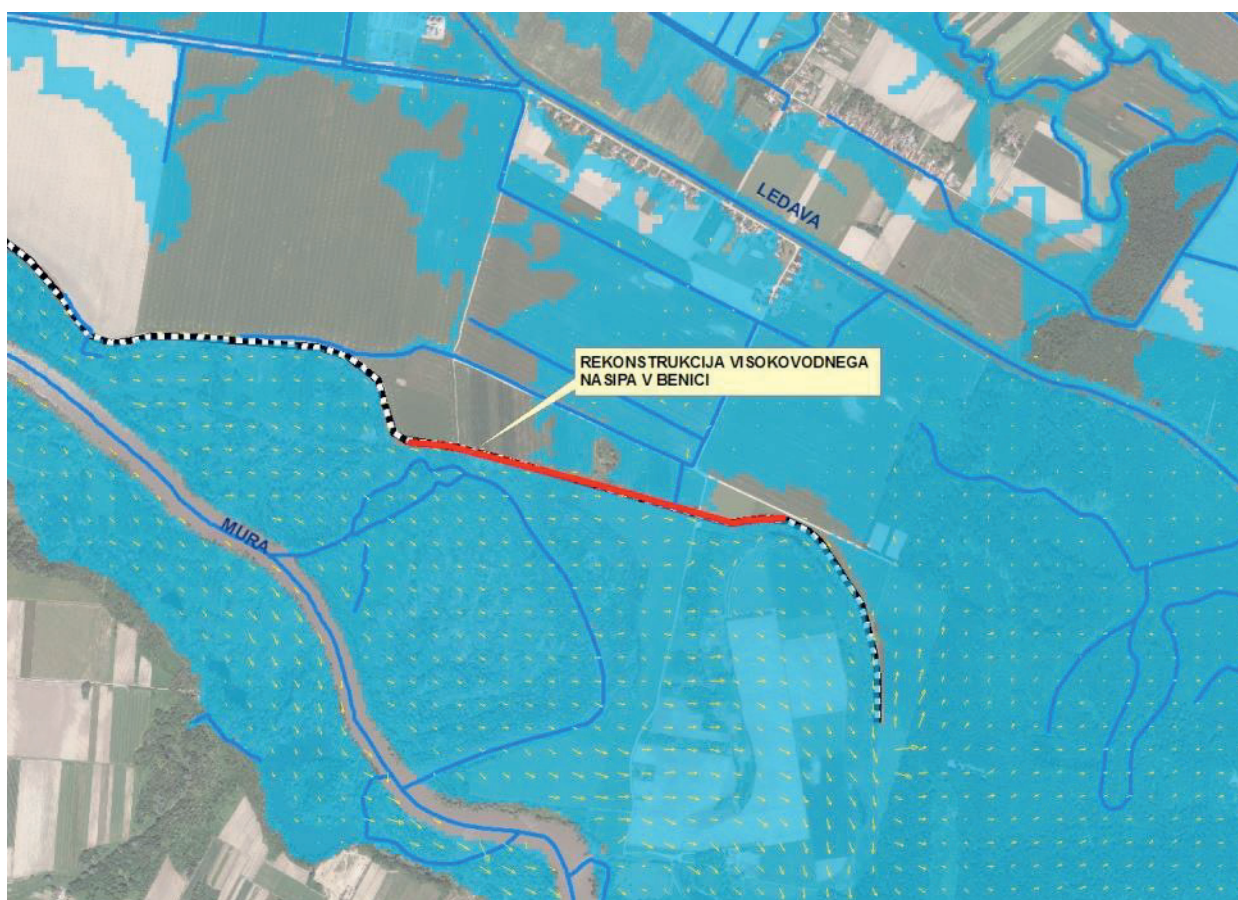
3.2.1.2.1 Rekonstrukcija nasipa na odseku Gaberje - cesta Mursko Središče – Lendava

Hidravlična analiza je pokazala, da Mura ob nastopu Q100 prelije obstoječi visokovodni nasip na odseku med naseljem Gaberje in cesto Mursko Središče-Lendava. Nasip je prelit na več mestih na skupni dolžini

$L \approx 2,0$ km, prelivna višina je v rangu 0,2-0,5m. Na tem odseku bo potrebno izvesti rekonstrukcijo obstoječega nasipa z nadvišanjem krone nasipa z upoštevanjem varnostne višine nad gladino Q100. Zaradi preprečevanja precejanja vode skozi nasip ob visokih vodah je potrebno poleg nadvišanja izvesti tudi tesnjenje nasipa.

3.2.1.2.2 Rekonstrukcija nasipa Benica

Rezultati hidravličnega modela kažejo, da obstoječi visokovodni nasip na celotnem odseku dolvodno od železniškega mostu pri Murskem Središču zagotavlja poplavno varnost ob nastopu visokih vod Mure vse do Q1000. Poplava na zračni strani nasipa je posledica povratnega toka Mure iz Murske šume. Na območju Benice je predlagan ukrep rekonstrukcije nasipa od km 0,7 do 1,66. Na osnovi rezultatov modela, nasipa ni potrebno nadviševati, bo pa potrebno izvesti ukrepe za preprečevanje precejanja in izboljšanje stabilnosti nasipa (tesnjenje).



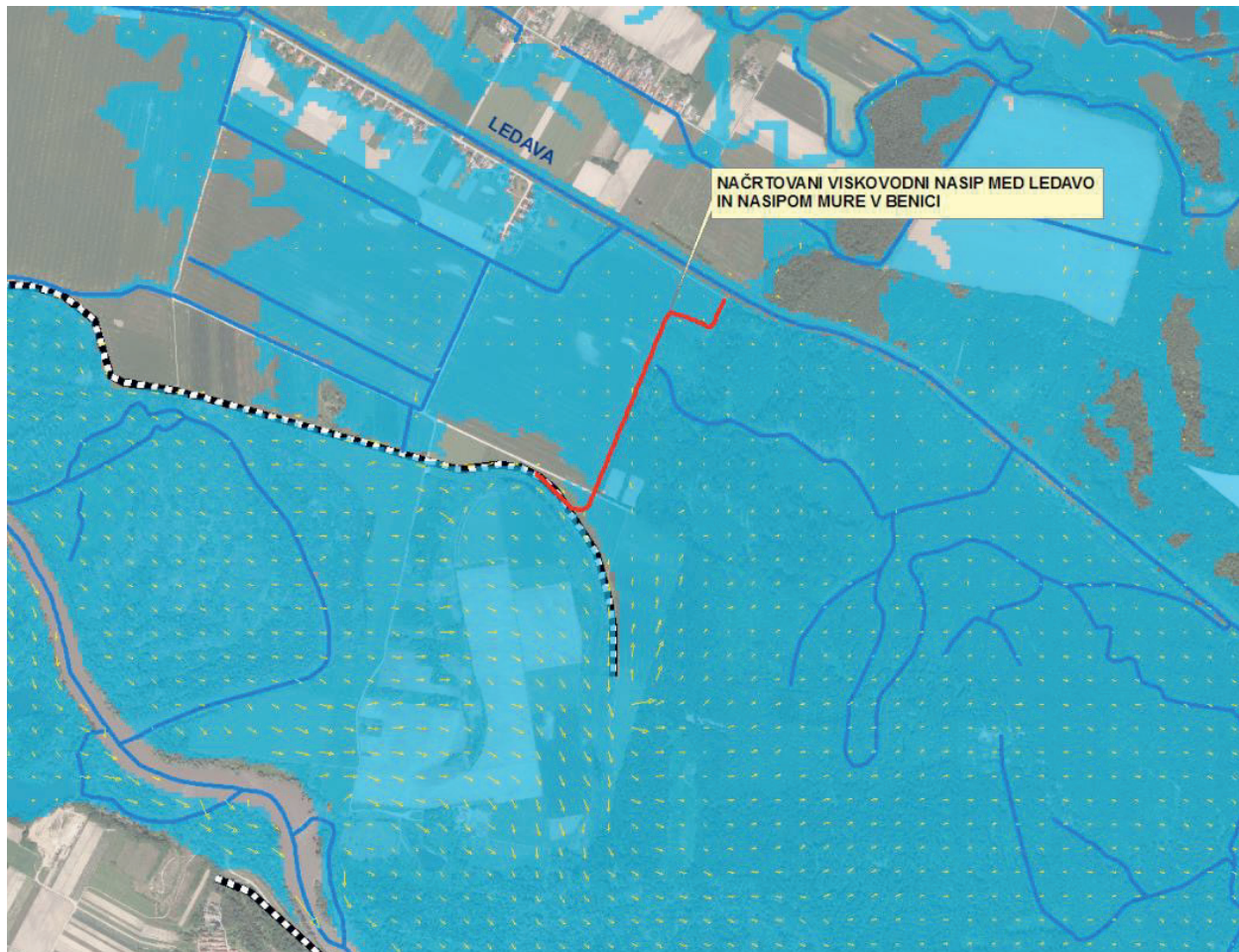
Prikaz lokacije VV nasipa v Benici

3.2.1.2.3 Izvedba nasipa med Ledavo in visokovodnim nasipom Mure pri Benici

Obstoječi levobrežni visokovodni nasip Mure se zaključi ca 600 m dolvodno od naselja Benica. Ob nastopu visokih vod Mure, povratni tok poplavnih vod priteče iz Murske šume na zračni strani nasipov do samega naselja ter ogroža obstoječe objekte. Povratni tok sega do naselja že pri 10-letni povratni dobi Mure. Poplavni tok pri Q100 doseže naselje tudi iz zahodne strani. Gre za poplavne vode, ki se prelivajo preko nasipov že gorvodno od železniške proge. Slednje, zaradi zgrajenih nasipov, ne morejo odtekati

nazaj v Muro, zato tečejo po kmetijskih površinah in preko vzporednih odvodnikov dolvodno. Zaradi prelivanja nasipov gorvodno in precejjanja obstoječega nasipa Mure na območju Benice in posledično njegove morebitne nestabilnosti, je potencialna ogroženost samega naselja bistveno večja kot jo izkazuje hidravlični model.

Za zaščito naselja Benica je bil že v preteklih dokumentacijah predlagan prečni nasip med Ledavo in obstoječim nasipom Mure v Benici.



Prikaz lokacije prečnega nasipa med Ledavo in obstoječim nasipom Mure v Benici.

Pri načrtovanju nasipa Benica je potrebno upoštevati tudi dotok poplavnih vod iz zahodne strani, kjer se lastne vode Kopice in zaledne vode, ki gravitirajo na to območje niso upoštevale v modelu, prav tako v model ni bila zajeta Ledava, ki je prav tako omejena z visokovodnimi nasipi. V primeru prelivanja nasipov Ledave ter večjega pretoka poplavnih vod iz zahodne strani, tudi na račun porušitve gorvodnih murskih nasipov, bi z izvedbo prečnega nasipa preprečili odtok poplavnih vod proti Muri. Poplavne vode bi se ujele v kaseti med tremi nasipi, kar bi lahko še dodatno poslabšalo obstoječo poplavno varnost naselja. Verjetnost tega dogodka je potrebno upoštevati v projektni dokumentaciji načrtovanega nasipa.

3.2.1.2.4 Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri

Za zaščito naselja SV. Martin ob Muri sta že zgrajena dva visokovodna nasipa, od tega je bil nasip Goričanec zgrajen kot začasen nasip z neustrezno višino in gabariti nasipa. To je potrdil tudi izračun obstoječega stanja s hidravličnim modelom, iz katerega izhaja, da visoke vode Mure prelijejo del nasipa in poplavlja v zaledju.

Gorvodni odsek nasipa, do priključka na asfaltno cesto, dolžine 1230 m, sicer višinsko zagotavlja poplavno varnost naselja pred visokimi vodami Mure Q100, vendar pa zaradi precejšanja telesa nasipa, obstaja resna nevarnost porušitve. Iz tega razloga je načrtovana rekonstrukcija obeh nasipov.

Hidravlična analiza je pokazala, da je gladina Mure Q100 na dolvodnem odseku nasipa Goričan v višini krone nasipa, zato je lahko mestoma tudi prelije. V primeru nastopa Q500 ali Q1000 gladina Mure prelije tudi gorvodni obstoječi visokovodni nasip in poplavlja v naselju sv. Martin na Muri.



Prikaz lokacije nasipa Sv.Martin na Muri

3.2.1.2.5 Nasip Hlapičina

Hidravlična analiza visokih vod Mure je pokazala, da naselje Hlapičina ni ogroženo zaradi poplav. Rezultati modela kažejo, da je gladina Mure pri Q100 ca 0,25 m pod koto terena.

3.2.1.2.6 Ureditev prepusta pod nasipom Križovec

V hidravličnem modelu, ki je bil predan v uporabo s strani naročnika, niso bili vgrajeni prepusti in zapornice pod nasipi, zato se vpliv povratnega toka skozi prepuste ni računal. Na podlagi izračunane

gladine v strugi oziroma ob nasipih lahko ocenimo do kod bi segala gladina Q100 Mure, v primeru nedelovanja zapornic na prepustih pod nasipom. Poplavljenih bi bilo več stanovanjskih objektov, ki ležijo pod visoko teraso ter podjetje Quadro.

3.2.1.3 Dodatne alternativne rešitve

Na podlagi rezultatov hidravličnega modela so bili poleg že opisanih, predlagani še dodatni ukrepi za izboljšanje poplavne ogroženosti. Od predlaganih ukrepov je bil kot realno neizvedljiv prepoznani ukrep zadrževanja visokih vod v namenskih zadrževalnikih gorvodno. Volumen visokovodnega vala Mure na obravnavanem odseku je prevelik, da bi lahko, z v prostoru izvedljivim zadrževalnikom, dosegli občutnejše znižanje pretokov visokih vod. Ostali so naslednji alternativni ukrepi:

- povečanje pretočnega profila reke Mure na območju pri gramoznicah, 2,2 km nad mejnim preходом Petišovci
- izboljšanje pretočnosti inundacijskih prepustov (mejni prehod Petišovci) pri Benici, 3,3 km dolvodno od mejnega prehoda Petišovci
- povečanje pretočne sposobnosti inundacijskega profila z zmanjšanjem zaraščenosti pretočnega profila.

Poleg navedenih ukrepov in ukrepov, ki so bili obravnavni že v preteklosti, je na podlagi hidravlične analize ugotovljeno, da so potrebni še dodatni ukrepi za zmanjševanje poplavne ogroženosti na levem bregu med Gornjo Bistrico in Hotizo. Visoke vode Mure namreč mestoma prelivajo visokovodni nasip oziroma visoko ježo, ter poplavljaajo obstoječa naselja v zaledju.

Za zagotavljanje poplavne varnosti naselij od Gornje Bistrice do Hotize je potrebna izvesti rekonstrukcijo levobrežnega visokovodnega nasipa z izvedbo novega nasipa na odseku med Dolnjo Bistrico in Hotizo. Na spodnji sliki so z rdečo prikazani odseki nasipa, kjer gladina Mure pri Q100 preliwa obstoječi levobrežni nasip ali ježo.

3.2.1.4 Izbrane rešitve

Na osnovi podanega pregleda alternativnih rešitev izboljšanja poplavne varnosti se kažeta kot najustreznejša ukrepa:

- Izvedba povezovalnega nasipa med nasipom v Benici in Ledavo
- Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin

Naselje Benica je edino naselje na levem bregu znotraj obravnavnega odseka, ki ga visoke vode Mure ogrožajo že pri pretokih nižje povratne dobe (Q10). Povratni tok Mure priteče iz Murske šume in poplavlja območje na zračni strani med nasipom Ledave in obstoječim nasipom Mure. Pri načrtovanju nasipa je nujno potrebno upoštevati tudi verjetnost dotoka poplavnih in zalednih vod iz zahodne strani.

V izbor najustreznejših ukrepov sodi tudi nasip pri Sv. Martinu na Muri. Ob zadnjih visokih vodah Mure je bilo zabeleženo znatno precejanje gorvodnega dela nasipa, kar ogroža njegovo stabilnost, dolvodni

odsek pa je bil izgrajen v okviru interventnih del in ne ustreza standardom tako po višini kot tudi po gabaritih gradnje. Za oba projekta je že izdelana projektna dokumentacija in sicer:

- Visokovodni nasip Benica, PGD, D-15/2018, januar 2018 (ASPA-ING, projektiranje d.o.o.)
- Rekonstrukcija nasipa v Svetem Martinu na Muri, idejni projekt, I-1654/16, marec 2016 (Hidroing, d.o.o.)

3.2.2 ANALIZA ALTERNATIVNIH REŠITEV

Učinkovitost izbranih ukrepov in njihov vpliv na vodni režim se je preveril z uporabo hidravličnega modela, razvitega v okviru projekta Frisco 1 (izdelovalec modela je Hidroinštitut).

Zaradi lažje preglednosti so ukrepi razdeljeni na več sklopov in sicer na:

- A- Ukrepi, ki so bili v preteklosti že obravnavani.
- B- Alternativne ukrepe, ki izhajajo iz novejših pogojev in znanj (zeleni ukrepi).
- C- Izbrani (najustreznejši) ukrepi

Glede na rezultate hidravlične analize se je ocenila gospodarska učinkovitost ukrepov, čezmejni vpliv ukrepov, ovrednotili so se stroški izvedbe, vzdrževanja itd. Analiza izbranih alternativnih rešitev temelji na rezultatih hidravličnega modeliranja. Poplavnost območja, kot je opisana in upoštevana v vseh elementih elaborata je predstavljena na osnovi rezultatov hidravličnega modela, razvitega v okviru projekta FRISCO1 (izdelovalec Inštitut za hidravlične raziskave).

Z modelom so hidravlično preverjeni le tisti ukrepi, za katere iz hidravlične analize obstoječega stanja izhaja, da so potrebni oziroma je njihova preverba upravičena. Vrednotenje hidravličnih učinkov posameznih ukrepov ali kumulativnega vpliva ukrepov se je izdelalo za 3 izbrane karakteristične pretoke (Q50, Q100 in Q1000).

UKREP	Q50	Q100	Q1000
A ŽE V PRETEKLOSTI PREDLAGANI UKREPI			
Rekonstrukcija nasipa na odseku Gaberje cesta Mursko Središče – Lendava			
Izvedba nasipa med Ledavo in VVN na Muri pri Benici			
Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri			
Kumulativni vpliv ukrepov A	X	X	X
B ALTERNATIVNI UKREPI			
Povečanje pretočnega profila na naslednjih območjih:	X	X	X
- območje gramoznice okvirno 2,2 km nad mejnim prehodom Petišovci,			
- območje mejnega prehoda Petišovci (inundacijski prepusti),			
- območje Benica cca. 3,3 km dolvodno od mejnega prehoda Petišovci.			
Zmanjšanje zaraščenosti pretočnega profila	X	X	X
Kumulativni vpliv ukrepov B	X	X	X
C ANALIZA IZBRANIH (NAJUSTREZNEJŠIH) UKREPOV - KUMULATIVNI VPLIV			
Izvedba nasipa med Ledavo in VVN na Muri pri Benici			
Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri			
Kumulativni vpliv ukrepov C	X	X	X



Lokacije ukrepov skupine A, B in C. Ukrepi skupine C se prekrivajo z ukrepi iz skupine A.

3.2.2.1 Hidravlična analiza načrtovanih ukrepov

Rezultati hidravličnih simulacij so predstavljeni za posamezen sklop ukrepov, to je za ukrepe iz skupine A, B in C. Analiza učinkov predvidenih ukrepov iz skupine A, B in C je izdelana primarno za pretok Q100 in Q1000.

3.2.2.1.1 A - že v preteklosti predlagani ukrepi

Na podlagi izkušenj ob poplavnih dogodkih Mure leta 2005 in 2014, so bili v preteklosti že predlagani trije ukrepi za varovanje obstoječih naselij pred visokimi vodami Mure, in sicer:

- Rekonstrukcija nasipa na odseku Gaberje - regionalna cesta (Mursko Središče – Lendava)
- Izvedba nasipa med Ledavo in VVN na Muri pri Benici
- Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri

Vsi tri ukrepe smo vključili v obstoječi hidravlični model Mure, pri čemer je upoštevana kota krone nasipa 1 m nad gladino Q100. Z modelom je bil analiziran **kumulativni vpliv ukrepov A** na vodni oziroma poplavi režim Mure.

Obstoječi nasip Sv. Martin na Muri je problematičen zaradi precejšanja in posledično ogrožene stabilnosti nasipa, prav tako je vzhodna veja nasipa prenizka, zato ga visoke vode ranga Q100 prelijejo. Po izvedbi rekonstrukcije bo nasip v celoti vodotesen, prav tako bo tudi niveleta krone nasipa na celotnem odseku načrtovana z varnostno višino nad gladino Q100. Rezultati hidravličnega modela kažejo, da bo naselje Sv. Martin v celoti poplavno varno pred visokimi vodami Q100 Mure. Znotraj varnostne višine pa bodo tudi gladine pri pretoku Q1000.

Na levem bregu Mura preliwa visokovodne nasipe na več odsekih, prav tako preliwa visoko teraso, kjer nasipov ni zgrajenih. Zaradi prelivanja visokovodnega nasipa pri naselju Gaberje je ogroženih več objektov v samem naselju, prav tako pa poplavna voda, ki se prelije čez nasipe odteka po zalednih

tokovih skozi inundacijske prepuste v smeri naselja Petišovci in naprej proti Benici. Zaradi precejšanja in prelivanja nasipa je ogrožena njegova stabilnost in ob morebitni porušitvi nasipa, bi bila poplavna škoda bistveno večja kot jo izkazuje rezultat simulacije poplav v obstoječem stanju. Iz tega razloga je bila predvidena rekonstrukcija visokovodnega nasipa na odseku med naseljem Gaberje in cesto Mursko Središče – Lendava.

Rezultati hidravličnega modela kažejo, da bi z rekonstrukcijo nasipa pri naselju Gaberje bistveno izboljšali poplavno varnost in ogroženost območja na odseku dolvodno od ceste Mursko Središče – Lendava, medtem ko bi bilo samo naselje Gaberje še vedno delno poplavno ogroženo zaradi poplavnih tokov Mure, ki pritečejo po zaledju iz gorvodne strani in so posledica prelivanja nasipov ter visokovodne terase gorvodno od Hotize. Zaledni poplavni tok bo delno dosegel tudi zračno stran rekonstruiranega nasipa.

S sanacijo obstoječih nasipov bo preprečeno prelivanje nasipov na odseku Gaberje – regionalna cesta (Lendava – Mursko Središče), posledično bo poplavni tok omejen na koridor med visokovodnimi nasipi. Višji pretok med visokovodnimi nasipi bi povzročil dvig gladine v primerjavi z obstoječim stanjem tudi dolvodno od načrtovanih posegov. Pri Q100 bi dvig gladine v rangi ca 10 cm segal vse do konca Petišovcev, pri Benici bi bil vpliv v rangi 5-6 cm.

Pri analizi vpliva prečnega nasipa pri Benici na vodni oziroma poplavni režim Mure je potrebno upoštevati, da je bil analiziran kumulativni vpliv vseh ukrepov-A. Prečni visokovodni nasip med Ledavo in Muro, bo preprečil povratni poplavni tok Mure proti naselju Benica. Rezultati modela kažejo, da bi se gladina Mure ob samem nasipu zvišala za max. 13 cm, 1 km dolvodno pa bi bil vpliv že manjši od 5 cm. Velikostni razred zvišanja gladine na območju Benice je posledica kumulativnega vpliva vseh analiziranih ukrepov-A.

Simulacija z matematičnim modelom je pokazala večji vpliv na obstoječe gladine tudi dolvodno od Benice, in sicer pri poplavljanju Mure v zaledje preko Ledave (lokalno zvišanje gladin > 40 cm). Vodotok Ledava ni vključen v hidravlični model, saj se nahaja izven ciljnega območja Frisco, zato rezultati na tem območju niso znotraj meje veljavnosti. Kljub temu, pa rezultati modela opozarjajo na spremembo v poplavnem režimu Mure tudi na tem odseku. Za dejansko oceno dolvodnega in čezmejnega kumulativnega vpliva ukrepov-A na poplavni režim Mure bo potrebno v nadaljnjih fazah načrtovanja model nadgraditi in razširiti, da bo vključeval Ledavo in ostale pritoke, na katere bi ukrepi lahko imeli vpliv.

Na desnem bregu Mure poplavno območje omejujejo obstoječi visokovodni nasipi ali naravna visoka terasa, zato se doseg gladin oziroma obseg poplavnega območja Q100 z načrtovanimi ureditvami na desnem bregu bistveno ne spremeni. Poplavljen površina pri pretoku Q100 na celotnem modelnem območju v obstoječem stanju znaša 105 km². Po izvedbi ukrepov A se površina, predvsem na račun rekonstrukcije nasipa Gaberje na levem bregu Mure, zmanjša na 95 km². Na desnem bregu znotraj meje

območja Frisco je površina poplave Q100 Mure v obstoječem stanju 12,7 km², po izvedbi ukrepov A, se bo površina zmanjšala za 3,9 ha, kolikor znaša izločitev poplavnega območja na območju nasipa Sv. Martin. To dokazuje, da se na desnem bregu na območju Frisco, po izvedbi ukrepov A, obseg poplav Q100 bistveno ne bo povečal.

Primerjava rezultatov za pretok Mure Q1000 je pokazala obsežno znižanje gladine na zračni strani nasipov na levem bregu Mure. Načrtovani ukrepi bi zagotavljali poplavno varnost tudi pred visokimi vodami Q1000, kljub temu pa območje od Gaberja do Benice ostaja poplavljenost pri Q1000 zaradi prelivanja nasipov gor in dolvodno od načrtovane rekonstrukcije nasipa Gaberje. Na desnem bregu bi rekonstrukcija nasipa Sv. Martin varovala naselje tudi pred visokimi vodami Q1000 Mure, prav tako tudi ostali obstoječi desnobrežni nasipi vzdolž analiziranega odseka Mure. Zaradi večje koncentracije toka znotraj visokovodnih nasipov, bi se gladina pri Q1000 najbolj dvignila na odseku rekonstrukcije nasipa Gaberje, in sicer za 30-40 cm. Zaradi visoke terase na desnem bregu, zvišanje gladine ne povečuje obstoječe poplavne ogroženosti, niti obsega dosega poplave Q1000. Vpliv Q1000 na odseku nasipa Sv. Martin na Muri je manjši od 10 cm in se izniči ca 3,5 km gorvodno po strugi. Tudi dolvodno od Murskega Središča se vpliv na gladine zmanjšuje ter pri Benici znaša ca 10 cm. Rezultati modelnih izračunov kažejo, da bi se negativni vpliv izničil neposredno dolvodno od naselja Podturen.

Poplavljenost površina pri pretoku Q1000 na celotnem modelnem območju v obstoječem stanju znaša 195 km². Po izvedbi ukrepov A se površina bistveno ne spremeni, saj ostaja večji del območja še vedno poplavljen zaradi prelivanja obstoječih nasipov na odsekih, ki niso predmet rekonstrukcije. Po izvedbi ukrepov A bi površina poplavljenega območja znašala 190 km². Na desnem bregu znotraj meje območja Frisco je površina poplave Q1000 Mure v obstoječem stanju 13,07 km², po izvedbi ukrepov A, se bo površina zmanjšala na 12,8 km². Površina poplavljenega območja pri pretoku Q100 in Q1000 bo po izvedbi ukrepov na desnem bregu skoraj enaka. To je pričakovano, saj območje poplav Q100 in Q1000 na desnem bregu omejuje visoka terasa in obstoječi nasipi.

3.2.2.1.2 B – Alternativni ukrepi

Za analizo alternativnih ukrepov je bila izdelana ločeno računska simulacija vpliva izvedbe ukrepov za povečanje pretočnega profila na treh lokacijah ter analiza vpliva zmanjšanja zaraščenosti inundacijskega prereza. Prav tako je bila izdelana analiza kumulativnega vpliva alternativnih ukrepov.

Hidravlična analiza povečanja pretočnega profila

Obstoječi inundacijski prostor med visokovodnimi nasipi Mure se mestoma zoži iz na vsega 100-300 m. Po preučitvi prostorskih danosti sta bili prepoznani dve lokaciji, kjer bi se nasip lahko premaknil v zaledje, s čimer bi lahko izboljšali odtočne razmere znotraj inundacijskih nasipov, posledično bi se lahko izboljšala tudi poplavna nevarnost oziroma ogroženost na širšem območju. Boljše pretočne karakteristike bi lahko dosegli tudi z ponovno vzpostavitvijo neoviranega pretoka skozi inundacijske prepuste na območju mejnega prehoda Petišovci. V hidravličnem modelu je izboljšanje pretočnih razmer na lokaciji inundacijskih prepustov upoštevano z uporabo ugodnejšega koeficienta hrapavosti, in sicer smo

koeficient zmanjšali iz obstoječega $ng=0,25$ na $ng=0,1$. S hidravličnim modelom je preverjen kumulativni vpliv ureditev na vseh treh lokacijah, medtem ko drugi ukrepi v modelu niso upoštevani.

Rezultati hidravličnega modela za pretok Q100 kažejo, da bi povečanje pretočnega prereza pri gramoznicah imelo pozitiven gorvodni učinek na gladinsko stanje Mure vse do Hotize. Gladina bi se najbolj znižala na odseku, kjer je v obstoječem stanju inundacija najožja, saj zožitev pretočnega profila med visokovodnimi nasipi povzroča zajezbo v odtoku poplavnih vod. S prestavitvijo levobrežnih visokovodnih nasipov na zračno stran obstoječih gramoznic, bi se povečal pretočni prerez med visokovodnimi nasipi, posledično bi se gladine znižale za max. 0,5 m. Kljub znižanju gladine bi visoke vode Q100 Mure mestoma prelile nasip na odseku Gaberje, vendar bi bilo prilivanje bistveno manjše kot v obstoječem stanju, zato ima ukrep pozitiven učinek na zmanjšanje poplavne nevarnosti in ogroženosti na zračni strani nasipa v naseljih Gaberje in Petišovci (porušitev nasipov ni bila računana). Na desnem bregu pri naselju Sv. Martin na Muri bi se gladina znižala za max. 3 cm, kar bi zadostovalo, da vzhodna veja nasipa ne bi bila prelita. Vendar pa z navedenimi ukrepi ne bi preprečili obstoječega precejšanja nasipov in nevarnosti porušitve.

Posledica povečanja pretočnega prereza pri gramoznicah je povečanje pretoka dolvodno, in sicer se skupni pretok med visokovodnimi nasipi (1D+2D) dolvodno poveča za ca 50 m³/s, kar se kaže v lokalnem zvišanju gladine.

Tudi ugodnejši koeficient hrapavosti na območju mejnega prehoda Petišovci vpliva na večjo pretočnost inundacijskega prepusta, in sicer iz obstoječih 85 m³/s na 170 m³/s, posledično se na odseku dolvodno od mejnega prehoda Petišovci gladina med visokovodnimi nasipi zviša za max. 10 cm v primerjavi z obstoječim stanjem.

V matematičnem modelu je upoštevana tudi razširitev poplavnega območja med Petišovci in Benico, kjer se obstoječi levobrežni nasip približa strugi na vsega 130 m. Upoštevana je razširitev poplavnega območja oziroma premik levobrežnega nasipa na razdaljo 350 m od struge. Rezultati simulacije kažejo, da bi se gladina gorvodno znižala za max. 30 cm, vpliv pa bi segal ca 2,8 km gorvodno.

Zaradi povečanega pretoka znotraj visokovodnih nasipov, bi predvideni ukrepi povzročili zvišanje gladine dolvodno, in sicer bi se gladina Q100 pri naselju Benica zvišala za 5 cm. Ukrepi bi imeli tudi čezmejni vpliv, in sicer bi gladina Q100 zvišala v rangi do 5 cm.

Hidravlična analiza zmanjšanja zaraščenosti pretočnega profila

Inundacijski profil Mure je med visokovodnimi nasipi mestoma močno zaraščen. Gosta zarast povečuje hrapavost poplavnega območja kar pripomore na eni strani k večjemu zadrževanju oziroma upočasnitvi odtoka poplavnih vod, po drugi strani pa hkrati zvišuje gladino na poplavnem območju. Visokovodni nasipi, ki varujejo pretežni del poselitve na levem bregu in mestoma tudi na desnem bregu, so bili načrtovani na stanje zarasti v času načrtovanja oziroma izvedbe nasipov. V primeru bistvenega

povečanja zaraščenosti inundacijskega profila, je lahko ogrožena njihova primarna funkcija in ob prelivanju tudi stabilnost.

V računskem scenariju zmanjšanja zaraščenosti pretočnega profila med visokovodnimi nasipi je zmanjšanje zarasti upoštevano z uporabo ugodnejšega koeficienta hrapavosti na celotnem računskem odseku Mure (50 km). V analizi je upoštevan 150 m širok koridor zmanjšanja koeficienta hrapavosti na levem bregu, in sicer iz $n_g=0,15-0,25$ na enotno vrednost $n_g=0,08$.

Rezultati modela kažejo, da bi se z zmanjšanjem zaraščenosti inundacijskega profila bistveno izboljšala poplavna nevarnost in ogroženost skoraj na celotnem modelnem območju Mure. Visokovodni nasipi bi bili mestoma še vedno prelit, vendar pa bi bil obseg poplav v zaledju bistveno manjši od obstoječih. Gladina znotraj visokovodnih nasipov bi se na ciljnem območju Frisco znižala za max. 10 cm. Na desnem bregu bi se ob obstoječem nasipu Sv. Martin ob Muri gladina znižala za max. 6 cm, na območju naselja Benica pa bi se gladina znižala za 2 cm. Ugodnejše hidravlične razmere za odtok poplavnih vod bi posledično vplivale na zvišanje pretoka v območju med visokovodnimi nasipi. Čezmejni vpliv dviga gladine bi bil v rangi do 7 cm.

Kumulativni vpliv alternativnih ukrepov (ukrepi iz sklopa B)

Hidravlično je bil preverjen tudi kumulativni vpliv predlaganih alternativnih ukrepov. V modelu so upoštevani tako ukrepi za povečanje pretočnosti inundacijskega profila z povečanjem inundacijskega prostora med visokovodnimi nasipi kot tudi ukrep za zmanjšanje zaraščenosti inundacijskega profila.

Rezultati analize primerjave gladin med stanjem z upoštevanimi ukrepi in obstoječim stanjem kažejo, da bi se gladina na večjem delu ciljnega območja Frisco znižala. Največje znižanje gladine znotraj visokovodnih nasipov je neposredno nad gramoznicami pri naselju Gaberje, kjer bi se gladina pri Q100 znižala za do 50 cm. Gladina se zviša lokalno na levem bregu na območju razširitve inundacije (pri gramoznicah in nad Benico), ter dolvodno od Benice. Zvišanje gladine dolvodno je posledica bolj koncentriranega pretoka med visokovodnimi nasipi, ki se na območju naselja Benica poveča iz 1545 na 1615 m³/s. Gladina se zviša lokalno za max. do 7 cm, na večjem delu za manj kot 4 cm. Zaradi upoštevanega ugodnejšega koeficienta hrapavosti na celotnem modelnem odseku, je kumulativni

Z upoštevanjem ukrepov B poplavno območje se na desnem bregu v primerjavi z obstoječim stanjem bistveno ne spremeni. Z upoštevanjem kumulativnega učinka ukrepov B bi se skupna površina poplav na modelnem območju zmanjšala za ca 16 km². Na desnem bregu, znotraj meje območja Frisco, bi se površina poplave Q100 Mure zmanjšala iz 12,7 km² na 12,6 km². Zaradi geometrije terena ukrepi na desnem bregu pričakovano nimajo večjega vpliva.

Tudi pri Q1000 kaže razlika gladin na zračni strani levobrežnih nasipov bistveno znižanje gladin in izboljšanje poplavne varnosti in ogroženosti. Kljub temu, da se gladina na zračni strani nasipov zniža vzdolž celotnega analiziranega odseka, lokalno tudi za več kot 40 cm, pa območje na levem bregu ostaja

poplavljen skoraj v enakem obsegu kot v obstoječem stanju pri Q1000. Zaradi manjšega prelivanja nasipov se gladina zviša znotraj visokovodnih nasipov, in sicer na odseku dolvodno od Gaberje. Najbolj bi se gladina zvišala (tudi do 2 m) na odsekih povečanja pretočnega prereza (Gaberje in na odseku med Petišovci in Benico), saj se ta območja danes nahajajo izven nasipov. Drugje je ta vpliv manjši, in sicer v rangi do 25 cm. Vpliv višjih gladin bi se zaključil dolvodno od naselja Podturen.

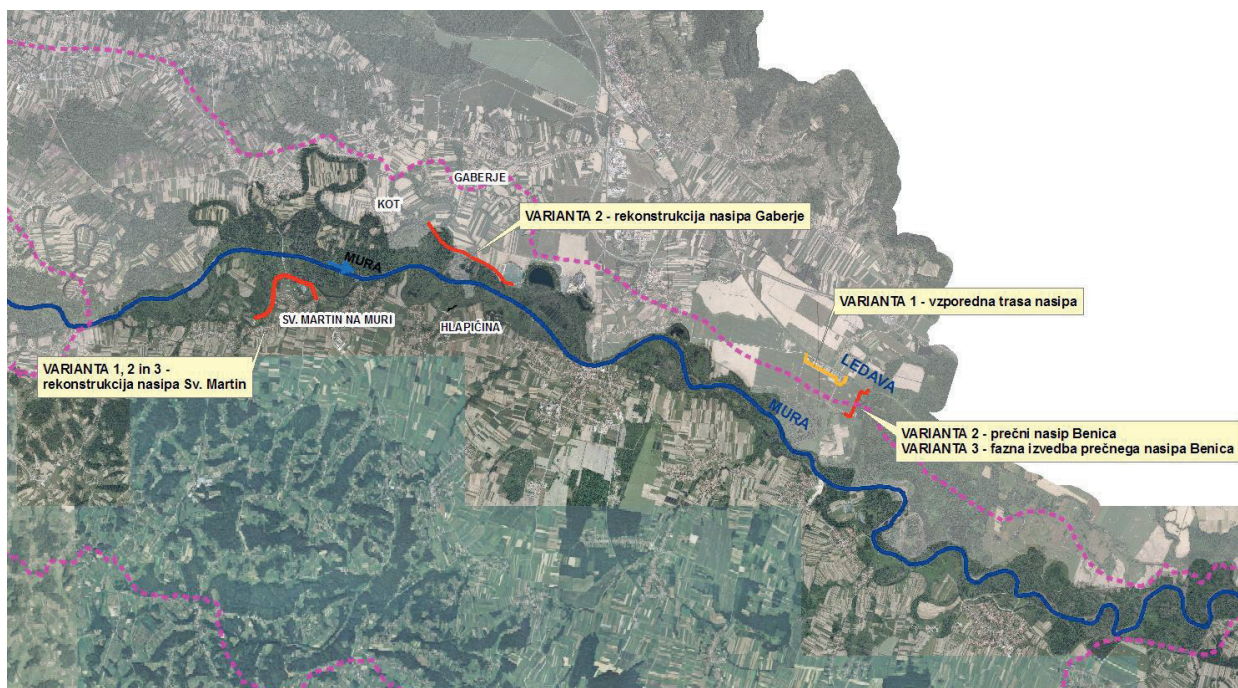
3.2.2.1.3 C – Analiza izbranih ukrepov

Vpliv izvedbe rekonstrukcije visokovodnega nasipa Sv. Martin na Muri in izvedba novega nasipa pri Benici je bil preverjen tudi s hidravličnim modelom. Ostali ukrepi v modelu niso upoštevani.

Na podlagi modelne analize obstoječega stanja poplavne nevarnosti in ogroženosti pri pretoku Q100 je ugotovljeno, da je območje Benice poplavno ogroženo zaradi povratnega poplavnega toka Mure, prav tako pa na območje dotekajo poplavne vode, ki se prelivajo čez nasipe gorvodno pri naselju Gaberje. Slednje tečejo skozi inundacijske prepuste pod cesto in železnico najprej v smeri naselja Petišovci od tu naprej pa odteka po kmetijskih zemljiščih in jarkih dolvodno proti Benici in naprej do Murske šume. Ob prelivanju nasipov bi najverjetneje prišlo tudi do delne ali popolne porušitve nasipov na prelitem odseku, posledično bi v zaledje tekla bistveno večja količina pretoka kot to izkazuje model zgolj z upoštevanjem prelivanja nasipov. Dotok poplavnih vod iz gorvodnega odseka do Benice bi lahko narasel tudi na več 100 m³/s. V tem primeru bi prečni nasip pri Benici povzročil zajezbo v odtoku poplavnih vod ter hkrati poslabšal obstoječo poplavno ogroženost območja.

Na podlagi ugotovitev, ki izhajajo iz rezultatov hidravličnega modela, je predlagana modifikacija ukrepa za zaščito naselja Benica, in sicer so predlagane 3 variante:

- VARIANTA 1: Sprememba trase nasipa. Naselje Benica se lahko varuje pred poplavami Q100 tudi z vzdolžnim nasipom ob samem naselju. Nasip bi se na gorvodnem in dolvodnem koncu priključil na obstoječi visokovodni nasip Ledave.
- VARIANTA 2: V nabor ukrepov se vključi tudi rekonstrukcija visokovodnega nasipa pri naselju Gaberje na visoke vode Q100. Z rekonstrukcijo nasipa bi bilo preprečeno prelivanje in potencialna porušitev nasipa pri Gaberju ter posledično tudi dotok poplavnih vod po zalednih tokovih do Benice.
- VARIANTA 3: Predlagan nasip Benica se izvede fazno, in sicer se v prvi fazi izvede na višino 156 m n.m., kar je v rangi računske gladine Mure med Q25 in Q50. Po rekonstrukciji visokovodnih nasipov pri naselju Gaberje se nasip Benica lahko dvigne na projektno koto Q100 + varnostna višina.



Prikaz lokacij predlaganih izvedbenih ukrepov

Na osnovi že izvedenih aktivnosti na projektu Frisco1 in Frisco2 ter vzporednih aktivnosti pri projektne načrtovanju protipoplavnih ukrepov, je bila predlagana varianta 3 izvedbe protipoplavnih ukrepov v Benici.

Po varianti 3 je predlagana fazna izvedba višine visokovodnega nasipa. Faznost je pogojena z rekonstrukcijo gorvodnega nasipa pri naselju Gaberje, katerega visoke vode Mure $>Q_{50}$ prelijejo. Ob prelitju oziroma morebitni porušitvi visokovodnega nasipa pri naselju Gaberje bi poplavni tokovi dotekali tudi na območje Benice, kjer bi se poplavna voda ujela v kaseti med tremi nasipi (Ledava, Mura in Benica). V izogib povečevanja poplavne ogroženosti pri naselju Benica je po varianti 3 predlagana fazna izgradnja nasipa. Višina nasipa prve faze je določena na podlagi višine najnižjih stanovanjskih objektov v naselju Benica, ki se nahajajo na višini ca 156,05 m n.m.. Geodetska višini pritličja objektov se v okviru projekta ni posnela, zato je višinska kota najnižjih objektov privzeta iz Lidar podatkov. Zaradi nezanesljivosti Lidar posnetka, predlagamo, da se v fazi načrtovanja izvede posnetek pritličja objektov in se na osnovi tega definira dejanska višina fazne gradnje nasipa.

Kota višine prve faze nasipa je ca 0,1 m pod računsko koto gladine Q_{100} povratnega toka Mure pri Benici, pri tem pa je potrebno upoštevati tudi računsko natančnost modela ± 20 cm. 2. faza gradnje nasipa, to je do projektne kote Q_{100} + varnostna višina se lahko izvede po rekonstrukciji gorvodnega visokovodnega nasipa Gaberje.

Rezultati hidravlične analize variante 3 kažejo, da vpliv načrtovanih ukrepov v Sv. Martinu ob Muri in v Benici nimajo kumulativnega vpliva.

Primerjava gladin načrtovanega in obstoječega stanja kaže, da je vpliv načrtovane rekonstrukcije nasipa Sv. Martin lokalne narave, in sicer se gladina dvigne za max. 6 cm neposredno ob nasipu, kjer se trasa nasipa premakne bližje strugi. Vpliv se radialno zmanjšuje in je 200 m od nasipa že manjši od 2 cm. Vpliv se izklini ca 1,8 km gorvodno, medtem ko dolvodno od mostu čez Muro bistvenega vpliva na gladine ni.

V hidravličnem modelu je bil upoštevan tudi vpliv gradnje visokovodnega nasipa Benica na poplavni režim. V modelu je upoštevana fazna višina nasipa 156 m n.m.. Modelni izračun je prav tako upošteval prelivanje nasipov na območju Gaberja, medtem ko porušitev nasipov ni bila računana, zato rezultat ne prikazuje robnega scenarija vplivov.

Hidravlična analiza pretoka Q100 Mure je pokazala, da bi povratni tok Mure prelil predviden visokovodni nasip Benice in poplavlja v podobnem obsegu kot poplavlja danes. Za tem ko bi gladine na vodni strani Mure upadle, bi prelita voda odtekla skozi prepuste pod nasipom proti Muri.

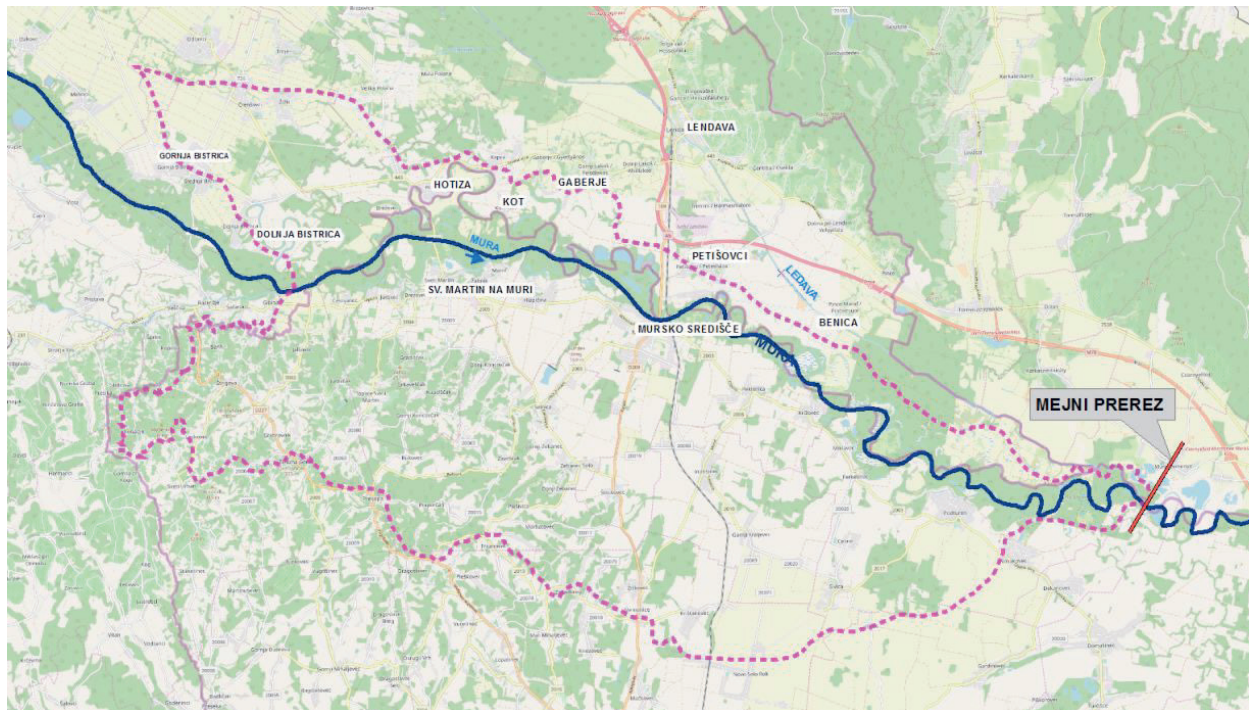
Rezultati primerjave gladin Q100 kažejo, da je vpliv na obstoječi poplavni režim minimalen. Gladine se za izbran računski scenarij dvignejo na zračni strani nasipa za max. 1 cm.

Hidravlična analiza vpliva na gladine visokih vod pri Q100 Mure je pokazala, da izvedba načrtovanega ukrepa v Benici nima bistvenega vpliva na gladine. Primerjava gladin sicer kaže znižanje gladine na levem bregu Ledave, vendar je model na tem odseku nezanesljiv. Ledava namreč ni bila vključena v računsko simulacijo, zato se to območje nahaja izven veljavnosti modela in izven ciljnega območja Frisco.

Obstoječi koncept zagotavljanja poplavne varnosti vzdolž obravnavnega odseka Mure temelji na varovanju naselij z visokovodnimi nasipi na nivo gladine Q100 z 1 m varnostne višine. Ponekod obstoječi nasipi ne izpolnjujejo tega kriterija, mestoma so tudi preleti ob nastopu Q100. Za te odseke je kratkoročno predvidena rekonstrukcija nasipov na ustrezno projektno višino. Ob izpolnitvi končnega cilja protipoplavne ureditve, to je zagotovitev poplavne varnosti obstoječih naselij na zračni strani nasipov, bodo visoke vode Mure koncentrirane v koridor med visokovodnimi nasipi. Iz tega razloga bi bilo potrebno v projektih protipoplavne zaščite upoštevati gladinsko stanje Q100, ki se bo vzpostavilo ob končni ureditvi protipoplavne zaščite na širšem območju obravnave. Za določitev projektnih gladin Q100 ob nasipu Sv. Martin na Muri in gladin ob končni ureditvi nasipa Benice, je bila izdelana dodatna simulacija preverbe gladin za scenarij nadvišanja vseh nasipov nad gladino Q100. Rezultati kažejo, da je računska gladina Q100 vzdolž nasipa Sv. Martin na Muri na koti 165,6 na vzhodnem delu in 167 m n.m. na zahodnem delu nasipa. Gladina Q100 za načrtovanje končnega nasipa v Benici pa se giblje med 156.15 in 156.4 m n.m. Pri načrtovanju obeh nasipov je potrebno upoštevati 1 m varnostnega nadvišanja nad gladino Q100.

3.2.2.2 Analiza čezmejnega vpliva

Za vse analizirane scenarije kumulativnega vpliva je bil preverjen tudi čezmejni vpliv načrtovanih ukrepov. Za analizo je izbran prerez na koncu modelnega odseka oziroma na dolvodnem robu območja Frisco.



Prikaz lokacije izbranega prereza na koncu modelnega odseka oziroma na dolvodnem robu območja

Primerjava hidrogramov za Q1000 kaže spremembo oblike hidrograma pri ukrepih A in B, kar je posledica bolj koncentriranega toka med viskovodnimi nasipi. V obstoječem stanju se večji delež pretoka preliva čez visokovodne nasipe v primerjavi z izračuni scenarija ukrepov A in B. Pretok, ki teče po zračni strani nasipa počasneje in po daljši poti priteče do robnega prereza, zato val (pretok) v obstoječem stanju sprva počasneje narašča kot pri scenariju ukrepov A in B, pri katerih je več pretoka koncentriranega med viskovodnimi nasipi. Kljub temu, da rezultati kažejo, da bi bila konica vala v obstoječem stanju nekoliko višja kot pri ukrepih A in B, je treba rezultate jemati z zadržkom. Poplava Q1000, ki teče po zračni strani nasipov, se nahaja v veliki meri izven veljavnosti hidravličnega modela, kar pomeni, da poplavni tok ni modeliran z enako natančnostjo kot znotraj viskovodnih nasipov. Za podrobnejšo analizo viskovodnih valov v mejnem prerezu je potrebno obstoječi model nadgraditi do te mere, da bodo rezultati tudi na zračni strani nasipov zanesljivi. Glede na to, da z ukrepi C ne vplivamo bistveno na režim toka, se krivulja pričakovano ujema s krivuljo obstoječega stanja.

3.3 IZBIRA NAJUSTREZNEJŠE REŠITVE

3.3.1 OPREDELITEV NABORA UKREPOV

Vse od analiziranih variant ukrepov imajo svoje prednosti in slabosti. V luči najnovejših smernic urejanja voda in obvladovanja poplavne ogroženosti je iskanje rešitev v zeleni infrastrukturi zagotovo ena od primarnih poti obvladovanja poplavne ogroženosti. Skozi hidravlično analizo so se alternativni ukrepi izkazali kot najbolj učinkoviti za zmanjšanje poplavne nevarnosti in ogroženosti na celotnem ciljnem območju Frisco. Po učinkih še posebej izstopa ukrep zmanjšanja zaraščenosti inundacijskega prostora z vzdrževanjem koridorja s »hidravlično ugodno« zarastjo. V bistvu slednji predstavlja ukrep za vsaj delno vzpostavitev prvotnega stanja zarasti, kot je bila v času izgradnje nasipov. Z intenzivnostjo zaraščanja inundacijskega prostora se sicer povečuje retencijski učinek, vendar pa se posledično zvišujejo gladine, na katere pa obstoječi visokovodni nasipi niso bili prvotno načrtovani. Brez bistvenih ukrepov za zmanjšanje zarasti se bodo gladine tudi v prihodnje dodatno zviševale in če zraven prištejemo še vpliv podnebnih sprememb, bo dolgoročno gledano potrebno stalno nadviševanje že danes razmeroma visokih nasipov. Skozi leta se je obvodni prostor ob strugi na celotnem analiziranem odseku gosto zarasel z lesno in grmovno zarastjo. Strošek zmanjšanja zaraščenosti v takšnem obsegu bi bil temu primerno izredno visok, prav tako bi bili tudi stroški rednega letnega vzdrževanja nezanemarljivi. Kljub visokim stroškom, pa je z vidika zagotavljanja trajnosti že obstoječih ukrepov, potrebno začeti razmišljati tudi o tovrstnih dolgoročnih ukrepih zmanjševanja poplavne ogroženosti.

Z izvajanjem ukrepov zelene infrastrukture se izboljšuje obstoječa poplavna nevarnost in ogroženost, vendar pa z njimi ne zagotavljamo poplavne varnosti v celoti, prav tako se ne izognemo vzdrževanju že obstoječe infrastrukture. Rezultati analize kažejo, da bi bilo naselje Benica, tudi ob optimističnem scenariju zmanjšanja zarasti, še vedno poplavno ogroženo. Prav tako bi ostal nerešen problem precejanja obstoječih nasipov (Sv. Martin na Muri, Benica).

Iz primerjave hidravlično analiziranih variant ukrepov sta kot kratkoročna ukrepa prepoznana dva ukrepa in sicer izvedba rekonstrukcije nasipa Sv. Martin ob Muri in izvedba prve faze novega nasipa v Benici. Oba ukrepa nimata dolvodnih in čezmejnih vplivov in sta namenjena lokalnemu izboljšanju poplavne nevarnosti in ogroženosti. Za zagotovitev ustrezne poplavne varnosti na pretok Q100 za naselje Benica je potrebno čim prej pristopiti k rekonstrukciji obstoječega nasipa pri naselju Gaberje. Po končani rekonstrukciji nasipa pri Gaberju se bo lahko izvedla še druga faza izgradnje visokovodnega nasipa Benica, s katero bo zagotovljena poplavna varnost na gladino Q100 z 1 m varnostnega nadvišanja.

Reševanje poplavne ogroženosti Benice ter rekonstrukcijo obstoječih nasipov v Sv. Martinu in Gaberju v celoti rešujejo ukrepi, ki so bili analizirani v scenariju A te študije. Rezultati kažejo njihovo učinkovitost pri zmanjševanju poplavne ogroženosti na ciljnem območju, vendar pa imajo slednji tudi kumulativni učinek na zvišanje gladine na celotnem odseku znotraj visokovodnih nasipov med Hotizo in Benico kot tudi čezmejni vpliv dolvodno.

3.3.2 NOVE UGOTOVITVE/SPOZNANJA – SPREMEMBE PREDLAGANIH REŠITEV

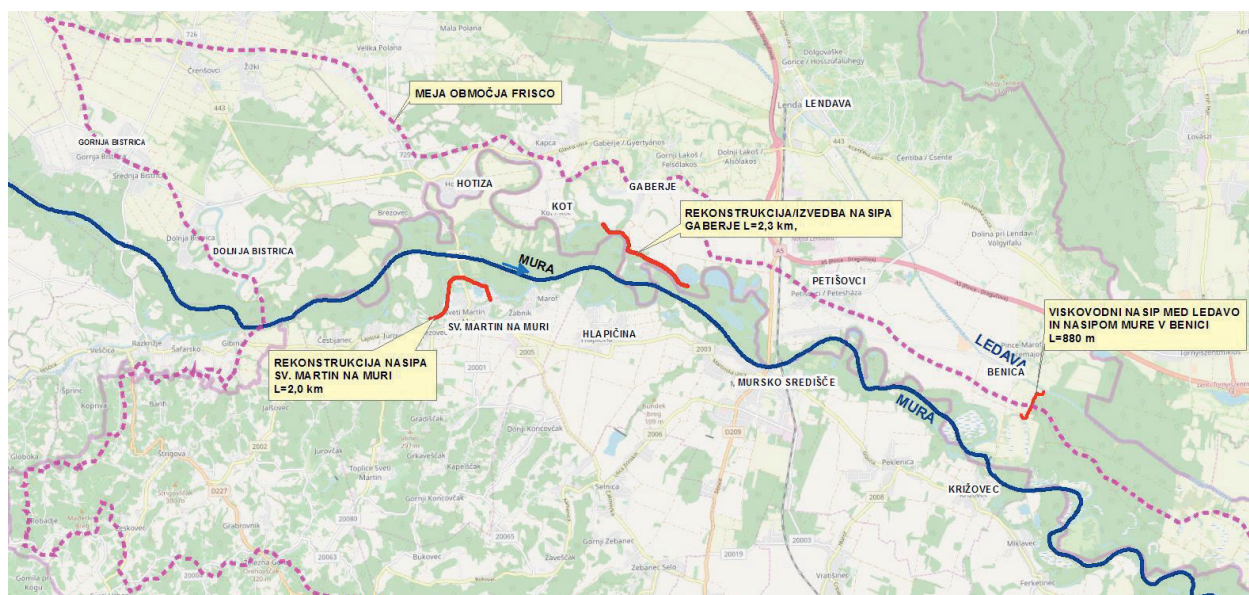
V zaključni fazi projekta študije Frisco 1 je bilo ugotovljeno, da nasip Gaberje, ki ga je potrebno rekonstruirati in hkrati predstavlja pogoj za zaključeno izvedbo nasipa Benice, poteka delno tudi na ozemlju hrvaškega katastra, kar zahteva meddržavno (bilateralno) usklajevanje.

Po več usklajevalnih sestankih predstavnikov obeh držav (Direkcija za vode RS in Hrvatske vode) je bilo dogovorjeno, da se rekonstrukcija nasipa Gaberje izvede vzporedno (sočasno) z izvedbo ukrepov iz projekta Frisco skozi program investicijskih del Republike Slovenije. S ciljem sledenja terminskemu planu projekta Frisco, je bil podan predlog, da bi se na odseku Gaberje, ki poteka po slovenskem katastru izvedla rekonstrukcija obstoječega nasipa, na odseku, kjer obstoječi nasip poteka po hrvaškem katastru, pa bi se izvedla vzporedna trasa novega nasipa, ki bi v celoti potekala po slovenskem ozemlju in bi se priključila na obstoječi rekonstruiran nasip.

Na podlagi zgornjih ugotovitev so kot kratkoročni ukrepi na Muri predlagani naslednji ukrepi:

- Izvedba nasipa Sv. Martin na Muri,
- Izvedba nasipa Benica ter
- Rekonstrukcija/izvedba nasipa Gaberje.

Od predlaganih kratkoročnih ukrepov se skozi program Interreg Slovenija – Hrvaška (Frisco 1 in Frisco 2) izvedeta ukrepa nasip Sv. Martin na Muri in nasip Benica, medtem ko se nasip Gaberje izvede skozi program financiranja vodnega sklada Republike Slovenije.



Z vidika analize vpliva na obstoječo poplavno varnost predlagani ukrepi ustrezajo analizi vplivov po scenariju A. Rezultati kažejo veliko učinkovitost na zmanjševanje poplavne ogroženosti na levem bregu, saj bo po izvedbi ukrepov preprečeno prelivanje vzdolž obstoječega nasipa Gaberje, posledično se bo zmanjšala poplavna ogroženost naseljem na zračni strani nasipov od Gaberja do Benice.

Predlagan nabor ukrepov se od ukrepov po scenariju A razlikuje v načinu izvedbe nasipa Gaberje. Po scenariju A je bila predvidena rekonstrukcija obstoječega nasipa v celoti, po novem predlogu pa je predvidena rekonstrukcija nasipa na dolžini 1.560 m ter izvedba novega nasipa v dolžini 730 m. Novi nasip se izvede z naslednjimi gabariti:

Širina krone: 4 m

Naklon brežin: 1:x=1:3

Na zračni strani nasipa se izvede vzdrževalna pot.

Po zaključeni rekonstrukciji obstoječega nasipa in izvedbi novega nasipa se funkcija obstoječega nasipa, ki poteka po hrvaškem katastru, opusti. Predlagano je, da se opuščeni del nasipa s časom odstrani. S tem se bo povečalo poplavno območje na levem bregu, kar bo pozitivno vplivalo na poplavni režim Mure znotraj visokovodnih nasipov, hkrati pa je ukrep povečanja obstoječega inundacijskega prostora prepoznan kot ukrep zelene infrastrukture. Zaradi nevzdrževanja opuščenega odseka nasipa bi čez čas prišlo do njegove porušitve, porušitveni val pa bi lahko povzročil poškodbe novega nasipa.

Z vidika terminskega plana izvedbe predlaganih kratkoročnih ukrepov se nasip Sv. Martin lahko izvede neodvisno od izvajanja ukrepov Gaberje in Benica, saj nima bistvenega vpliva na poplavno varnost in ogroženost na levem bregu.

Skozi analizo vplivov izgradnje nasipa Benice na poplavno ogroženost obstoječega naselja je bilo ugotovljeno, da je potrebno predhodno ali sočasno z izvedbo nasipa Benice izvesti rekonstrukcijo nasipa Gaberje v dolžini 2,3 km. V primeru, da bi se nasip Benica izvedel pred nasipom Gaberje, je potrebno na odseku načrtovane rekonstrukcije nasipa Gaberje predvideti dodatne negradbene ukrepe za zmanjšanje poplavne ogroženosti, in sicer v obliki protipoplavnih vreč ali začasnih varnostnih ograj (npr. lamelne IBS ograje ali cevna zaščita Beaver). Prav tako je z negradbenimi ukrepi potrebno predvideti scenarij za primer porušitve nasipa Gaberje (takojšnja odstranitev nasipa Benica).

Skozi analizo alternativnih rešitev je ugotovljeno, da je rekonstrukcijo nasipa Gaberje možno izvesti na dva načina:

- rekonstrukcija nasipa se izvede po obstoječi trasi nasipa. Ker del nasipa poteka po hrvaškem katastru, je potrebno nadaljnje bilateralno usklajevanje končne rešitve.
- del nasipa, ki poteka po hrvaškem katastru se odstrani in se na tem odseku izvede novi visokovodni nasip, ki bi v celoti potekal po ozemlju slovenskega katastra. Predlagana rešitev je z vidika terminskega plana izvedbe ugodnejša od predhodne, medtem ko je ekonomsko manj ugodna.

Izvedla bi se tista rešitev, ki je izvedljiva. Primarno je predlagan prvi način, to je po obstoječi trasi nasipa. Za tako realizacijo bo sicer potrebno izvedbo bilateralno uskladiti, vendar se s tako rešitvijo izognemo dolgotrajnim postopkom pridobivanja zemljišč in bo ukrep možno izvesti sočasno z gradnjo nasipa v Benici.

V obeh primerih bi se nasip Gaberje financiral skozi program investicijskih del Republike Slovenije. Odločitev o končni izbrani tehnični rešitvi izvedbe rekonstrukcije nasipa Gaberje bo morala biti sprejeta v nadaljnjih bilateralnih usklajevanjih obeh držav.

Z vidika terminskega plana izvedbe kratkoročnih ukrepov, se nasip Sv. Martin lahko izvede neodvisno od izvajanja ukrepov Gaberje in Benica, saj nima bistvenega vpliva na poplavno varnost in ogroženost na levem bregu.

3.3.3 Investicijski stroški ureditev ter finančna in ekonomska upravičenost

Ocena investicije predlaganih kratkoročnih ukrepov je 3,435,174.00 EUR.

UKREP	Ocena investicije (EUR)
PREDLOG KRATKOROČNIH UKREPOV	
Rekonstrukcija/izvedba nasipa na odseku Gaberje cesta Mursko Središče – Lendava	1,450,000.00
Izvedba nasipa med Ledavo in VVN na Muri pri Benici	1,070,700.00
Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri	914,474.00
SKUPAJ brez DDV	3,435,174.00

Finančna neto sedanja vrednost naložbe je negativna in znaša -3.100.314 EUR. Prav tako je negativna finančna stopnja donosa investicije in znaša 29,14%.

Ekonomska neto sedanja vrednost projekta je pozitivna (1.666.035 EUR), kar pomeni, da koristi projekta dosegajo stroške projekta. To potrjuje tudi ekonomska interna stopnja donosa, ki je v primeru projekta 7,95%. Prav tako je za projekt ugoden kazalnik koristi glede na stroške, ki znaša 1,43.

3.3.4 Multikriterijska analiza

Skupna bilateralno usklajena metodologija za ekonomsko oceno poplavnih škod na čezmejnih porečjih (september 2018) je namenjena oceni poplavnih škod na čezmejnih porečjih rek Kolpe, Sotle, Drave, Mure, Dragonje in Bregane, za potrebe izvajanja aktivnosti projekta FRISCO1.

Metodologija je izdelana na podlagi bilateralno usklajenega in sprejetega dokumenta Podlaga za bilateralno metodologijo ekonomske ocene poplavnih škod na čezmejnih porečjih (v nadaljevanju Podlaga za Metodologijo), ki jo je avgusta 2018 izdelala Gradbena Fakulteta Univerze v Zagrebu (Građevinska fakulteta Sveučilišta u Zagrebu).

Sprejeta Podlaga za Metodologijo predlaga, da se s ciljem celovite ocene poplavne ogroženosti, glede na predstavljen metodološki pristop za dokazovanje ekonomske upravičenosti in izvedljivosti predlaganih ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti, za analizirane predloge variant ukrepov dodatno upoštevajo tudi škodne posledice vezane na zdravje ljudi in okolja.

Pri pripravi Čezmejno usklajenih študij celovitega obvladovanja poplavne ogroženosti na čezmejnih porečjih rek Kolpe, Sotle, Drave, Mure, Dragonje in Bregane v okviru projekta se po izvedenem izračunu ekonomske upravičenosti in izvedljivost predlaganih variant ukrepov za zmanjševanje poplavne ogroženosti kot dodaten vidik izbora najprimernejše rešitve, upošteva tudi učinek vseh »sprejemljivih rešitev« za zmanjšanje vpliva poplav na zdravje ljudi in okolja. Dodatni postopek izbora najprimernejše rešitve se izvede za vse variante sprejemljivih rešitev v sledečih korakih:

- A. Ocena pozitivnih učinkov sprejemljivih rešitev na zdravje ljudi
- B. Ocena pozitivnih učinkov sprejemljivih rešitev na okolje
- C. Skupna ocena posledic poplavnih dogodkov na zdravje ljudi in okolja
- D. Izbor najprimernejše rešitve

Skupna ocena posledic poplavnih dogodkov na zdravje ljudi in okolja za območje FRISCO Mura

Za območje, ki je bilo obravnavano v okviru projekta FRISCO smo analizirali število prizadetih prebivalcev na osnovi stanja po centralnem registru prebivalcev v RS (stanje 2015). Za hrvaško stran je bila izdelana ocena učinkov, ki se izkazujejo na poplavnem območju, ki je vezano na rekonstrukcijo nasipa Sveti Martin na Muri (ukrepi A in C). Občina Sveti Martin na Muri ima po popisu prebivalstva iz leta 2011 po podatkih Hrvaškega statističnega urada (Statistička izvješća 1583/2016) 803 prebivalce in 3,24 prebivalcev na gospodinjstvo. Ocenjujemo, da je število naseljenih, poplavam s 100-letno povratno dobo izpostavljenih stavb na navedenem poplavnem območju 16, kar pomeni, da je število izpostavljenih prebivalcev 52.

3.4 ZAKLJUČEK

Skupna dolžina Mure je cca 500 km, obravnavani odsek Mure v okviru projekta FRISCO1 pa predstavlja manjši odsek reke Mure glede na celotno porečje v dolžini približno 50 km. Glede na naravne danosti na obravnavanem odseku močno prevladujejo kmetijska zemljišča. Gre za poplavno območje, kar kaže tudi zgodovina preteklih dogodkov. Analiza obstoječega stanja je pokazala, da so se v preteklosti izvajali protipoplavni ukrepi tako, da so se po vsaki poplavi, ko je visoka voda prelila visokovodne nasipe, nasipi nadviševali in obnavljali. Nasipi so se gradili postopoma, kljub temu je prihajalo do prelivanja nasipov. Ob poplavnih dogodkih so v preteklosti izvajali interventni varovalni ukrepi. Zaradi različnih vplivov se tudi gladine zaradi zaraščanja inundacijskih profilov povišujejo.

Analiza preteklih poplavnih dogodkov v letih 2005 in 2014, terenski ogled in analiza druge razpoložljive dokumentacije so bila pomembna izhodišča za identifikacijo lokacij in ukrepov ter nadaljnjo analizo. Eden hujših poplavnih dogodkov se je zgodil avgusta leta 2005, ko so bile tekom poplavnega dogodka najbolj izpostavljene 4 lokacije in sicer:

- območje 1: gorvodno od Hotize (na območju platoja brez nasipov)
- območje 2: nasipi med Kotom in Petišovci
- območje 3: dolvodno od mejnega prehoda Petišovci (Kolonija Petišovci)
- območje 4: območje na koncu nasipov – Benica

Prva faza študije je bila izdelana kot ekspertno mnenje na podlagi poznavanja visokovodnih razmer in obstoječih razpoložljivih podatkov in je podala nabor potencialnih kratkoročnih ukrepov, ki so bili predlagani za nadaljnjo analizo in sicer:

- Rekonstrukcija nasipa na odseku Gaberje cesta Mursko Središče – Lendava
- Rekonstrukcija nasipa Benica
- Izvedba nasipa med Ledavo in VV nasipom na Muri pri Benici
- Rekonstrukcija nasipa Sv. Martin na Muri
- Nasip Hlapičina
- Ureditev prepusta pod nasipom Križovec

Z modelom bodo hidravlično preverjeni le tisti ukrepi, za katere iz hidravlične analize obstoječega stanja ter iz poročila Oblikovanje alternativnih rešitev-2. Faza izhaja, da so potrebni oziroma je njihova preverba upravičena.

Vsak izmed analiziranih ukrepov ima svoje prednosti in slabosti. Na podlagi analize in ekspertne ocene predlaganih ukrepov sta bila v prvi fazi študije kot kratkoročna ukrepa prepoznana dva ukrepa in sicer:

- izvedba rekonstrukcije nasipa Sv. Martin ob Muri in
- izvedba novega nasipa v Benici.

Na osnovi izkušenj ob poplavah leta 2005 in 2014 je ugotovljeno, da povratni tok visokih vod Mure iz Murske šume ogroža naselje Benica, kmetijske površine in obstoječo infrastrukturo. Izvedba visokovodnega nasipa bi vplivala na zmanjšanje obstoječih stroškov, ki so nastajali v povezavi z varovanjem naselja ob nastopu visokih vod Mure (postavljanje zaščitnih vreč, električna energija za prečrpavanje odpadne vode, odpravljanje škodnih posledic na obstoječih cestah in drugi infrastrukturi).

Glede na ugotovljeno slabo stanje obstoječega nasipa Sv. Martin na Muri, zaradi precejšnje ogroženosti, je močno ogrožena predvsem njegova stabilnost ob nadaljnjih pojavih visokih voda Mure. V primeru porušitve nasipa bi bilo posledično ogroženo življenje in imetje večjega števila ljudi znotraj naselja, obstoječa infrastruktura, itd. Iz tega razloga je ukrep rekonstrukcije nasipa Sv. Martin na Muri prepoznan kot »no-regret« ukrep.

V drugi fazi izdelave študije je bila na podlagi zbranih podatkov in dokumentacije, analize obstoječega stanja ter izdelane hidrološke in hidravlične analize na podlagi rezultatov kombiniranega 1D+2D hidravličnega modela, opredeljena poplavnost obravnavanega območja. Hidravlična analiza je pokazala kompleksnost poplavnih tokov Mure, ki se na več odsekih prelivajo na zračno stran nasipov ali preko ježe ter poplavlja obsežna območja v zaledju. Poplave so najboljšežnejše na odseku od Gibine do Murskega Središča, kjer prihaja do največjega prelivanja visokovodnih nasipov. Poplavne vode na zračni strani nasipov poplavlja tako naselja, kot tudi pomembno infrastrukturo (regionalne in meddržavne ceste).

V drugi fazi izdelave študije za porečje Mure se je s tako hidravlično analizo preverila učinkovitost predlaganih ukrepov. Skozi analizo vplivov izgradnje nasipa Benice na poplavno ogroženost obstoječega naselja je bilo ugotovljeno, da je potrebno predhodno oziroma sočasno z izvedbo nasipa Benice izvesti tudi rekonstrukcijo nasipa Gaberje v dolžini 2,3 km. V primeru, da bi se nasip Benica izvedel pred nasipom Gaberje, je potrebno na odseku načrtovane rekonstrukcije nasipa Gaberje predvideti dodatne negradbene ukrepe za zmanjšanje poplavne ogroženosti, in sicer v obliki protipoplavnih vreč ali začasnih varnostnih ograj. Rezultati kažejo veliko učinkovitost na zmanjševanje poplavne ogroženosti na levem bregu, saj bo po izvedbi ukrepov preprečeno prelivanje vzdolž obstoječega nasipa Gaberje, posledično se bo zmanjšala poplavna ogroženost naseljem na zračni strani nasipov od Gaberja do Benice.

Na podlagi zgornjih ugotovitev so kot kratkoročni ukrepi v okviru študije na Muri predlagani naslednji ukrepi:

- Izvedba nasipa Sv. Martin na Muri,
- Izvedba nasipa Benica ter
- Rekonstrukcija/izvedba nasipa Gaberje.

Glede na to, da rekonstrukcija nasipa Gaberje predstavlja pogoj za izvedbo nasipa Benice se bo rekonstrukcija nasipa Gaberje izvedla sočasno z izvedbo ukrepov projekta FRISCO skozi program investicijskih del Republike Slovenije.

Rekonstrukcijo nasipa Gaberje je mogoče izvesti na dva načina in sicer:

- rekonstrukcija nasipa Gaberje se izvede po obstoječi trasi nasipa. Ker pa del nasipa poteka po hrvaškem katastru je potrebno nadaljnje bilateralno usklajevanje končne rešitve.
- del nasipa, ki poteka po hrvaškem katastru se opusti in se na tem odseku izvede novi visokovodni nasip, ki bi v celoti potekal po ozemlju slovenskega katastra.

Izvede se tista rešitev, ki je izvedljiva. Predlagan je prvi način, po obstoječi trasi nasipa. Tako izvedbo bo sicer potrebno bilateralno uskladiti, vendar se s tako rešitvijo izognemo dolgotrajnim postopkom pridobivanja zemljišč in bo ukrep možno izvesti sočasno z gradnjo nasipa v Benici.

V obeh primerih bi se nasip Gaberje financiral skozi program investicijskih del Republike Slovenije. Odločitev o končni izbrani tehnični rešitvi izvedbe rekonstrukcije nasipa Gaberje bo morala biti sprejeta v nadaljnjih bilateralnih usklajevanjih obeh držav.

Z vidika terminskega plana izvedbe kratkoročnih ukrepov, se nasip Sv. Martin lahko izvede neodvisno od izvajanja ukrepov Gaberje in Benica, saj nima bistvenega vpliva na poplavno varnost in ogroženost na levem bregu.

Program suradnje INTERREG V-A Slovenija – Hrvatska 2014. – 2020.

Projekt:

**FRISCO 1 – Prekogranično usklađeno slovensko-hrvatsko
smanjenje rizika od poplava – negrađevinske mjere**

Predmet zadatka:

Projekt FRISCO1 – Tehnička pomoć u izradi cjelovite studije
smanjenja rizika od poplava za prekogranični sliv rijeke Mure

Vrsta dokumentacije:

**CJELOVITA STUDIJA SMANJENJA RIZIKA OD POPLAVA ZA
PREKOGRANIČNI SLIV RIJEKE MURE**

SAŽETAK

Lipanj 2019.

SADRŽAJ

1	UVODNA PREZENTACIJA PROJEKTA FRISCO 1.....	4
2	PREKOGRANIČNO USKLAĐENA STUDIJA SVEOBUHVAATNOG UPRAVLJANJA RIZICIMA OD POPLAVA RIJEKE MURE	5
2.1	PROGRAM.....	5
2.2	PROJEKT.....	5
2.3	PREDMET ZADATKA	6
2.4	NARUČITELJ	6
2.5	VANJSKI IZVOĐAČ	6
2.6	PRAĆENJE I UPRAVLJANJE ZADATKA.....	6
2.7	SVRHA I CILJEVI STUDIJE.....	7
2.8	SVRHA I CILJ SAŽETKA PREKOGRANIČNO USKLAĐENE STUDIJE SMANJENJA RIZIKA OD POPLAVA RIJEKE Mure	7
3	SAŽETAK PREKOGRANIČNO USKLAĐENE STUDIJE SMANJENJA RIZIKA OD POPLAVA RIJEKE MURE.....	7
3.1	ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA	7
3.1.1	PRIKUPLJANJE I ANALIZA POSTOJEĆIH PODATAKA	7
3.1.2	OPIS POSTOJEĆEG STANJA.....	8
3.1.2.1	Opći opis sliva rijeke Mure.....	8
3.1.2.2	Područje obrade sliva rijeke Mure u okviru projekta FRISCO 1.....	8
3.1.2.3	Geografski opis obrađenog područja	10
3.1.2.4	Klimatske karakteristike.....	11
3.1.2.5	Tla.....	11
3.1.2.6	Vodeni okoliš.....	11
3.1.2.7	Priroda.....	12
3.1.2.8	Kulturna baština.....	13
3.1.2.9	Stanovništvo	13
3.1.2.10	Gospodarstvo.....	13
3.1.2.11	Iskorištenost prostora.....	13
3.1.2.12	Stanje okoliša	14
3.1.3	HIDROLOŠKA ANALIZA.....	15
3.1.3.1	Opis ishodišta i korištenih podataka.....	15
3.1.3.2	Analiza kvalitete dobivenih podataka.....	16

3.1.3.3	Poplavni valovi rijeke Mure.....	17
3.1.3.4	Količina vode u drugim vodotocima	19
3.1.4	HIDRAULIČKA ANALIZA	20
3.1.4.1	Područje obrade.....	20
3.1.4.2	Osnovne karakteristike modela	20
3.1.5	Hidraulička analiza postojećeg stanja	21
3.1.5.1.1	Dionica Veržej – Gibina.....	21
3.1.5.1.2	Dionica od Gibine do Murskog Središća	22
3.1.5.1.3	Dionica od Murskog Središća do kraja modela	24
3.1.6	ANALIZA RIZIKA OD POPLAVA.....	25
3.1.6.1	Uvod	25
3.1.6.2	Definiranje parametara za razmatrano poplavno područje.....	26
3.2	OSMIŠLJAVANJE I ANALIZA ALTERNATIVNIH RJEŠENJA	27
3.2.1	OSMIŠLJAVANJE ALTERNATIVNIH RJEŠENJA.....	27
3.2.1.1	Scenarij »bez mjera«	27
3.2.1.2	Mjere razmatrane već u prošlosti	28
3.2.1.2.1	Rekonstrukcija nasipa na dijelu Gaberje cesta Mursko Središće – Lendava	28
3.2.1.2.2	Rekonstrukcija nasipa Benica	28
3.2.1.2.3	Izvedba nasipa između Ledave i obrambenog nasipa Mure kod Benice	29
3.2.1.2.4	Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri	30
3.2.1.2.5	Nasip Hlapičina	31
3.2.1.2.6	Uređenje propusta ispod nasipa Križovec	31
3.2.1.3	Dodatna alternativna rješenja.....	32
3.2.1.4	Odabrana rješenja	32
3.2.2	ANALIZA ALTERNATIVNIH RJEŠENJA.....	33
3.2.2.1	Hidraulička analiza planiranih mjera	34
3.2.2.1.1	A Već predlagane mjere u prošlosti.....	34
3.2.2.1.2	B – Alternativne mjere	36
3.2.2.1.3	C – Analiza odabranih mjera.....	39
3.2.2.2	Analiza prekograničnog učinka	41
3.3	ODABIR NAJPRIKLADNIJEG RJEŠENJA.....	42
3.3.1	DEFINICIJA SKUPA MJERA	42
3.3.2	NOVA OTKRIĆA/SAZNANJA– PROMJENE PREDLOŽENIH RJEŠENJA	43
3.3.3	Investicijski troškovi uređenja te financijska i ekonomska opravdanost	45
3.3.4	Multikriterijalna analiza.....	46
3.4	ZAKLJUČAK.....	47

1 UVODNA PREZENTACIJA PROJEKTA FRISCO 1

Projekt FRISCO1 je strateški projekt, čiji je cilj smanjiti rizik od poplava na slivovima rijeka Dragonje, Kupe, Sutle, Bregane i na dijelovima slivova rijeka Drave i Mure te se provodi u okviru Programa suradnje INTERREG V-A Slovenija – Hrvatska. Program suradnje INTERREG V-A Slovenija – Hrvatska je glavni dokument koji predstavlja okvir za prekograničnu suradnju Slovenije i Hrvatske u financijskoj perspektivi 2014. – 2020. Svrha prekogranične suradnje je rješavanje zajedničkih izazova koje su obje države zajedno prepoznale u graničnom području te istovremeno iskorištavanje neiskorištenih potencijala rasta i jačanja procesa suradnje za opći skladni razvoj Europske unije.

FRISCO1 sadržajno obrađuje negrađevinske mjere smanjenja rizika od poplava i unapređuje sustav upravljanja rizikom od poplava. Unaprijeđeno i prekogranično usklađeno mapiranje rizika od poplava i izrada/unapređenje prekogranično usklađenih modela za prognoziranje poplava, osigurat će potrebne stručne podloge i dokumentaciju za prijedlog i izbor prekogranično usklađenih građevinskih mjera za smanjenje rizika od poplava, koji bi se izvodili u drugom koraku projekta FRISCO, a to je kroz FRISCO2 na slivovima rijeka Kupe, Sutle, Drave i Mure.

Projekttni partneri projekta FRISCO1 su:

- Hrvatske vode (HV) kao vodeći partner;
- Ministarstvo okoliša i prostornog planiranja Republike Slovenije (MOP);
- Agencija Republike Slovenije za okoliš (ARSO);
- Direkcija Republike Slovenije za vode (DRSV);
- Državna uprava za zaštitu i spašavanje (DUZS);
- Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ);
- Institut za hidraulička istraživanja (IHR);
- Uprava Republike Slovenije za zaštitu i spašavanje (URSZR).

Projekt FRISCO1 sastoji se od sljedećih deset radnih paketa:

M Vođenje projekta,

C Prijenos informacija,

T1 Kupa zajednički radni alati, modeli, karte i projekti,

T2 Sutla zajednički radni alati, modeli, karte i projekti,

T3 Drava zajednički radni alati, modeli, karte i projekti,

T4 Mura zajednički radni alati, modeli, karte i projekti,

T5 Dragonja zajednički radni alati, modeli, karte i projekti,

T6 Bregana zajednički radni alati, modeli, karte i projekti,

T7 Fizički sustavi upozorenja na poplave i

T8 Aktivnosti podizanja svijesti i sveobuhvatan dizajn i upravljanje programom – projekt smanjenja rizika od poplava/povećanja sigurnosti od poplava.

V radni paket T4 Mura zajednički radni alati, modeli, karte i projekti uključuju sljedeće aktivnosti:

- T4.1 Razvoj zajedničkog alata 1 (Baza podataka o riziku od poplava);
- T4.2 Razvoj zajedničkog alata 2 (Studija ciljanog područja);
- T4.3 Razvoj zajedničkog modela 1 (Unaprijeđeni hidraulički model);
- T4.4 Razvoj zajedničkog modela 2 (Unaprijeđeni model prognoziranja);
- T4.5 Razvoj zajedničke karte 1 (Unaprijeđena karta opasnosti od poplava);
- T4.6 Razvoj zajedničke karte 2 (Unaprijeđena karta rizika od poplava);
- T4.7 Izrada građevinskih projekata.

Planirane aktivnosti i rezultati međusobno su povezani.

U skladu s projektnom prijavom, rezultati projekta FRISCO1 su sljedeći:

- Unaprijeđene baze podataka za upravljanje rizicima od poplava,
- Prekogranične usklađene studije sveobuhvatnog upravljanja rizicima od poplava,
- Unaprijeđeni hidrološki i hidraulički modeli,
- Unaprijeđeni modeli prognoziranja poplava,
- Unaprijeđene i prekogranično usklađene karte opasnosti i rizika od poplava,
- Zajednički projekti (priprema projektne i druge dokumentacije),
- Sustav ranog upozoravanja (nadogradnja alarmnog sustava za prognožiranje i upozoravanje),
- Podizanje svijesti javnosti o rizicima od poplava i institucionalno jačanje sustava upravljanja rizicima od poplava.

Glavni cilj aktivnosti T4.2 zajednički alat 2 je »Studija prekogranično usklađenog smanjenja rizika od poplava na slivu rijeke Mure«.

2 PREKOGRANIČNO USKLAĐENA STUDIJA SVEOBUHvatnog UPRAVLJANJA RIZICIMA OD POPLAVA RIJEKE MURE

2.1 PROGRAM

Program suradnje INTERREG V-A Slovenija – Hrvatska 2014. – 2020.

2.2 PROJEKT

FRISCO 1 – Prekogranično usklađeno slovensko-hrvatsko smanjenje rizika od poplava – negrađevinske mjere.

2.3 PREDMET ZADATKA

Projekt FRISCO1 – Tehnička pomoć u izradi cjelovite studije smanjenja rizika od poplava za prekogranični sliv rijeke Mure.

2.4 NARUČITELJ

REPUBLIKA SLOVENIJA,
Direkcija Republike Slovenije za vode
Hajdrihova ulica 28c, 1000 Ljubljana.

2.5 VANJSKI IZVOĐAČ

Vodeći partner:

Vodnogospodarski biro Maribor, d.o.o.
Glavni trg 19/c, 2000 Maribor

Odgovorni nositelj zadatka:
mag. Smiljan JUVAN, univ. dipl. ing. građ.

Partneri:

Inštitut za vodarstvo, d.o.o.,
Hajdrihova ulica 28a, 1000 Ljubljana

IZVO-R, projektiranje in inženiring d.o.o.
Pot za Brdom 102, 1000 Ljubljana

HIDROSVET d.o.o.
Kidričeva ulica 25, 3000 Celje

DHD d.o.o.,
Praprotnikova ulica 37, 2000 Maribor

SL-Consult d.o.o.
Dunajska cesta 122, 1000 Ljubljana

2.6 PRAĆENJE I UPRAVLJANJE ZADATKA

Jedan od ciljeva projekta FRISCO1 je izrada Prekogranične usklađene studije smanjenja rizika od poplava za područje rijeke Mure, koju je pripremio stručno kvalificirani izvođač odabran kroz postupak javne nabave. Ugovor je službeno vodila Direkcija Republike Slovenije za vode Republike Slovenije, ali je u skladu s projektnim zadatkom izradu studije pratila vodeća struktura FRISCO1 projekta, sastavljena od nekoliko skupina za upravljanje projektima i radnih skupina, i to:

- Radna skupina za Sutlu (WG),
- Skupina za upravljanje projektima (Project Management Team (PMT)),

- Skupina za strateško upravljanje projektima (Strategic Management Team (SMT)),
- Skupina za kvalitetu (Quality Management Team (QMT)),
- Skupina za odnose s javnošću (Project Communication Team (PCT))
- Stručna skupina (Expert Panel (EXP)).

Izradu studije je vodila radna skupina (WG) za rijeku Muru, koja se sastojala od predstavnika projektnih partnera. Voditelj radne skupine bio je g.Anton Kustec (DRSV), a suvoditelj je bio g.Leonard Sekovanić (HV).

2.7 SVRHA I CILJEVI STUDIJE

Prekogranična usklađena studija za smanjenje rizika od poplava u slivu rijeke Mure sadrži analizu postojećeg stanja, alternativnih rješenja i identifikaciju i opravdanje mjera za smanjenje rizika od poplava u razmatranom području, uključujući utvrđivanje ključnih prirodnih područja za zadržavanje vode i analizu mogućih mjera zelene infrastrukture, na temelju hidroloških, hidrauličkih i tehničkih ekonomskih analiza. Izrađena studija pripremljena je kao alat za podršku za donositelje odluka te kao alat za informiranje zainteresiranih strana. Predlagani optimalni program upravljanja rizikom od poplava u studiji je podijeljen na kratkoročno održive mjere, koje bi bilo moguće provesti tijekom tekućeg razdoblja provedbe Europske direktive o poplavama (2016. – 2020.) i onih koje bi se mogle provesti kasnije.

2.8 SVRHA I CILJ SAŽETKA PREKOGRANIČNO USKLAĐENE STUDIJE SMANJENJA RIZIKA OD POPLAVA RIJEKE Mure

U nastavku je napravljen sažetak Prekogranično usklađene studije sveobuhvatnog upravljanja rizikom od poplava rijeke Mure i sadrži sažetke ključnih sadržaja i rezultate studije.

Predmetni sažetak je sastavni dio aktivnosti T4.2 Razvoj zajedničkog alata 2 (Studija ciljanog područja).

3 SAŽETAK PREKOGRANIČNO USKLAĐENE STUDIJE SMANJENJA RIZIKA OD POPLAVA RIJEKE MURE

3.1 ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA

3.1.1 PRIKUPLJANJE I ANALIZA POSTOJEĆIH PODATAKA

Za potrebe izrade studije prikupljali su se, pregledavali i analizirali postojeći dostupni podatci, a povremeno se provodila i kontrola kvalitete relevantnih podataka. Podatci dobiveni od Slovenije i

Hrvatske zatim su analizirani po pojedinim sklopovima. Analizirana i pregledana je i dostupna projektna dokumentacija, koja je do tada napravljena za razmatrano područje rijeke Mure.

3.1.2 OPIS POSTOJEĆEG STANJA

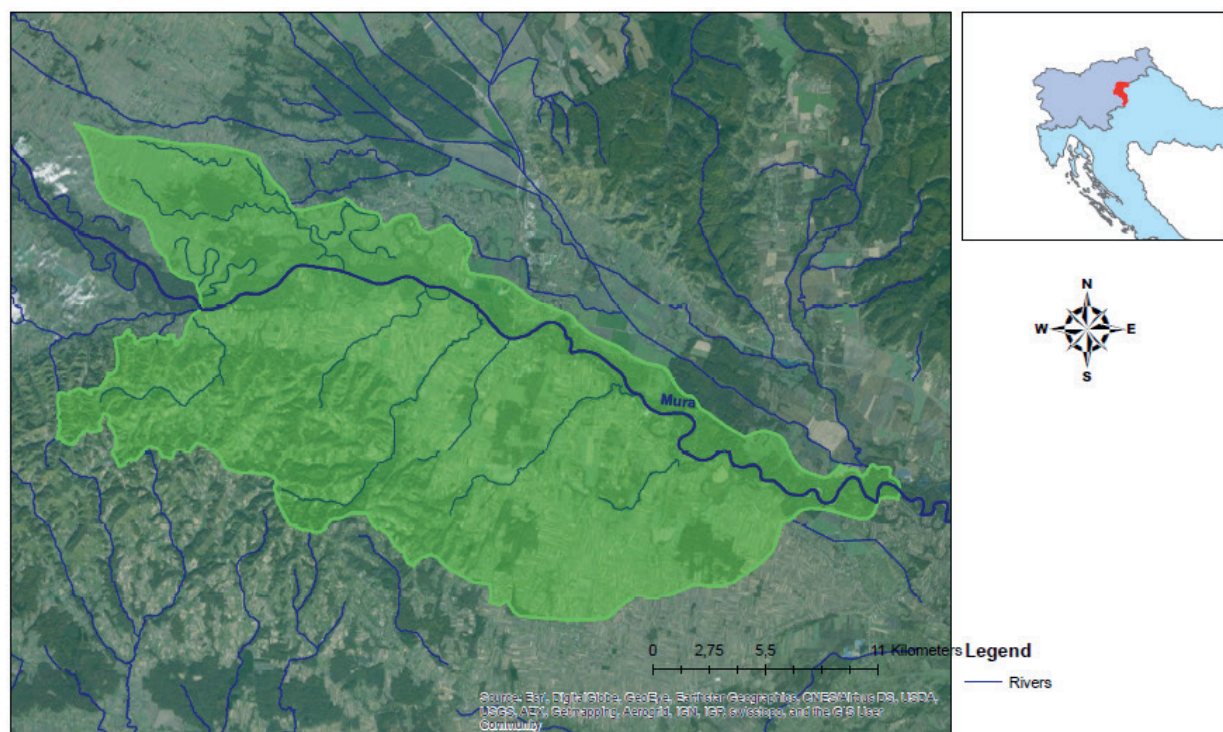
3.1.2.1 Opći opis sliva rijeke Mure

Rijeka Mura izvire u Austriji, a njenih skoro 500 km protječe kroz Austriju, Sloveniju, Mađarsku i Hrvatsku, te se u Hrvatskoj izliva u rijeku Dravu. Mura izvire u Austriji u Visokim Turama na nadmorskoj visini od 1753 m, nakon 390 km dolazi do slovensko-austrijske granice kod naselja Spielfeld, do Hrvatske granice dolazi kod naselja Gibina. Granična je rijeka između Slovenije i Hrvatske, a u nastavku je granična rijeka između Hrvatske i Mađarske. U svojem gornjem toku Mura je izrazito planinska rijeka, dok je na promatranom području tipična nizinska rijeka s brojnim meandrima i mrtvim rukavcima. Ima izrazito snježno-kišni režim. Zbog topljenja snijega u visokom gorju najviše vode ima tijekom svibnja, a najmanje tijekom siječnja, kada većina padalina pada u obliku snijega. Na Austrijskom dijelu Mure smještene su hidroelektrane, zbog toga je njeno korito često regulirano.

Godišnji iznos padalina pada od izvora prema ušću. Na izvoru iznosi 1250 – 1500 mm, a na ušću 800 mm. Najčešći visoki vodostaji javljaju se u svibnju, lipnju i srpnju kao posljedica topljenja snijega i leda. Najniži protoci su u prosincu, siječnju i veljači.

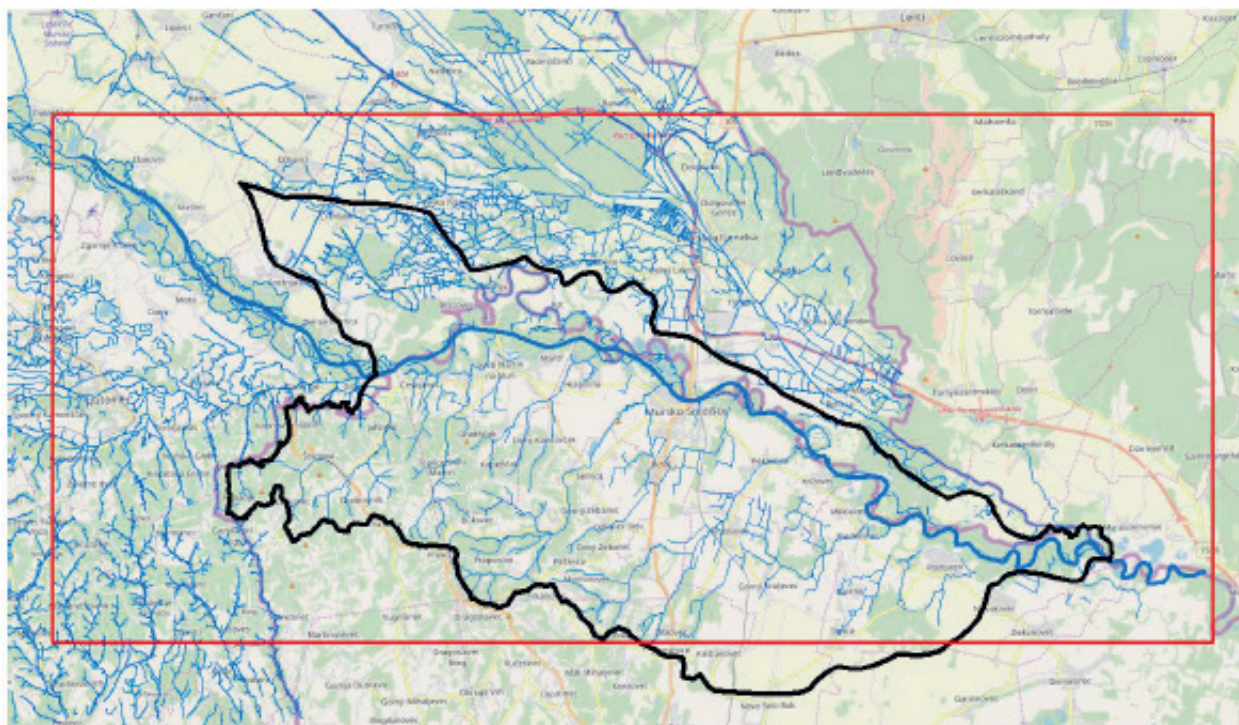
3.1.2.2 Područje obrade sliva rijeke Mure u okviru projekta FRISCO 1

U okviru projekta FRISCO1 obrađen je samo kraći dio Mure. U početku je planirano da se u okviru projekta obradi dio Mure između ušća rijeke Mure u Ščavnicu i ušća rijeke Mure u Ledavu u dužini od oko 30 km, koje se nalazi između ušća rijeke Mure u Ščavnicu i ušća rijeke Mure u Ledavu. Područje obrade predviđeno prema projektnom zadatku ne obuhvaća područja Ščavnice, Ledave, Črnca, Kopice i Ajaša. Zbog toga nije provedena hidrološka analiza za ta područja.



Pregledna karta obrađivanog područja prema projektnom zadatku

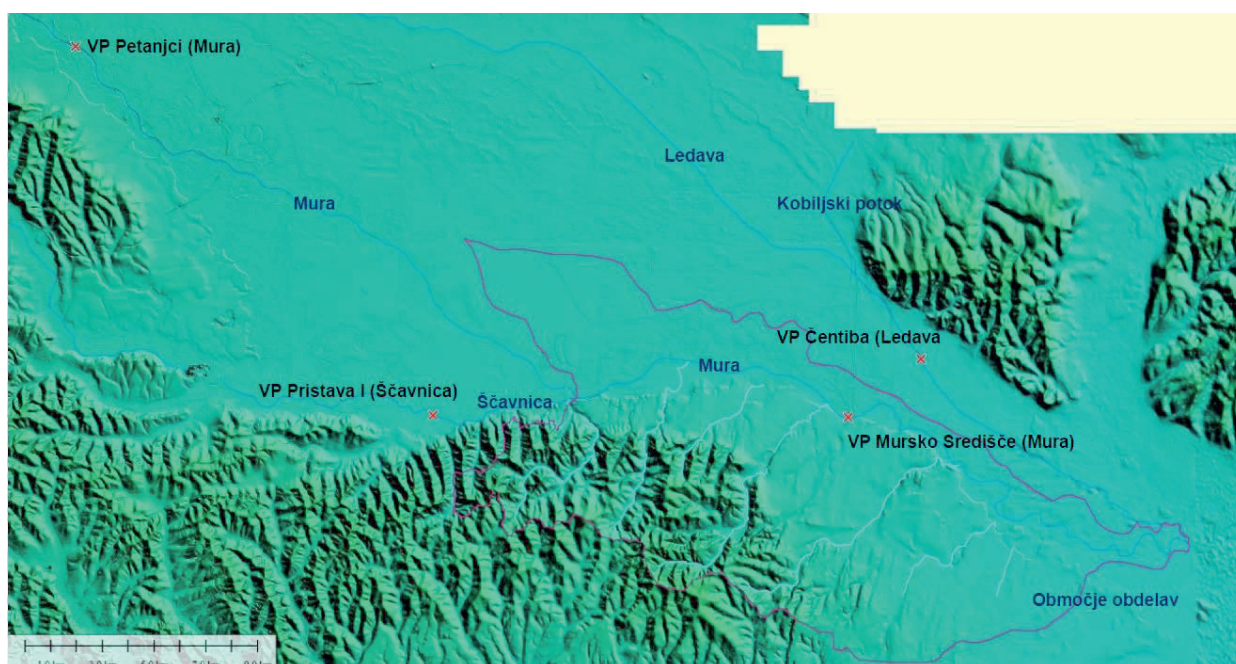
Tijekom prve faze studije utvrđeno je da je zbog složenosti poplavnih tokova rijeke Mure samo obradom ovog dijela segmenta nemoguće procijeniti tekuće poplavne tokove, a zbog toga bi hidraulički model mogao dati lažne rezultate poplavne situacije. Zbog toga se uzvodno produljio dio rijeke Mure koji se obrađuje i time se povećao za 20 km, sve do željezničkog mosta, te je tako ukupna duljina obrađivanog dijela oko 50 km. Takvo prošireno područje obrade osigurava definiranje odgovarajućih uvjeta dotoka i odljeva, jer uključuje sva poplavna područja ciljanog područja, čime se osigurava odgovarajuća osnova za potrebe svih analiza sadržaja u kontekstu izrade sveobuhvatne studije i postizanja njezinih ciljeva.



Prikaz područja obrade. Crna crta prikazuje područje FRISCO 1, crvena crta prikazuje područje matematičkog modela

3.1.2.3 *Geografski opis obrađenog područja*

Obrađeno područje sliva rijeke Mure po geografskoj regionalizaciji Slovenije spada u Dolinsku i Ravensku pokrajinu kao dijela Murske ravnice, koja je na istoku omeđena Lendavskim goricama, na sjeveru Goričkom, a na zapadu i jugu Slovenskim goricama. Na teritoriju Republike Hrvatske obrađeno područje spada u pokrajinu Međimurje, koje čine Donje i Gornje Međimurje, te Međimurske Gorice.



Pregledni prikaz obrađivanog područja.

Prevladavaju nadmorske visine između 100 i 200 m. Murska ravnica je najravnija pokrajina u Sloveniji jer čak 95 % površine ima nagib ispod 2 %. Brežuljkasti svijet Međimurskih gorica predstavlja nisko brdovito područje. Cjelokupno obrađeno područje obuhvaća 21447 ha. Veći dio obrađenog područja (približno 88 %) nalazi se na teritoriju Republike Hrvatske, a ostalo je na teritoriju Slovenije. Obrađeno područje na teritoriju Hrvatske nalazi se na području sljedećih općina: Štrigova, Sv. Martin na Muri, Selnica, Gornji Mihaljevec, Sv Juraj na Bregu, Šenkovec, Vratišinec, Podturen i Belica, Mursko Središće i Čakovec. Na teritoriju Slovenije nalazi se područje obrade na području općina Beltinci, Črenšovci, Odranci, Ormož, Ljutomer, Razkrižje, Velika Polana i Lendava.

3.1.2.4 Klimatske karakteristike

Obrađivano područje ima umjereno kontinentalnu klimu. Uz prosječnu godišnju temperaturu oko 9°C, prosječnu siječansku oko -2,5°C i prosječnu srpanjsku od 19°C. Obrađivano područje spada među najsunčanije pokrajine u Sloveniji. Na proljeće se brzo zagrijava i 6 mjeseci prosječna temperatura je iznad 15 °C. Područje ima u prosjeku 950 mm oborina godišnje. Najmanje oborina je u zimskim mjesecima kada prosječno padne samo četvrtina godišnje količine oborina. Najvlažniji su srpanj i kolovoz, ali su zbog jakog isparavanja tada najčešće i suše.

3.1.2.5 Tla

Mursku ravnicu grade pleistocenski i holocenski nanosi Mure, Lendave, Ščavnice i njihovih pritoka. Uz Muru su pretežno sastavljeni od nekarbonatni šljunak i pijesak. Takva matična baza i oblikovanje reljefa izrazito utječu na stanje u vodama u Pomurskoj ravnini. Poplavne i podzemne vode bile su odlučujući čimbenici za formiranje i razvoj hidromorfnih tala koja pokrivaju velike dijelove ravnine. Manje dijelovi ravnice prekrivaju tla na koje utječe samo oborinska voda, koja slobodno protječe kroz profil tla u podzemnu vodu.

3.1.2.6 Vodeni okoliš

Na obrađenom dijelu se u rijeku Muru ulijeva više manjih desnih pritoka: Jalšovečki potok, Gradišćak, Koncovčak, Gornji potok, Brodec i Jalšovnica, ali je procijenjeno da su njihovi pritoci zanemarivi u usporedbi s tokom rijeke Mure, zbog toga je za potrebe predmetne studije uzet u obzir samo tok rijeke Mure s različitim povratnim razdobljima.

Obrađivano područje je vrlo bogato s gledišta prisutnosti površinskih i podzemnih voda. Prema kartama upozorenja o poplavama dostupnima preko internetske stranice Atlas okoliša i podacima koje prenosi DHMZ Republike Hrvatske, obrađeno područje je poprilično pod rizikom od poplava, gdje dolazi i do prelijevanja preko nasipa na pojedinim dijelovima, odnosno do prelijevanja platoa, na mjestima gdje nema nasipa. Karte pokazuju da je plavljenje rijeke Mure već uzvodno od ušća Ščavnice. Šire poplavno područje nalazimo i na području između nasipa rijeke Mure i vodotoka Črnec i Ledava. Poplavno područje prelazi područje definirano unutar projekta FRISCO1.

Problematika analiziranog dijela ili izloženost poplavama naznačena već postojećim kartama poplava već je potvrđena u prošlosti. Jedna od najgorih poplava dogodila se u kolovozu 2005. godine kada je na postaji Mursko Središće procijenjen protok od 1196 m³/s. Tijekom poplave najizloženije su bile 4 lokacije, i to:

- područje 1: uzvodno od Hotize (na području platoa bez nasipa) Prema svjedočenjima sudionika u poplavama, 2005. godine je na području između platoa i početka nasipa kod Hotize došlo do blagog prelijevanja platoa, gdje je voda poplavila mrtve rukavce. Cesta Hotiza – Kapca je bila otvorena za promet, isto tako nema ni poplava urbaniziranog područja Hotize.
- područje 2: nasip između Kota i Petišovaca Drugo kritično područje nalazi se nizvodno od obnovljenog nasipa Hotiza – Kot, gdje je također došlo do prelijevanja nasipa, što je spriječeno vrećama i privremenim nadvišenjem.
- područje 3: nizvodno od graničnog prijelaza Petišovci (Kolonija Petišovci) Treće područje nalazi se nizvodno od graničnog prijelaza Petišovci, gdje nasip štiti naselje Kolonija Petišovci. Ovaj nasip je 2010. godine bio saniran i značajno nadvišen, a tijekom poplava 2005. godine je bio znatno smanjen. Ukoliko se ne bi izvele privremene mjere umjetnog nadvišenja nasipa vrećama, za vrijeme poplave bi došlo do prelijevanja.
- područje 4: područje na kraju nasipa – Benica Kritično područje bilo je i na donjem dijelu murskih nasipa, gdje voda teče u područje naselja Benica. Prema riječima lokalnih stručnjaka (ARSO Murska Sobota) i stanovnika, voda iz rijeke Mure za vrijeme poplave 2005. godine je došla u selo Benica na desnoj obali rijeke Ledave. U vrijeme poplave, nasip je na ovom mjestu privremeno umjetno podignut, čime je spriječen veći priljev vode prema naselju Benica.

Uz Muru se formirao veliki vodonosnik. Razina podzemnih voda u području Prekmurskog polja najniža je u Sloveniji, a ponegdje se povremeno podiže i do površine. To pridonosi močvarnosti zemlje i utječe na veliku regionalnu osjetljivost podzemnih voda. Dugogodišnji podatci hidrološkoga nadzora pokazuju, da je podzemna voda prosječno samo oko 1,7 m ispod površine. Razina podzemnih voda najviše se smanjuje krajem ljeta, kada je isparavanje najveće, a potrošnja vode raste.

3.1.2.7 Priroda

Područje koje se obrađuje karakteriziraju brojni kanali, bočni kanali, rukavci i depresije, gdje iznimno raznoliki hidrološki uvjeti uvjetuju postojanju različitih vodenih, obalnih i močvarnih staništa. Poplavne šume tvori raznovrsna šumska vegetaciju od vrba do hrastovih šuma i šuma bijelog graba s brojnim intermedijarnim skupinama i rijetkim i ugroženim vrstama. Ovdje se pojavljuje veliki broj ugroženih biljnih vrsta i mnogih ugroženih i zaštićenih životinjskih vrsta. Na intenzivnim poljoprivrednim zemljištima su isušivanjem, gnojidbom i sjetvom gotovo potpuno nestali elementi tradicionalnog priobalno kulturnog krajolika. Posebna vrijednost su očuvana močvarna područja.

3.1.2.8 Kulturna baština

Jedinice nepokretne kulturne baštine na slovenskom dijelu obrađivanog područja upisane su u Registar nepokretne kulturne baštine (RKD), kojeg vodi Ministarstvo kulture. Za područja nepokretne kulturne baštine vrijede s obzirom na status (spomenik kulture, registrirana kulturna baština) i tip (zgrada, naselje, vrtna arhitektura, spomen obilježje, kulturni krajolik) različiti zakonski režimi. Na slovenskom dijelu obrađivanog područja registrirane su 22 jedinice nepokretne kulturne baštine, a osim toga definirana je jedna zona utjecaja. Kulturna baština na području Hrvatske definirana je i zaštićena prostornim planom Međimurske županije (Prostorni plan Međimurske Županije, Zavod za prostorno uređenje Međimurske županije, Čakovec, studeni 2001.). Na obrađivanom području postoji 24 registrirane jedinice kulturne baštine, od kojih sedam jedinica pokretne kulturne baštine. Na predmetnom području prisutno je arheološko nalazište Ternovčak.

3.1.2.9 Stanovništvo

Međimurje je najgušće naseljeno područje Hrvatske, a isto vrijedi i za Mursku ravnicu u odnosu na prosječnu gustoću naseljenosti u Sloveniji. Za obrađivano područje karakteristično je smanjenje broja stanovnika i nepovoljna dobna struktura, a prirodni prirast je minimalan. Međimursko stanovništvo postupno se seli prema Zagrebu i Istri. Slično kao i za stanovništvo na hrvatskom dijelu obrađivanog područja vrijedi i za slovenski dio. Broj stanovnika (osim u romskim naseljima) i gustoća stanovništva zbog depopulacije stanovništva smanjili su se posljednjih desetljeća. Glavni razlog za to su loši izgledi za zapošljavanje i, posljedično, iznadprosječna nezaposlenost. Naseljenost na tom području je grupirana, a naselja su nizinska uz cestu. Većina objekata tradicionalno je zamišljena kao farma s pripadajućim stambenim i poslovnim dijelovima. Uz te objekte nalaze se i manja funkcionalna zemljišta (dvorišta). Područje koje se razmatra ima vrlo raznoliku nacionalnu i vjersku strukturu. To je trojezično područje (slovensko, hrvatsko, mađarsko)

3.1.2.10 Gospodarstvo

Murska ravnica je tradicionalni poljoprivredni krajolik na temelju kojeg se razvila prehrambeno-prerađivačka industrija. Polja pokrivaju gotovo polovicu cijelog teritorija. Najveći pogoni bave se preradom mesnih proizvoda. Prije nekoliko desetljeća i šumarstvo je bilo u Međimurju važna industrija. Isto tako, jedno vrijeme većina industrijskih postrojenja na području Međimurja bazirala se na tekstu. Obradivano područje bogato je mineralnim sirovinama. Više od 10 m debelog sloja pijeska i šljunka s rijeke Mure pruža potencijal za iskorištavanje mineralnih sirovina. Samo na području Međimurske županije danas ima aktivnih 12 eksploatacijskih polja šljunka i pijeska.

3.1.2.11 Iskorištenost prostora

S obzirom na prirodne značajke i provedene agrotehničke mjere, između svih zemljišta snažno prevladavaju poljoprivredna zemljišta. Poljoprivrednoj uporabi namijenjeno je više od 60 % područja (npr. 64 % na području općine Črenšovci). Slijede šumska zemljišta s oko 21 %, a zbog gusto naseljenih područja, građevinska zemljišta sa oko 10 %. Relativno velik je udio vodnog zemljišta, koji čine oko 5 %

površine i uključuju uglavnom vodotoke, močvare i napuštene šljunčare. Manje od 1 % zemljišta je klasificirano kao kategorija druga zemljišta. Analiza pokrovnosti tla na cijelom obrađivanom području pokazala je da najveći udio imaju različite kategorije poljoprivrednog zemljišta (63,5 %), a slijede ih kategorije šumskih površina (28,7 %) i izgrađena i slična zemljišta (2,8 %). Najmanji udio imaju vodene i stajanje površine (2,8 %)

3.1.2.12 Stanje okoliša

Kvaliteta zraka

Na obrađivanom području i u njegovoj blizini nema postaja gdje bi se vršila takva mjerenja. Uredbom o proglašenju zona i aglomeracija prema stupnju onečišćenja zraka na području Republike Hrvatske (NN br. 1/14) Međimurska županija se svrstava u područje HR 1 za koje se procjenjuju razine onečišćenja zraka u smislu zaštite ljudskog zdravlja. Razine onečišćenja prikazane su detaljnije u donjoj tablici, koja u načelu prikazuje dobre rezultate: za okside, benzen, teške metale i CO su procijenjene vrijednosti ispod donjeg praga ocjenjivanja SO₂ i čestica prašine ispod gornjeg praga ocjenjivanja. U obrađivanom području stočarstvo predstavlja važan izvor onečišćenja zraka s brojnim objektima za intenzivan uzgoj životinja, koji su izvor emisija neugodnih mirisa.

Stanje površinskih voda

Na temelju provedenih mjerenja u razdoblju od 2008. do 2012. godine na mjernoj postaji Goričani prikazano je DOBRO ekološko stanje rijeke Mure. Prati se i stanje pritoka rijeke Mure, koje je u većini slučajeva vrlo LOŠE. Temeljem Plana upravljanja vodama za razdoblje 2013. – 2015 kemijsko i ekološko stanje vodnog tijela Mura CDRI0003_003 je DOBRO.

Stanje podzemnih voda

U okviru nacionalnog praćenja kakvoće podzemnih voda u obrađivanom području ne provode se mjerenja kvalitete podzemnih voda. Ona se provode na nekoliko mjernih postaja u blizini i na području istog vodonosnika, pa se stoga njihovi rezultati mogu sažeti kao relevantni za područje obrade. Opća ocjena kemijskog stanja podzemnih voda Murske kotline u 2015. godini pokazuje LOŠE stanje.

Odvajanje i pročišćavanje otpadnih voda

Sustavno ispuštanje komunalnih otpadnih voda djelomično je regulirano na obrađivanom području. Kanalizacijski sustav za odvajanje komunalnih otpadnih voda uređen je u svim većim naseljima, a većina zgrada je priključena na njega. Kanalizacijski sustav u naseljima Črenšovci, Žižki i Trnje izgrađen je 1997. godine, u naseljima Dolnja Bistrica, Srednja Bistrica i Gornja Bistrica 1998. godine. Djelomično je izgrađena kanalizacija još u naseljima Kapca, Hotiza, Kot, Gaberje, Kolonija. I Kolonija Petišovci. Unutar obrađivanog područja, u slovenskom dijelu, sjeverno od naselja Hotiza nalazi se samo jedno postrojenje za pročišćavanje. Postojeća javna kanalizacijska mreža na hrvatskom dijelu obrađivanog područja isto tako je djelomično izvedena. Mreža je uglavnom regulirana u središtima naselja i osim nekih iznimki nije povezana u cjelinu. Rubna naselja nisu povezana. U Međimurskoj županiji trenutno je u pogonu nekoliko postrojenja za pročišćavanje. Na području općine Sv. Martin na Muri planirana je odvodnja komunalnih

otpadnih voda u naseljima Hlapčina, Marof, Žabik, Vrhovljan, Sv. Martin na Muri, Brezovec, Jurovec, Lapšina, Čestijanec i Gradišćak. Trenutno je u izgradnji kanalizacijski sustav Zasadberg.

Opskrba stanovništva pitkom vodom

Vodovodna mreža izgrađena je u svim naseljima. Na području Slovenije aktivan je zajednički sustav opskrbe pitkom vodom u skladu s projektom „Opskrba Pomurja pitkom vodom – sustav A” kojim upravlja javno poduzeće Eko-park d.o.o. Lendava. Javni vodoopskrbni sustav opskrbljuje sva naselja Međimurske županije.

Otpad

Podatci o slovenskim općinama unutar obrađivanog područja ukazuju na trend povećanja količine prikupljenog otpada. Nakon 2009. godine trend je obrnut, a posljednjih godina došlo je do pada količine prikupljenog otpada, što je rezultat promjene načina prikupljanja otpada u smjeru učinkovitijeg sustava gospodarenja otpadom. U Međimurskoj županiji se kao i drugdje bave problemom odlaganja ostataka odvojeno prikupljenih frakcija, budući da planirani centar za gospodarenje otpadom Piškornica još nije u funkciji.

3.1.3 HIDROLOŠKA ANALIZA

3.1.3.1 Opis ishodišta i korištenih podataka

Hidrološka analiza Mure za projekt FRISCO1 podijeljena je na sklopove koji su se smisleno pratili i nadograđivali. Budući da je hidrološki sustav rijeke Mure ogroman, konceptualni hidrološki model riječnog sliva nije izrađen za potrebe projekta, već su dva ključna podatka, a to su određivanje projektnih tijekova različitih povratnih razdoblja za cijelu dionicu i određivanje oblika projekta poplavnog vala, što je već obrađivano u prethodnim studijama koje su se bavile povratnim razdobljima u međudržavnom području rijeke Mure, koje obuhvaća četiri države: Austriju, Sloveniju, Hrvatsku i Mađarsku (Brilly, 2011.).

Maksimalni protoci za obrađivanu dionicu u okviru projekta FRISCO određeni su analizom mjerenja na mjernim postajama Petanji, Mursko Središće i Goričani, koje se nalaze unutar analiziranog područja. U obzir je uzeta hidrološka studija rijeke Mure iz 2011. koja je statistički ocijenila izmjerene protoke na svim mjernim postajama uzduž rijeke Mure. Osim ove studije, rezultati statističke analize protoka su izvučeni iz rezultata projektnih partnera na projektu FRISCO, gdje je provedeno mjerenje izmjerenih protoka na postajama Mursko Središće i Goričan. Ustanovljeno je da se protok uzduž toka bitno ne mijenja, što potvrđuje zaključak da je podudarnost ostalih vodotoka, zaobalnih vodotoka i vlastitih voda s rijekom Mura mala. Prema provedenim analizama utvrđeno je da su vrijednosti dobivene statističkom funkcijom Galton na vodomjernoj postaji Mursko Središće najprikladnije i daju očekivane projektne vrijednosti visokih protoka. Procijenjeno je da se za cijelu dionicu primjenjuje ujednačena vrijednost visokog protoka vode za svako povratno razdoblje.

Projektni poplavni val određen je na temelju mjerenja prošlih poplavnih valova tijekom velikih poplavnih događaja. Analizom oblika i volumena izmjerenih poplavnih valova identificirana su tri karakteristična poplavna vala (normalizirana), koji daju predloženi uski, srednji i široki poplavni val. Određivanje karakterističnih poplavnih valova (normaliziranih) izvršeno je u okviru preliminarne studije DV Cirkovce-Pince. Ovisno o dobivenim hidrografima, predloženo je korištenje širokog poplavnog vala 200-satnog trajanja, koji pokazuje najnepovoljniju poplavnu situaciju usporedivu s poplavnim valom na rijeci Muri (Mursko Središće) u 2005. godini. Postavljen hidraulički model ima samo 1 ulazni hidrogram za pojedinačna povratna razdoblja.

3.1.3.2 *Analiza kvalitete dobivenih podataka*

Za potrebe određivanja maksimalnih protoka u analiziranoj dionici korištena je serija od tri mjerne postaje na rijeci Muri, odnosno Petanjci (Slovenija), Mursko Središće (Hrvatska) i Goričan (Hrvatska). U sklopu rezultata analizirane su i statističke analize tokova na mjernom mjestu Mursko Središće i Goričan, koje analiziraju skup podataka u periodu između 1926. – 2016. U oba slučaja najprikladnija je raspodjela prema Galtonu.

	HRVATSKA	
šifra postaje	5044	5035
ime postaje	Mursko Središće (Mura)	Goričan (Mura)
distribucija	Galton	Galton
Q1	261.3	231.5
Q2	665.9	590.9
Q5	933.6	828.8
Q10	1113.9	989.1
Q25	1344.8	1194.5
Q50	1518.7	1349.3
Q100	1694.4	1506
Q500	2114.5	1880
Q1000	2302.4	2047

Analiza vjerojatnosti poplava za hidrološke postaje Mursko Središće i Goričan.

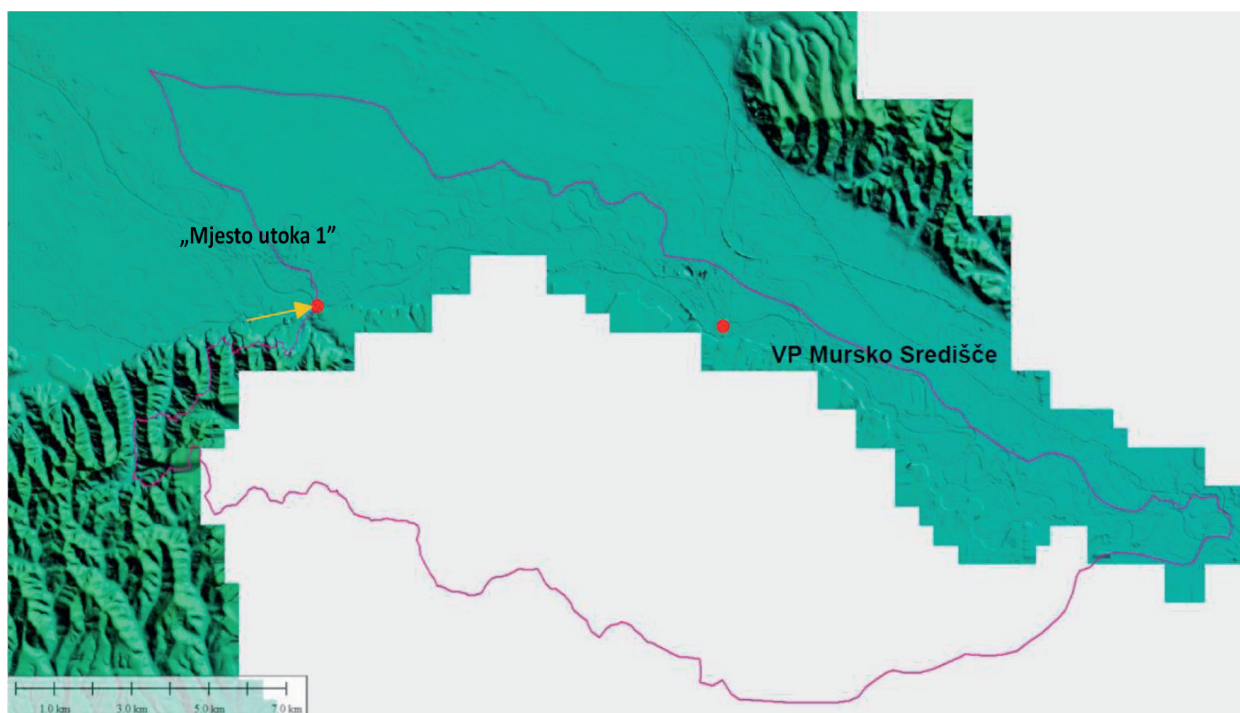
U sklopu Hidrološke studije rijeke Mure izvedene 2011. godine (Brilly i sur., 2011.), analizirani su hidrološki podatci za 24 postaje uz rijeku Muru i njene pritoke: 15 u Austriji, 4 u Sloveniji, 3 u Hrvatskoj i 2 u Mađarskoj, prikupljeni u razdoblju od 1961. do 2005. godine. Svi skupovi podataka nisu bili potpuni jer su u međuvremenu nedostajali podatci ili su mjerenja započela kasnije. U sklopu ove studije obrađene su i postaje Petanjci, Mursko Središće i Goričan.

Utvrđeno je da su u slučaju Murskog Središća i Petanjaca odstupanja unutar odgovarajućih granica. Pokazalo se da se protok uzduž toka bitno ne mijenja, što potvrđuje zaključak da je podudarnost ostalih

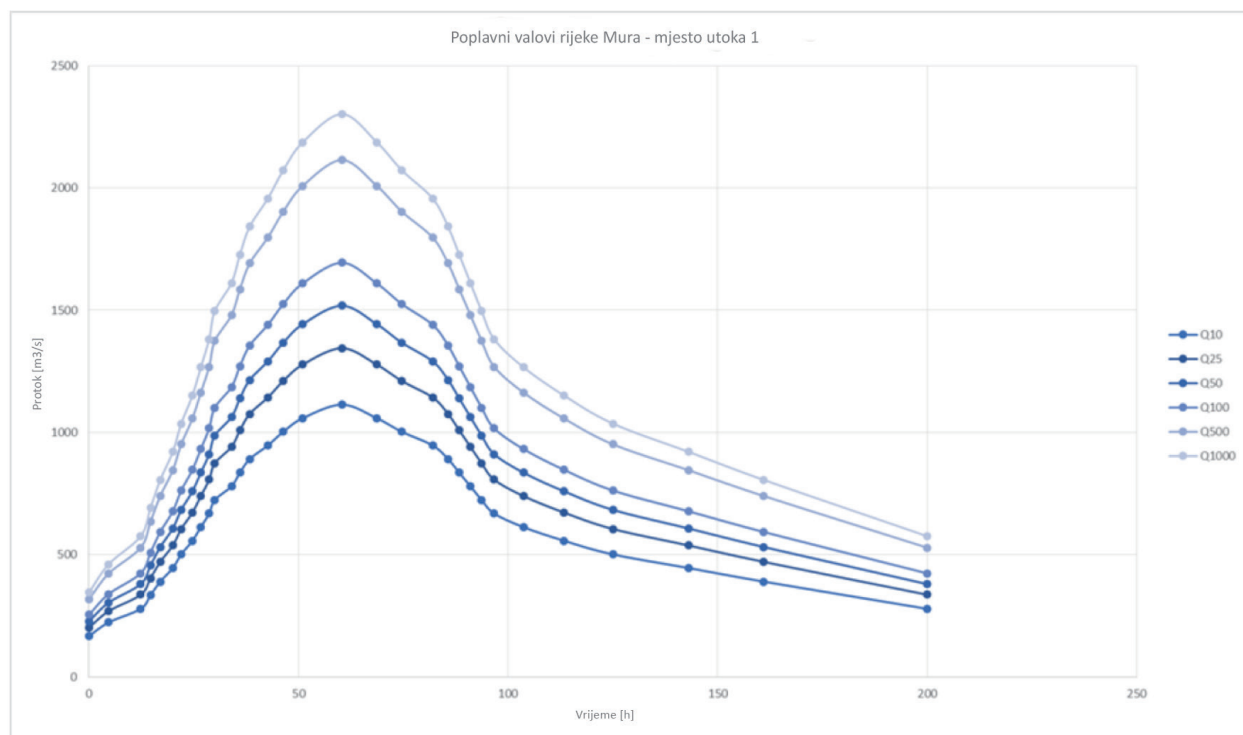
vodotoka s rijekom Mura mala. Da bi se definirale ulazne količine rijeke Mure na analiziranoj dionici su primijenjene vrijednosti na mjernom mjestu Mursko Središće, koje su vrednovane prema statističkoj raspodjeli Galton.

3.1.3.3 *Poplavni valovi rijeke Mure*

Poplavni valovi su dani za presjek, odnosno lokaciju »Mjesto utoka 1« (Slika 10). Zbog preciznije definicije gornjeg graničnog uvjeta, on se širi uzvodno, prema VP Petanjci. Prema preliminarnim analizama, predloženi poplavni valovi također se mogu koristiti u slučaju uzvodnog pomaka mjesta utoka prema VP Petanjci zbog uzvodnog širenja modela.



Prikaz obrađivanog područja s lokacijom »Mjesto utoka 1« i mjernim mjestom Mursko Središće



Poplavni valovi rijeke Mure u presjeku, odnosno na lokaciji »Mjesto utoka 1«

Vrijeme [h]	Povratno razdoblje					
	Q10	Q25	Q50	Q100	Q500	Q1000
Protok [m³/s]						
0	167	202	228	254	317	345
4.67	223	269	304	339	423	460
12.33	278	336	380	424	529	576
14.67	334	403	456	508	634	691
17	390	471	532	593	740	806
20	446	538	607	678	846	921
22	501	605	683	762	952	1036
24.67	557	672	759	847	1057	1151
26.67	613	740	835	932	1163	1266
28.67	668	807	911	1017	1269	1381
30	724	874	987	1101	1374	1497
34	780	941	1063	1186	1480	1612
36	835	1009	1139	1271	1586	1727
38.33	891	1076	1215	1356	1692	1842
42.67	947	1143	1291	1440	1797	1957
46.33	1003	1210	1367	1525	1903	2072
51	1058	1278	1443	1610	2009	2187
60.33	1114	1345	1519	1694	2115	2302
68.67	1058	1278	1443	1610	2009	2187
74.67	1003	1210	1367	1525	1903	2072
82	947	1143	1291	1440	1797	1957
85.67	891	1076	1215	1356	1692	1842
88.33	835	1009	1139	1271	1586	1727
91	780	941	1063	1186	1480	1612
93.67	724	874	987	1101	1374	1497
96.67	668	807	911	1017	1269	1381
103.67	613	740	835	932	1163	1266
113.33	557	672	759	847	1057	1151
125	501	605	683	762	952	1036
143	446	538	607	678	846	921
161	390	471	532	593	740	806
200	278	336	380	424	529	576

Tablični prikaz poplavnih valova rijeke Mure u presjeku »Mjesto utoka 1«

Svakom povratnom razdoblju pripada jedan poplavni val, što je posljedica predloženog karakterističnog poplavnog vala (standardiziranog) širokog oblika i predloženog protoka dobivenog statističkom analizom mjerenja na vodomjernoj postaji Mursko Središće.

3.1.3.4 Količina vode u drugim vodotocima

Preostali vodeni sustavi koji mogu neizravno utjecati na poplavno stanje područja su sljedeći:

- Ščavnica
- Ledava s Črncem i Ajašem
- Zaobalni pritoci iz desnog zaleđa rijeke Mure
- Vlastite vode Kopice
- Otjecanje viška količine vode rijeke Mure iz uzvodnog područja

Ščavnica

Vodotok Ščavnica po obrađivanom području teče uzvodno od lokacije, gdje smo stavili poplavne valove. Budući da je za određivanje protoka korištena vodomjerna postaja Mursko Središće, koja se nalazi nizvodno od lokacije mjesta utoka 1, njen je doprinos već uključen u analizu. Podudarnost visokih voda rijeke Ščavnice i visokih voda rijeke Mure je niska.

Ledava s Črncem i Ajašem

U ovom slučaju, riječ je o sustavu koji se ulijeva u Muru izvan područja obrade i stoga ne utječe izravno na protok rijeke Mure i nije dio hidrološke analize. Višak količine vode (povratnog razdoblja Q100) ovog sustava može teći u analizirano područje i utjecati na poplavno stanje područja, ali potonje je pretežno hidraulički, a ne hidrološki problem.

Zaobalni pritoci iz desnog zaleđa rijeke Mure

Hidrološka obrada tih pritoka sa stajališta hidrauličkog modeliranja rijeke Mure nije bila nužna, jer pritoci ne mijenjaju hidrološki režim rijeke Mure. Osim toga, podudarnost zaleđa i Mure je zanemariva.

Vlastite vode Kopice

Sustav Kopice s pritocima (Libovija) aktivira se u slučaju podizanja podzemne vode, odnosno u slučaju jačih padalina. U predmetnom području nalazi se plitki vodonosnik. Radi se o vlastitim vodama, koje su uzete u obzir u hidrauličkom modelu primjenom simulacije padalina i infiltracije.

Otjecanje viška količine vode rijeke Mure iz uzvodnog područja

Slično kao u slučaju analize Ledave s Črncem i Ajašem, ovaj problem je hidraulički i hidrološki. Riječ je o raspodjeli količina vode na lokaciji mjesta utoka, što se može odrediti samo uspostavljanjem uzvodnog modela i određivanjem protočnih količina vode rijeke Mure u analiziranom području.

3.1.4 HIDRAULIČKA ANALIZA

Rezultati i zaključci Prekogranično usklađene studije smanjenja rizika od poplava za prekogranični sliv rijeke Mure temelje se na korištenju alata koje je naručitelj predao proizvođaču na korištenje: hidraulički model Mure (proizvođač modela Institut za hidraulička istraživanja) te bilateralno usklađene metodologije.

3.1.4.1 *Područje obrade*

Unutar definiranog područja Frisco, dionica Mure je dugačka oko 30 km, ali obrađivano područje Frisco seže po lijevoj obali rijeke Mure daleko uzvodno, sve do naselja Odranci. Kroz projekt je utvrđeno da je analizom dijela Mure unutar područja Frisco nemoguće procijeniti nadolazeće poplavne struje koje „pritječu“ u područje modela kao posljedica mogućeg poplavlivanja rijeke uzvodno, pa bi posljedično model dao lažne rezultate poplavnog stanja. Na temelju toga, proizvođač modela je na odgovarajući način proširio dio modela Mure uzvodno sve do željezničkog mosta u Veržeju. Time je dio modela Mure produljen za 20 km, a ukupna duljina obrađivane dionice je oko 50 km. Frisco područje se proteže izvan područja modela samo na krajnjem južnom rubu, gdje nema zabilježenih vodenih tokova i sa stajališta hidrauličke analize ne predstavlja veliku važnost.

3.1.4.2 *Osnovne karakteristike modela*

Hidraulička analiza Mure izvedena je pomoću kombiniranog 1D+2D hidrauličkog modela MIKEFLOOD, koji je sastavni dio programskog paketa MIKE DHI. Karakteristika modela je da se s 1D modelom simulira tok u koritu rijeke, za modeliranje razlijevanja poplavne vode izvan korita rijeke, gdje se može pojaviti izraženi 2D tok, koristi se 2D model.

1 D model

Model počinje uzvodno oko 170 m nizvodno od željezničkog mosta preko Mure kod Veržeja (obračunska stacionaža 0 m) i završava na 5460 m nizvodno od granice ciljanog područja (obračunska stacionaža 50026 m). Ukupna dužina dionice modela je 50.026 km, a duljina dionice Mure unutar ciljanog područja iznosi 32.471 km. U hidrauličkom modelu, obračunska stacionaža se povećava u smjeru pritoka.

Geometrija korita opisana je s 126 geodetski izmjerenih poprečnih profila, od kojih je 35 za potrebe projekta FRISCO1 u travnju 2017. godine izmjerio ARSO, dok su ostale djelomično preuzete iz studije TC vode iz 2012. godine, dio su dostavile Hrvatske vode. Svi korišteni poprečni profili mjereni su u razdoblju nakon 2010. godine. Zbog numeričke stabilnosti u model je ugrađeno 451 interpoliranih poprečnih profila, tako da udaljenost između profila nigdje ne prelazi 100 m.

2D MODEL

Za izradu 2D modela upotrijebljena je pravokutna mreža ćelija od 12,5 x 12,5 m. Model obuhvaća površinu dimenzije približno 37,3 x 17 km, odnosno 2987 x 1361 ćelija. U 2D model je ugrađeno oko 65 km protupoplavnih nasipa, od kojih je oko 37 km u ciljanom području, dok su ostali izvan njega, s ciljem da se osigura ispravna hidraulička slika na rubovima obrađivanog područja. Zbog specifičnosti poplavnog

toka nakon inundacije, posebno na zračnoj strani nasipa, u modelu su također identificirani propusti ispod cesta i željeznice. Model je izrađen u D96 / TM koordinatnom sustavu.

3.1.5 Hidraulička analiza postojećeg stanja

Pomoću hidrauličkog modela, poplave su analizirane u različitim povratnim razdobljima Q10, Q25, Q50, Q100, Q500 i Q1000. Poplave rijeke Mure na lijevoj obali mogu se podijeliti na poplave unutar visokih nasipa i poplave koje su posljedica prelijevanja istih. Obrambeni nasipi rijeke Mure na lijevoj obali protežu se od početka dionice modela kod željezničkog mosta u Veržeu i sve do Benice, s kraćim prekidima na dionicama prirodno visoke terase. Na desnoj obali nasipi su podignuti lokalno uz veća naselja (Sv. Martin, Križovec i Podturen), duži nasip počinje tek nizvodno od naselja Novakovec.

Na višim protocima, razina vode mjestimično prelazi krunu nasipa i prelijeva ga. Najveći volumen poplave očekuje se pri vrlo visokim protocima Q500 i Q1000, koji također premašuju projektnu visinu nasipa i poplavljuju veliko ravničarsko područje murskog polja.

Kako bi se omogućila detaljnija interpretacija rezultata na tako velikom području, obrađeni dio Mure je podijeljen u 3 potpodručja:

- Dionica od Veržea (početak modela) do Gibine
- Dionica od Gibine do Murskog Središća
- Dionica od Murskog Središća do kraja modela.

3.1.5.1.1 Dionica Veržej – Gibina

Na dionici Veržej – Gibina područje Frisco nalazi se samo na lijevoj obali rijeke Mure. Na dionici od željezničkog mosta Veržej do Gibine, na lijevoj obali uz rijeku Muru izgrađeni su visoki nasipi, koji su posljednjih godina mjestimično obnovljeni i povišeni. Zadnja je povišena (u srpnju 2018.) dionica nasipa u Melincima. Na desnoj obali, na udaljenosti od 0,5 – 1,5 km od riječnog korita teren se podiže na visoku terasu, gdje se mjestimično na rubovima visoke terase grade obrambeni nasipi.

Rezultati hidrauličkog modela pokazuju da visoke vode Mure, na dionici Veržej-Gibina, u većoj mjeri prelijevaju obrambeni nasip na lijevoj obali samo kod Q100 protoka. Rezultati modela pokazuju da već visoke vode nižega ranga (Q10) poplavljuju nasip kod Nemščaka i uzrokuju poplavu u manjoj mjeri. Rezultati modela pokazuju relativno mali obujam poplave koja ne dolazi do naselja Ižakovci i posljedično ne ugrožava postojeću gradnju. Područje se nalazi izvan ciljnog područja Frisco Mura.

Nizvodno je obrambeni nasip s prekidom kod šljunčare Melinci. Rezultati modela ukazuju na izlivanje visokih voda Mure kod Q100 i na područje obrambene terase, ali je razmjor poplave relativno mali. Detaljnija Lidar analiza terena i površina pokazala je, da je na cijeloj dionici visoke terase površina na granici ruba terase, odnosno izmjerene visine Lidar snimka prilično variraju. To je najvjerojatnije posljedica guste vegetacije na ovom području, što dodatno smanjuje točnost Lidar snimanja.

Veće prelijevanje obrambenih nasipa počinje na području općine Črenšovci. Visoke vode počinju se prelijevati kod uređaja za pročišćavanje u Melincima. Nasip je preplavljen na više dionica, a poplavni tok na zračnoj strani nasipa teče u smjeru naselja Gornja Bistrica, gdje dolazi do jedne od lokalnih cesta te se nizvodno zaustavlja kod regionalne ceste R3-1322 Črenšovci-Razkrižje. Na ovoj dionici nasip također prelijevaju visoke vode nižeg povratnog perioda (Q25 i Q50) i to poplavljuje dionica nasipa kod objekata Gornja Bistrica 24 i 25, a zatim poplavni tok teče duž nasipa nizvodno i poplavljuje unutar naselja područje između obrambenog nasipa i lokalne ceste.

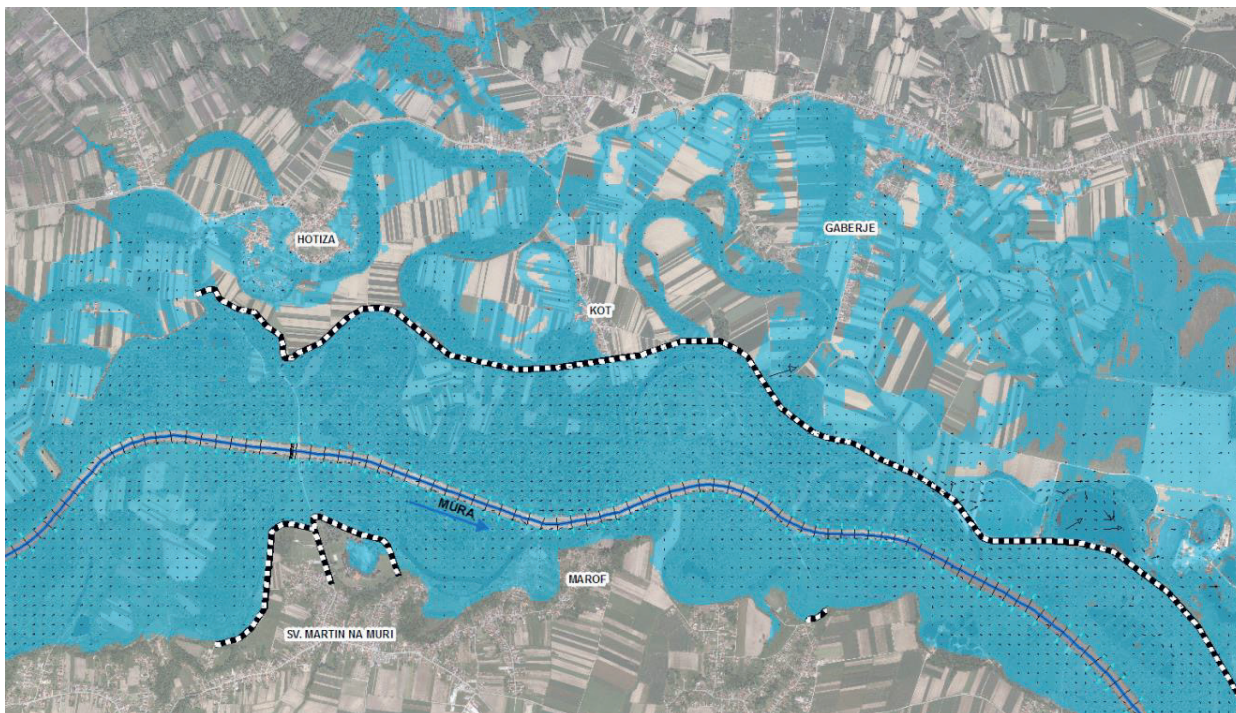
Također nizvodno od mosta regionalne ceste rijeka Mura kod Q100 mjestimično prelijeva obrambeni nasip. Poplavljuje na zračnoj strani nasipa po velikim poljoprivrednim zemljištima prema naselju Dolnja Bistrica, gdje prelijeva lokalne ceste i poplavljuje sve dok poplavni tok ne dođe do regionalne ceste R2-0322 Črenšovci-Dol. Lakoš, gdje se poplavni tok zaustavlja. Na području Dolnje Bistrice poplavni tok se odvodi i napaja nekadašnje rukavce Mure.

U slučaju katastrofalnih poplava (Q500 i Q1000), visoke vode Mure bi u velikoj mjeri poplavile obrambene nasipe. Stvaraju se dva poplavna toka, a uzvodni poplavni tok dopire do naselja Ižakovci, Melinci, južni dio Beltinaca. Visoka voda prelila bi lokalnu Ravensku cestu i razlila se prema naselju Odranci, gdje bi bila poplavljena i regionalna cesta R2-0321 Beltinci-Črenšovci (Panonska ulica). Poplava bi došla i do naselja Črenšovci. Drugi poplavni tok se stvara kod naselja Gornja, Srednja i Dolnja Bistrica. Poplavni tokovi se kod Črenšovaca spajaju i teku naprijed prema istoku.

3.1.5.1.2 Dionica od Gibine do Murskog Središća

Hidraulička analiza pokazala je da se razina Mure do protoka Q10 nalazi na lijevoj i desnoj obali unutar obrambenih nasipa, odnosno ispod visoke strme padine. Kod protoka Q25 i Q50, razina je mjestimično viša od visoke terase na lijevoj obali. Vode visoke Mure uglavnom utječu u nekadašnje rukavce (Berek). Također, na desnoj obali visoke vode Q25 i Q50 mjestimično dopiru iznad visoke terase. U Marofu, gdje se poplavno područje na desnoj obali smanjilo za više od 100 m, Mura poplavljuje dio naselja Marof i lokalne ceste.

Kada bi došlo do Q100 Mura bi na lijevoj obali prelila visoku terasu između Dolnje Bistrice i Hotize. Na ovoj dionici nema izgrađenog obrambenog nasipa, a poplavni tok bi tekao prema Hotizi. Poplava dopire do regionalne ceste R2-0322 Črenšovci-Dol. Lakoš. Ispod ceste se grade propusti kojima poplavna voda napaja nekadašnji rukavac. Naselje Hotiza zaštićeno je obrambenim nasipima, no naselje je poplavljeno zbog poplavne vode koja se razlijeva uzvodno i dolazi do naselja sa zapadne strane.



Prikaz dosega razine Q100 na području Hotiza-Gaberje i Sv. Martin na Muri.

Na dionici Hotiza – kod visoke vode Mure ranga Q100 ne prelijevaju nasip na lijevoj obali. Poplava na zračnoj strani posljedica je poplavnog toka koji doteče po poplavnom području sa zapada. Mura kod Q100 prelijeva nasip na lijevoj obali u naselju Gaberje. Poplavljena su opsežne poljoprivredne površine između obrambenog nasipa i regionalne ceste R2-0322 Črenšovci-Dol. Lakoš. Gornji i Dolnji Lakoš tipična su naselja uz cestu, kao posljedica toga objekti koji se nalaze između nasipa ceste su potencijalno u opasnosti od poplava. Djelomično je poplavljeno i selo Gaberje koje se prostire preko poplavnog područja. Tok poplavne vode na zračnoj strani nasipa otječe u smjeru istoka, gdje barijeru u prostoru predstavljaju autocesta i željeznička pruga. Ispod njih su izgrađeni inundacijski propusti, koji omogućuju istjecanje poplavnih voda nizvodno, čime se sprječava stvaranje kazete na uzvodnoj strani.

Na desnoj obali je većina naselja (Čestijanec, Lapšina, Jurovec) izgrađena na koti koja nije u riziku od poplava, na visokoj murskoj terasi. U naselju Sv. Martin na Muri je već izgrađen obrambeni nasip. Zapadni dio trase je dovoljno visok i štiti naselje od poplava rijeke Mure ranga Q100, dok je istočni ogranak nasipa prenizak pa ga visoke vode Mure prelijevaju. Manji dio nenaseljenog područja je poplavljen. Više od prelijevanja nasipa ozbiljan problem u naselju Sv. Martin na Muri predstavlja propuštanje nasipa, koje može ugroziti stabilnost postojećih nasipa i u slučaju rušenja, predstavlja veliku opasnost za lokalno stanovništvo. U slučaju pojave Q100 poplavljen je i niži dio naselja Marof. Zbog konfiguracije terena, opseg poplava u ovom području ne povećava se značajno u odnosu na Q25, već je dublji za oko 30 cm.

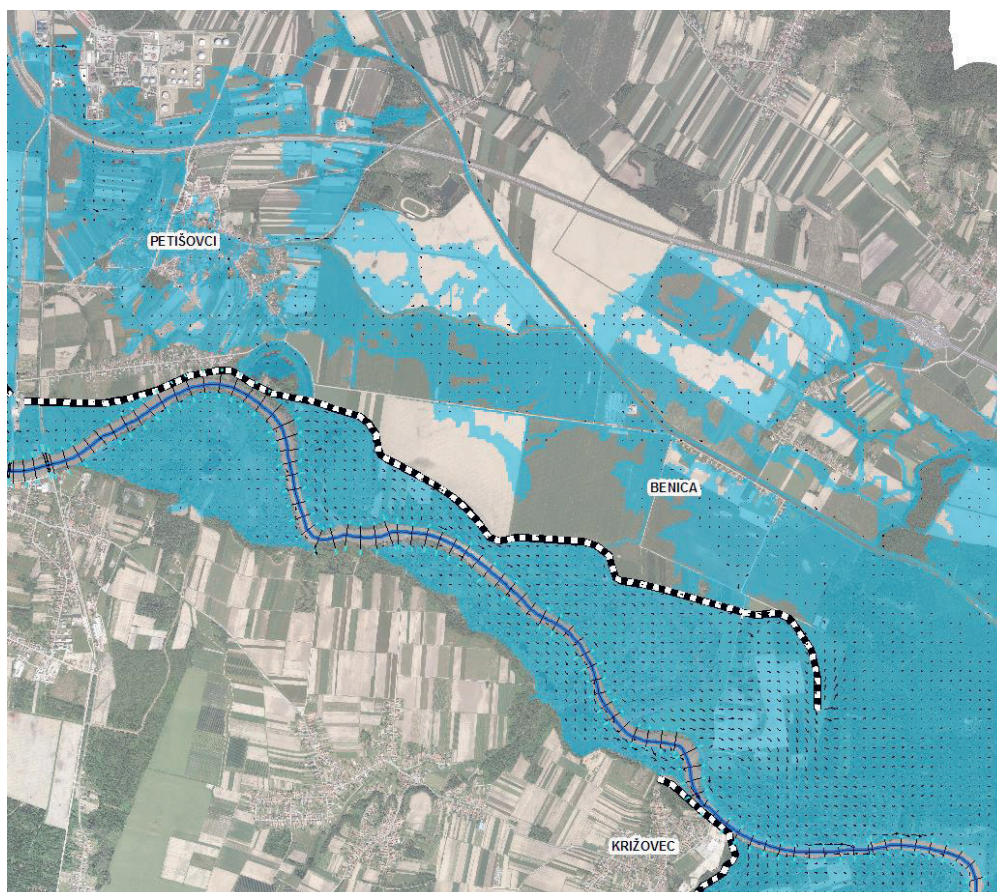
Nizvodno do Murskog Središća, rijeka Mura na desnoj obali poplavljuje samo do obrambene terase i ne ugrožava postojeća naselja. Hidraulički model prikazuje učinak reteniranja Mure nakon Gornjeg potoka sve do premošćenja ceste Hlapičina-Mursko Središće.

U Murskom Središću je samo poplavljeno područje novoizgrađene lagune uzvodno od mosta (Trska). Područje lagune do obrambenog zida je u hidrauličkom modelu pokriveno 1D modelom, zato 2D model ne prikazuje poplave na toj dionici.

Q500 i Q1000 je na zračnoj strani nasipa poplavljeno veliko ravničarsko područje do Velike i Male Polane, a poplava teče u smjeru autoceste, koju također s obzirom na rezultate modela prelijeva i poplavljuje u Lendavi.

3.1.5.1.3 Dionica od Murskog Središća do kraja modela

Nizvodno od željezničke pruge koja mostom prelazi Muru kod Murskog Središća, na lijevoj obali izgrađen je obrambeni nasip, koji se proteže od kolonije Petišovci do Benice. Hidraulički model pokazuje da visoke vode Mure ne prelijevaju postojeći nasip čak niti kod protoka s 1000-godišnjim povratnim razdobljem. Detaljnija analiza pokazuje da je zaleđe Petišovaca sigurno od poplava do protoka Q50. Na kraju obrambenog nasipa u Benici, iz Murske šume teče povratni tok Mure prema Benici i već kod Q25 doseže rubne dijelove naselja, te poplavljuje poljoprivredne površine između obrambenih nasipa Ledave i obrambenih nasipa Mure. Kod nastupanja Q100 Mura bi zaobalnim poplavnim tokovima, koji dotječu po inundacijskim propustima ispod željeznice, poplavila područje Petišovaca. Poplavne vode djelomično se ulijevaju u Kopicu i nastavljaju prema Ledavi, a djelomično otječu u smjeru Petišovskog polja prema Benici. Kod nastupanja protoka Q100 ili većeg poplave na područje Benice dolaze iz dva smjera i to kao povratni tok iz Murske šume te po poplavnom području sa zapadne strane.



Prikaz doseg razine Q100 rijeke Mure na dionici Petišovci-Benica, odnosno Mursko Središće-Križovec.

Na desnoj obali nizvodno od Murskog Središća poplava se proteže do visoke strme padine, točno do naselja Križovec, na ovoj dionici nema naselja. U Križovcu je izgrađen obrambeni nasip koji štiti naselje od visokih voda Mure do 1000-godišnjeg povratnog razdoblja. Čak i postojeća naselja nizvodno (Lončarevo, Podturen, Novakovec i Dekanovec) zaštićena su postojećim protu poplavnim nasipima, koji, s obzirom na rezultate hidrauličkog modela, također osiguravaju sigurnost i kod protoka Q1000. Ni na ovoj dionici u modelu nije uzeto u obzir urušavanje ili propuštanje nasipa. Sigurnost od poplava proizlazi samo od visine nasipa.

3.1.6 ANALIZA RIZIKA OD POPLAVA

3.1.6.1 Uvod

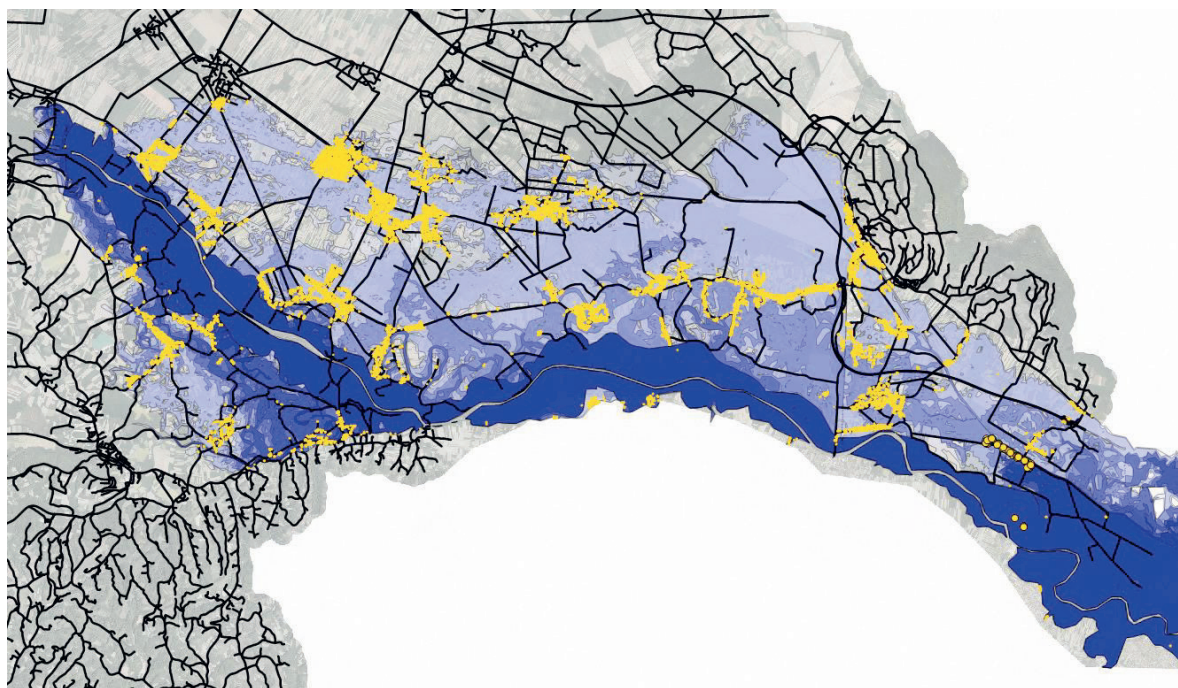
Procjena rizika od poplava temelj je procesa optimizacije mjera te financijske i ekonomske analize. Osnova za definiranje poplavnih šteta u okviru projekta FRISCO1 bila je metodologija »Podloga za Bilateralnu metodologiju ekonomske procjene poplavnih šteta na prekograničnim slivovima, Metodologija Huizinga s parametrima za FRISCO1 projekt (Sveučilište u Zagrebu). Ova metodologija definira ograničen raspon kategorija štete, koje u prosjeku čine 80 % ukupne štete u svim razmatranim državama EU. Metoda obuhvaća procjenu štete na (1) stambenim objektima, (2) poslovnim zgradama, (3) industrijskim zgradama, (4) cestama i u (5) poljoprivredi.

3.1.6.2 Definiranje parametara za razmatrano poplavno područje

Broj ugroženih objekata: 8252 objekta (objekti na slovenskoj i hrvatskoj strani), od toga je 8.153 objekata na slovenskoj strani i 99 objekata na hrvatskoj strani). Metoda definiranja (1) objekta predstavlja doseg 1000 godišnjih voda na temelju hidrauličkog izračuna. Objekti su određeni na temelju katastra zgrada u Republici Sloveniji (slovenska strana) ili su definirane na temelju ortofoto identifikacije za hrvatsku stranu. Izrazito manji broj objekata na hrvatskoj strani rijeke Mure posljedica je činjenice da se tamo većina objekata nalazi na tzv. strmoj padini – povišenom dijelu terena. S druge strane, slovenska strana nema značajnu fizičku visinsku barijeru između poplavnog područja i naseljenih područja.

Duljina ugrožene važne linijske gospodarske javne infrastrukture definirana je na temelju podataka iz konsolidiranog katastra javne infrastrukture Republike Slovenije. Pritom su klasificirane kao važna linijska gospodarska javna infrastruktura u skladu s Huizingovom metodom prometnica, koje su klasificirane kao općinske ili državne ceste. Njihova ukupna duljina iznosi 429,97 km u poplavnim područjima s 1000-godišnjim povratnim razdobljem. Iz perspektive teže prepoznatljivih cesta ističu se lokalne ceste (u nekim slučajevima i sa statusom poljske ceste) ukupne duljine 351,72 km. Sve navedene analizirane ceste nalaze se na slovenskoj strani. Procjenjuje se da je ukupna duljina cesta koje su izložene poplavama na hrvatskoj strani otprilike 1 km, tako da nisu bile posebno obrađene u analizi.

Oštećenja na cestama je teško procijeniti sa stajališta dubine vode na cesti, uzimajući u obzir krivulje oštećenja (omjer dubina - oštećenja), budući da ceste često prolaze po različitim dubinama koje bi se u tom slučaju trebale procjenjivati mikro razrezima dionica ceste. Stoga je pretpostavljeno srednje potonuće ceste na dubini od 0,5 metara za sve ceste, koje su obuhvaćene ovojnicom na određenoj dubini i za koje je izračunata šteta od poplava.



Opseg poplava (Q1000) s prikazom objekata kao oštećenih objekata (izvor: katastar RS i vlastiti unos za Republiku Hrvatsku; prikaz cesta (općinske i državne), izvor: ZKGJI (Slovenski katastar)).

Šteta na poljoprivrednim zemljištima izračunata je na temelju sličnih kriterija definiranih za ceste, budući da, kao i ceste, rješavanje dubina na poljoprivrednom zemljištu predstavlja poseban izazov.

Kategorija šteta	Prosječna godišnja šteta (EUR)	
G. INŽ. OBJEKTI	lokalne ceste*	201.747,65 €
G. INŽ. OBJEKTI	državne ceste*	52.129,35 €
POLJOPRIVREDA	Poljoprivreda*	71.809,65 €
ZGRADE	zgrade (zgrade i oprema)	1.217.032,90 €
OSTALO	preostala šteta (20 % ukupne štete)	385.679,89 €
UKUPNO:		1.928.399,44 €

Očekivana godišnja šteta od poplava u poplavnom području iznosi 1.928.399,44 EUR.

3.2 OSMIŠLJAVANJE I ANALIZA ALTERNATIVNIH RJEŠENJA

3.2.1 OSMIŠLJAVANJE ALTERNATIVNIH RJEŠENJA

Na temelju analize postojećeg stanja i rezultata hidrauličke analize napravljen je konačni skup mjera za upravljanje rizicima od poplava na projektnom području rijeke Mure. U tom smislu, kao prioriteta područja identificirana su ona s najvećim potencijalom za štete, a to su područja na kojima su ugrožena postojeća naselja, gospodarske aktivnosti, infrastruktura itd.

3.2.1.1 *Scenarij »bez mjera«*

Postojeće građevine, odnosno naselja se na obrađivanoj dionici štite većinom obrambenim nasipima. Većini naselja je pružena zaštita od poplava uslijed visokih voda s povratnim razdobljem od 10 godina, a većina nasipa pruža zaštitu od poplava za protok Q100 ili više. Kako bi se održala barem postojeća razina zaštite od poplava, potrebno je redovito održavanje već izgrađene vodene infrastrukture. Tako je na mnogim mjestima utvrđeno propuštanje nasipa, čime se ugrožava njihova stabilnost, a u slučaju urušavanja posljedice bi mogle biti katastrofalne. Kašnjenje pojave visokovodnog vala Mure u obrađivanom području omogućuje da se pravovremeno pripremimo za eventualne poplave. Sigurnost od poplava na kritičnim mjestima nasipa može se donekle poboljšati dodatnom zaštitom s protupoplavnim vrećama, kao što je to učinjeno u prošlosti. Osim izravne (aktivne) zaštite od visokih voda, na obrađivanoj dionici Mure rizik od poplava može se smanjiti i posrednim (pasivnim) mjerama. Pritom često koristimo metode podizanja svijesti i informiranja lokalnih zajednica, odnosno stanovnika koji žive na poplavnom području. Možemo koristiti nekoliko pristupa:

- Podizanje svijesti o poplavama informativnim letcima/brošurama
- Organiziranje radionica
- Uspostava sustava obavješćavanja o prognoziranim visokim vodama rijeke Mure

Pravilnim i pravovremenim poduzimanjem mjera kod prognoziranih visokih voda možemo značajno smanjiti štete od poplava na posjedu.

3.2.1.2 Mjere razmatrane već u prošlosti

Na temelju poplava u prošlosti i poznavanja problematike na najkritičnijim područjima su već predviđene pojedinačne mjere, koje su prvenstveno bile usmjerene na povećanje sigurnosti od poplava izvedbom nadvišenja i rekonstrukcije postojećih nasipa ili izgradnje novih nasipa. Prikazan je skup mjera na lijevoj i desnoj obali, i to:

Lijeva obala:

- Rekonstrukcija nasipa na dijelu Gaberje cesta Mursko Središće – Lendava
- Rekonstrukcija nasipa Benica
- Izvedba nasipa između Ledave i obrambenog nasipa na Muri kod Benice

Desna obala:

- Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri
- Nasip Hlapičina
- Uređenje propusta ispod nasipa Križovec

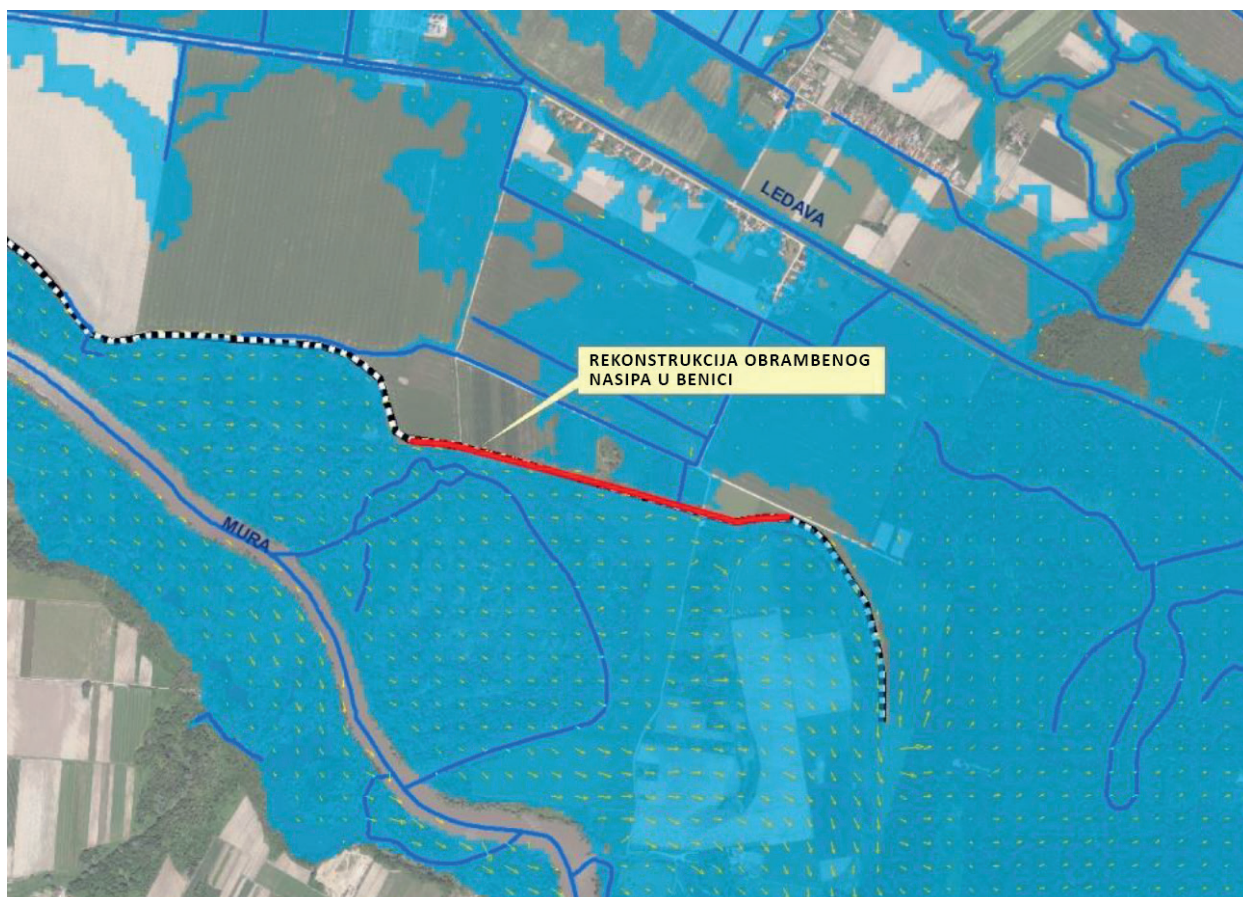
Većina tih mjera proizlazi iz problema prepoznatih na terenu, a u okviru projekta Frisco učinkovitost nekih od njih provjerena je i hidrauličkim modelom.

3.2.1.2.1 Rekonstrukcija nasipa na dijelu Gaberje cesta Mursko Središće – Lendava

Hidrauličkom analizom utvrđeno je da Mura kod Q100, prelijeva postojeći obrambeni nasip na dionici između naselja Gaberje i ceste Mursko Središće-Lendava. Nasip je preliven na više mjesta na ukupnoj dužini $L \approx 2,0$ km, preljevna visina je u rangu 0,2 – 0,5 m. Na ovoj dionici bit će potrebno rekonstruirati postojeći nasip nadvišenjem krune nasipa, uzimajući u obzir sigurnosnu visinu iznad razine Q100. Kako bi se spriječilo propuštanje vode kroz nasip za vrijeme visokih voda, potrebno je osim nadvišenja izvesti i brtvljenje nasipa.

3.2.1.2.2 Rekonstrukcija nasipa Benica

Rezultati hidrauličkog modela pokazuju da postojeći obrambeni nasip na cijeloj dionici nizvodno od željezničkog mosta u Murskom Središću pruža zaštitu od poplava kod pojave visokih voda Mure sve do Q1000. Poplava na zračnoj strani nasipa posljedica je povratnog toka Mure iz Murske šume. Na području Benice predlaže se mjera rekonstrukcije nasipa od 0,7 do 1,66 km. Na temelju rezultata modela, nasip ne treba nadvisivati, ali bit će potrebno poduzeti mjere kako bi se spriječilo propuštanje i poboljšala stabilnost nasipa (brtvljenje).

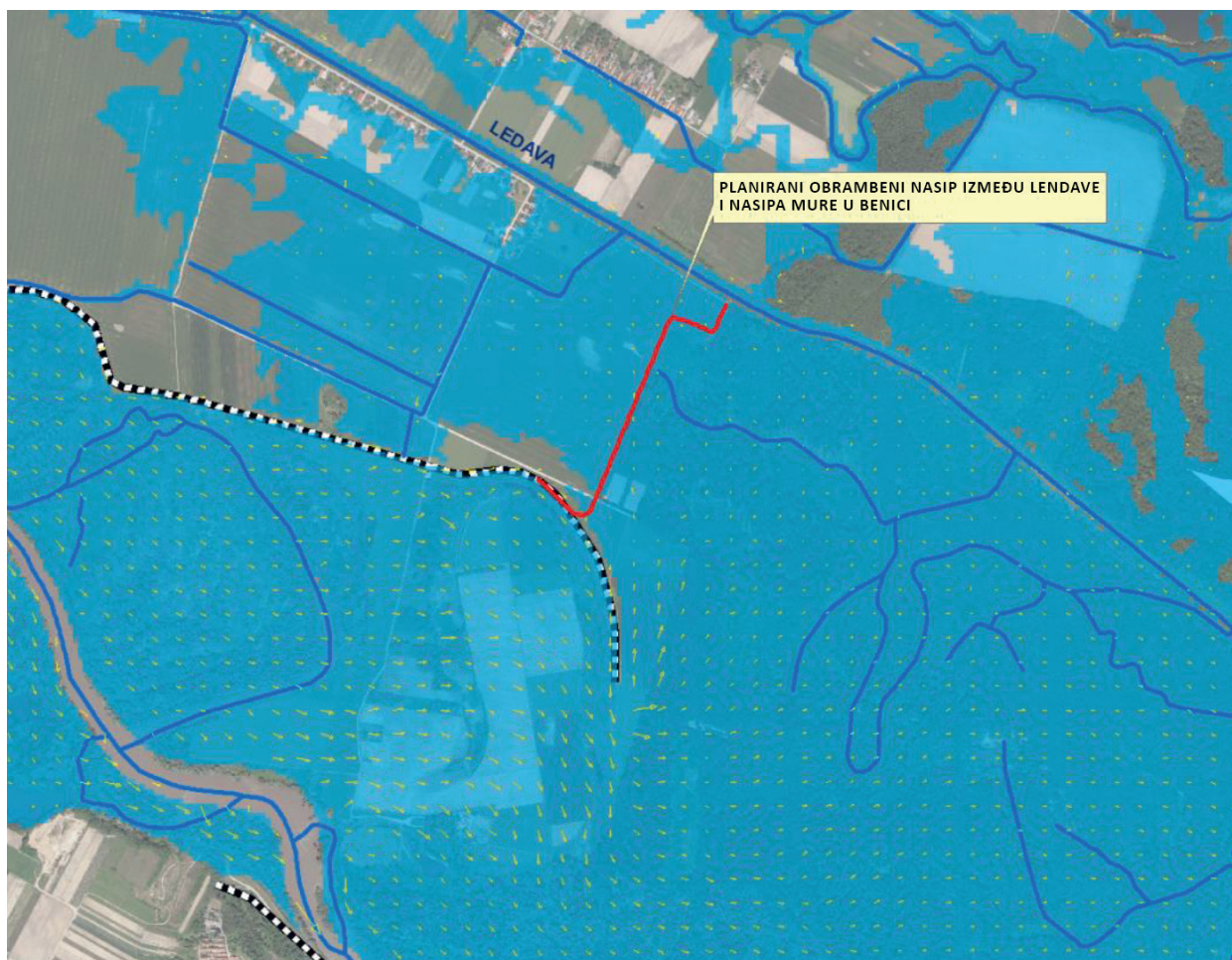


Prikaz lokacije obrambenog nasipa u Benici

3.2.1.2.3 Izvedba nasipa između Ledave i obrambenog nasipa Mure kod Benice

Postojeći lijevo-obalni obrambeni nasip Mure završava oko 600 metara nizvodno od naselja Benica. Nakon pojave visokih voda Mure, povratni tok poplavnih voda dotječe iz Murske šume na zračnoj strani nasipa do samog naselja i ugrožava postojeće objekte. Povratni tok dolazi do naselja već kod 10-godišnjeg povratnog razdoblja Mure. Poplavni tok pri Q100 dolazi do naselja i sa zapadne strane. Riječ je o poplavnim vodama koje se prelijevaju preko nasipa već uzvodno od željezničke pruge. Potonji, zbog izgrađenih nasipa, ne mogu otjecati natrag u Muru, te zato teku po poljoprivrednim površinama i preko paralelnih odvodnika nizvodno. Zbog prelijevanja nasipa uzvodno i propuštanja postojećeg nasipa Mure na području Benice, a time i njegove eventualne nestabilnosti, potencijalna prijetnja samom naselju znatno je veća od one prikazane hidrauličkim modelom.

Kako bi se zaštitilo naselje Benica, u dosadašnjoj dokumentaciji predložen je poprečni nasip između Ledave i postojećeg nasipa Mure u Benici.



Prikaz lokacije poprečnog nasipa između Ledave i postojećeg nasipa Mure u Benici.

Za vrijeme planiranja nasipa Benice, potrebno je uzeti u obzir i prtok poplavnih voda sa zapadne strane, gdje vlastite vode Kopice i zaobalne voda koje gravitiraju prema ovom području, nisu uzete u obzir u modelu, niti je Ledava uključena u model, koja je također omeđena obrambenim nasipima. U slučaju prelijevanja nasipa Ledave i većeg protoka poplavnih voda sa zapadne strane, također na račun rušenja uzvodnih murskih nasipa, izvedbom poprečnog nasipa spriječilo bi se otjecanje poplavnih voda prema Muri. Poplavne vode uhvatile bi se u kazeti između tri nasipa, što bi moglo dodatno pogoršati postojeću sigurnost naselja od poplava. Vjerojatnost ovog događaja mora se uzeti u obzir u projektnoj dokumentaciji planiranog nasipa.

3.2.1.2.4 Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri

Za zaštitu naselja SV. Martin na Muri već su izgrađeni dva obrambena nasipa, od kojih je nasip Goričanec izgrađen kao privremeni nasip s neodgovarajućom visinom i dimenzijama nasipa. To je potvrđeno izračunom postojećeg stanja hidrauličkim modelom, iz kojega proizlazi da visoke vode Mure prelijevaju dio nasipa i poplavljuju u zaleđu.

Uzvodni dio nasipa, do priključka na asfaltnu cestu duljine 1230 m, visinom jamči sigurnost od poplave naselja od visokih voda Mure Q100, ali zbog propuštanja tijela nasipa postoji ozbiljan rizik od urušavanja. Zbog toga je planirana rekonstrukcija oba nasipa.

Hidraulička analiza pokazala je da je razina Mure Q100 na nizvodnoj dionici nasipa Goričan u visini krune nasipa, pa je može na mjestima i prelijevati. U slučaju Q500 ili Q1000 razina rijeke Mure također prelijeva i uzvodni postojeći obrambeni nasip i poplavljuje naselje Sv. Martin na Muri.



Prikaz lokacije nasipa Sv.Martin na Muri

3.2.1.2.5 Nasip Hlapičina

Hidraulička analiza visokih voda rijeke Mure pokazala je da naselje Hlapičina nije u opasnosti od poplava. Rezultati modela pokazuju da je razina Mure kod Q100 oko 0,25 m ispod kote terena.

3.2.1.2.6 Uređenje propusta ispod nasipa Križovec

U hidrauličkom modelu koji je predan na korištenje od strane naručitelja, ispod nasipa nisu ugrađeni propusti i zapornice, zato se utjecaj povratnog toka kroz propuste ne računa. Na temelju izračunate

razine u koritu rijeke ili uz nasipe, možemo procijeniti do kuda bi sezala razina Q100 Mure, u slučaju kvara zapornica na propustima ispod nasipa. Poplavilo bi više stambenih objekata, koji se nalaze ispod visoke terase, te tvrtka Quadro.

3.2.1.3 Dodatna alternativna rješenja

Na temelju rezultata hidrauličkog modela, pored već opisanih, predlažu se dodatne mjere za unapređenje rizika od poplava. Od predloženih mjera utvrđena mjera zadržavanja visokih voda u namjenskim retencijama pokazala se kao realno neizvediva. Volumen visokovodnog vala Mure na obrađivanoj dionici je prevelik, da bi se moglo pomoću retencije izvesti u prostoru postići značajnije smanjenje protoka visokih voda. Ostale su sljedeće alternativne mjere:

- povećanje protočnog profila rijeke Mure u području šljunčara, 2,2 km iznad graničnog prijelaza Petišovci
- poboljšanje protoka inundacijskih propusta (granični prijelaz Petišovci) kod Benice, 3,3 km nizvodno od graničnog prijelaza Petišovci
- povećanje kapaciteta protoka inundacijskog profila smanjenjem zaraslosti profila protoka.

Osim navedenih mjera i mjera koje su već bile obrađivane u prošlosti, na temelju hidrauličke analize utvrđeno je da su potrebne daljnje mjere za smanjenje rizika od poplava na lijevoj obali između Gornje Bistrice i Hotize. Visoke vode rijeke Mure često mjestimično prelijevaju obrambeni nasip ili visoku strmu padinu i poplavljuju postojeća naselja u zaleđu.

Kako bi se osigurala sigurnost od poplava naselja od Gornje Bistrice do Hotize, potrebno je rekonstruirati lijevi obalni nasip uz izvedbu novog nasipa na dionici Dolnja Bistrica i Hotiza. Na sljedećoj slici crveno su prikazane dionice nasipa, gdje razina Mure kod Q100 prelijeva postojeći nasip lijeve obale ili strmu padinu.

3.2.1.4 Odabrana rješenja

Na temelju danog pregleda alternativnih rješenja za unapređenje sigurnosti od poplava, smatraju se najprikladnijim mjerama:

- Izgradnja povezujućeg nasipa između nasipa u Benici i Ledavi
- Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin

Naselje Benica je jedino naselje na lijevoj obali unutar obrađivane dionice, koje je ugroženo visokim vodama Mure već kod protoka s nižim povratnim razdobljima (Q10). Povratni tok Mure doteče iz Murske šume i poplavljuje područje na zračnoj strani između nasipa Ledave i postojećeg nasipa Mure. Kod planiranja nasipa neophodno je uzeti u obzir i vjerojatnost dotoka poplavnih i zaobalnih voda sa zapadne strane.

U izbor najprikladnijih mjera pripada i nasip kod Sv. Martina na Muri. Za vrijeme posljednjih visokih voda rijeke Mure zabilježen je značajno propuštanje uzvodnog dijela nasipa, što ugrožava njegovu stabilnost,

dok je nizvodna dionica izgrađena u okviru interventnih radova i ne zadovoljava standarde u pogledu visine i dimenzija konstrukcije. Za oba projekta već je pripremljena projektna dokumentacija:

- Obrambeni nasip Benica, PGD, D-15/2018, siječanj 2018. (ASPA-ING, projektiranje d.o.o.)
- Rekonstrukcija nasipa u Svetom Martinu na Muri, idejni projekt, I-1654/16, ožujak 2016. (Hidroing, d.o.o.)

3.2.2 ANALIZA ALTERNATIVNIH RJEŠENJA

Učinkovitost odabranih mjera i njihov utjecaj na vodni režim provjereni su pomoću hidrauličkog modela razvijenog u okviru projekta Frisco 1 (izrađivač modela je Hidroinštitut).

Zbog lakše preglednosti, mjere su podijeljene u nekoliko grupa, i to na:

- A – Mjere koje su obrađivane u prošlosti.
- B – Alternativne mjere koje proizlaze iz novijih uvjeta i znanja (zelene mjere).
- C – Odabrane (najprikladnije) mjere

Prema rezultatima hidrauličke analize ocijenjena je ekonomska učinkovitost mjera, prekogranični utjecaj mjera, procijenjeni su troškovi izvedbe, održavanja i sl. Analiza odabranih alternativnih rješenja temelji se na rezultatima hidrauličkog modeliranja. Poplavljenost područja, kao što je opisano i uzeto u obzir u svim elementima elaborata, prikazana je na temelju rezultata hidrauličkog modela razvijenog u okviru projekta FRISCO1 (izrađivač Institut za hidrološka istraživanja).

Modelom su samo hidraulički provjerene one mjere, za koje proizlazi iz hidrauličke analize postojećeg stanja da su nužne ili je njihova provjera opravdana. Procjena hidrauličkih učinaka pojedinih mjera ili kumulativnog učinka mjera napravljena je za 3 odabrana karakteristična protoka (Q50, Q100 i Q1000).

MJERA	Q50	Q100	Q1000
A VEĆ PREDLAGANE MJERE U PROŠLOSTI			
Rekonstrukcija nasipa na dijelu Gaberje cesta Mursko Središće – Lendava			
Izvedba nasipa između Ledave i obrambenog nasipa na Muri kod Benice			
Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri			
Kumulativni učinak mjera A	X	X	X
B ALTERNATIVNE MJERE			
Povećanje protočnog profila na sljedećim područjima:	X	X	X
- područje šljunčare okvirno 2,2 km iznad graničnog prijelaza Petišovci,			
- područje graničnog prijelaza Petišovci (inundacijski propusti),			
- područje Benica otprilike 3,3 km nizvodno od graničnog prijelaza Petišovci.			
Smanjenje zaraslosti profila protoka	X	X	X
Kumulativni učinak mjera B	X	X	X
C ANALIZA ODABRANIH (NAJPRIKLADNIJIH) MJERA – KUMULATIVNI UČINAK			
Izvedba nasipa između Ledave i obrambenog nasipa na Muri kod Benice			
Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri			
Kumulativni učinak mjera C	X	X	X



Lokacije mjera skupina A, B i C. Mjere skupine C preklapaju se s mjerama skupine A.

3.2.2.1 *Hidraulička analiza planiranih mjera*

Prikazani su rezultati hidrauličkih simulacija za svaku skupinu mjera, odnosno za mjere skupine A, B i C. Analiza učinaka planiranih mjera iz skupina A, B i C vrši se prvenstveno za protoke Q100 i Q1000.

3.2.2.1.1 A Već predlagane mjere u prošlosti

Na temelju iskustva u slučaju poplava Mure u 2005. i 2014. godini, već su ranije predložene tri mjere za zaštitu postojećih naselja od visokih voda Mure, i to:

- Rekonstrukcija nasipa na dijelu Gaberje – regionalna cesta (Mursko Središće – Lendava)
- Izvedba nasipa između Ledave i obrambenog nasipa na Muri kod Benice
- Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri

Sve tri mjere uključene su u postojeći hidraulički model Mure, uzimajući u obzir kotu krune nasipa 1 m iznad razine Q100. Modelom je analiziran **kumulativni učinak mjera A** na vodni režim odnosno poplavljeni režim Mure.

Postojeći nasip Sv. Martin na Muri je problematičan zbog propuštanja i posljedično ugrožene stabilnosti nasipa, a istočna grana nasipa je preniska, te ga zbog toga visoke vode ranga Q100 prelijevaju. Nakon izvedbe rekonstrukcije, nasip će biti potpuno vodootporan, a razina krune nasipa na cijeloj dionici bit će planirana sa sigurnosnom visinom iznad razine Q100. Rezultati hidrauličkog modela pokazuju, da će naselje Sv. Martin u cijelosti biti zaštićeno od visokih voda Mure Q100. Unutar sigurnosne visine, bit će i razine kod protoka Q1000.

Na lijevoj obali Mura prelijeva obrambene nasipe na nekoliko dionica, a prelijeva i visoku terasu, gdje nisu izgrađeni nasipi. Zbog prelijevanja obrambenog nasipa u naselju Gaberje ugroženo je više objekata u samom naselju, isto tako poplavna voda koja se prelije preko nasipa otječe po zaobalnim tokovima kroz

inundacijske propuste prema naselju Petišovci i dalje prema Benici. Zbog propuštanja i prelijevanja nasipa, ugrožena je njegova stabilnost, a ako dođe do urušavanja nasipa, šteta od poplava bila bi znatno veća od rezultata simulacije poplava u trenutnom stanju. Zbog toga je predviđena rekonstrukcija obrambenog nasipa na dionici između naselja Gaberje i ceste Mursko Središće - Lendava.

Rezultati hidrauličkog modela pokazuju da bi se rekonstrukcijom brane u naselju Gaberje značajno unaprijedila sigurnost od poplava i ugroženost područja na dionici nizvodno od ceste Mursko Središće - Lendava, dok bi samo naselje Gaberje još uvijek bilo djelomično pod rizikom od poplave zbog poplavnih tokova Mure koji teku po zaleđu s uzvodne strane i posljedica su prelijevanja nasipa i obrambene terase uzvodno od Hotize. Zaobalni poplavni tok će djelomično doseći i zračnu stranu rekonstruiranog nasipa.

Sanacijom postojećih nasipa spriječiti će se prelijevanje nasipa na dionici Gaberje - regionalna cesta (Lendava - Mursko Središće), a posljedično će poplavni tok biti ograničen na koridor između obrambenih nasipa. Veći protok između obrambenih nasipa doveo bi do porasta razine u usporedbi s postojećim stanjem, također nizvodno od planiranih intervencija. Kod Q100, porast razine u rasponu od oko 10 cm proširio bi se do kraja Petišovaca, dok bi kod Benice imao utjecaj u rasponu od 5 – 6 cm.

Kod analize utjecaja poprečnog nasipa u Benici na vodni, odnosno poplavni režim Mure potrebno je uzeti u obzir da je analiziran kumulativni učinak svih mjera-A. Poprečni obrambeni nasip između Ledave i Mure spriječiti će povratni tok Mure prema naselju Benica. Rezultati modela pokazuju da bi se razina Mure uz sami nasip podigla za maks. 13 cm, a 1 km nizvodno bi utjecaj već bio manji od 5 cm. Klasa veličine podizanja razine na području Benice je posljedica kumulativnog učinka svih analiziranih mjera-A.

Simulacija s matematičkim modelom pokazala je veći utjecaj na postojeće razine, također nizvodno od Benice, i to kod poplavlivanja Mure u zaleđe kroz Ledavu (lokalno podizanje razine > 40 cm). Vodotok Ledava nije uključen u hidraulički model budući da se nalazi izvan ciljnog područja Frisco, tako da rezultati na ovom području nisu unutar granice valjanosti. Ipak, rezultati modela ukazuju na promjenu režima poplave Mure i na ovoj dionici. Kako bi se učinkovito procijenili nizvodni i prekogranični kumulativni učinci mjera-A, poplavni režim Mure, je potrebno nadograditi i proširiti u daljnjim fazama projektiranja, kako bi uključivao Ledavu i druge pritoke, na koje bi mjere mogle utjecati.

Na desnoj obali rijeke Mure, poplavna zona je ograničena postojećim obrambenim nasipima ili prirodnom visokom terasom, stoga se raspon razine, odnosno opseg poplavnog područja Q100 s planiranim aranžmanima na desnoj obali ne mijenja značajno. Poplavljena površina kod protoka Q100 u cijelom području modela u postojećem stanju iznosi 105 km². Nakon provedbe mjera A, područje, posebno na račun rekonstrukcije nasipa Gaberje na lijevoj obali rijeke Mure, smanjeno je na 95 km². Na desnoj obali unutar granica Frisco područja, površina poplave Q100 Mure u postojećem stanju je 12,7 km², nakon provedbe mjera A, površina će se smanjiti za 3,9 ha, koliko iznosi uklanjanje poplavnog područja na području nasipa Sv. Martin. To dokazuje da se na desnoj obali Frisco područja, nakon provedbe mjera A, obujam poplave Q100 neće značajno povećati.

Usporedba rezultata za protok Mure Q1000 pokazala je značajno smanjenje razine na zračnoj strani nasipa na lijevoj obali rijeke Mure. Planiranim mjerama osigurala bi se i zaštita od poplava i od visokih voda Q1000, međutim, područje od Gaberje do Benice ostaje poplavljeno kod Q1000 zbog prelijevanja nasipa uzvodno i nizvodno od planirane rekonstrukcije nasipa Gaberje. Na desnoj obali bi rekonstrukcija nasipa Sv. Martin čuvala naselje i od visokih voda Q1000 Mure, isto kao i drugi postojeći nasipi na desnoj obali uzduž analizirane dionice Mure. Zbog povećane koncentracije toka unutar obrambenih nasipa, razina kod Q1000 bi se najviše povećala na dionici rekonstrukcije nasipa Gaberje, i to za 30 – 40 cm. Zbog visoke terase na desnoj obali, povećanje razine ne povećava postojeći rizik od poplava, niti pokriva razmjere poplava Q1000. Utjecaj Q1000 na dionici nasipa Sv. Martin na Muri manji je od 10 cm i poništava se oko 3,5 km uzvodno po koritu rijeke. Čak i nizvodno od Murskog Središća, utjecaj na razine se smanjuje i u Benici je oko 10 cm. Rezultati modelskih izračuna pokazuju da bi se negativni utjecaj poništio neposredno nizvodno od naselja Podturen.

Poplavljena površina kod protoka Q1000 u cijelom području modela u postojećem stanju iznosi 195 km². Nakon provedbe mjera A, površina se ne mijenja bitno, jer je veći dio područja poplavljen zbog prelijevanja postojećih nasipa na dionicama koje nisu predmet rekonstrukcije. Nakon provedbe mjera A, površina poplavljenog područja iznosila bi 190 km². Na desnoj obali unutar granica Frisco područja, površina poplave Q1000 Mure u postojećem stanju je 13,07 km², nakon provedbe mjera A, površina će se smanjiti na 12,8 km². Površina poplavljenog područja kod protoka Q100 i Q1000 bit će nakon provedbe mjera gotovo ista na desnoj obali. To se očekuje, budući da poplavno područje Q100 i Q1000 na desnoj obali omeđuje visoka terasa i postojeći nasipi.

3.2.2.1.2 B – Alternativne mjere

Za analizu alternativnih mjera izvršena je zasebna simulacija izračuna učinka provedbe mjera za povećanje profila protoka na tri lokacije, kao i analiza učinka smanjenja zaraslosti inundacijskog presjeka. Također je napravljena analiza kumulativnog utjecaja alternativnih mjera.

Hidraulička analiza povećanja profila protoka

Postojeći inundacijski prostor između obrambenih nasipa Mure mjestimično se sužava na samo 100 – 300 m. Nakon razmatranja prostornih obilježja, identificirane su dvije lokacije, gdje bi se nasip mogao prebaciti u zaleđe, čime bi se mogli unaprijediti uvjeti odvodnje unutar inundacijskih nasipa, a time bi se unaprijedio i rizik od poplava, odnosno opasnost na širem području. Bolja protočna svojstva također se mogu postići obnavljanjem neometanog protoka kroz inundacijske propuste na području graničnog prijelaza Petišovci. U hidrauličkom modelu unapređenje uvjeta protoka na lokaciji inundacijskih propusta uzeto je u obzir primjenom povoljnijeg koeficijenta hrapavosti, naime, koeficijent je smanjen s postojećeg $n_g = 0,25$ na $n_g = 0,1$. Hidraulički model provjerava kumulativni učinak aranžmana na sve tri lokacije, dok se druge mjere u modelu ne uzimaju u obzir.

Rezultati hidrauličkog modela za protok Q100 ukazuju na to da bi povećanje presjeka protoka kod šljunčara imalo pozitivan učinak uzvodno na razinu vode Mure sve do Hotize. Razina bi se najviše smanjila na dionici na kojoj je u postojećem stanju inundacija najuža, jer sužavanje profila protoka između obrambenih nasipa uzrokuje ujezereni dio rijeke kod otjecanja poplavnih voda. Pomicanjem obrambenih nasipa na lijevoj obali na zračnu stranu postojećih šljunčara, povećat će se presjek protoka između obrambenih nasipa, pa će se razine smanjiti za maks. 0,5 m. Unatoč snižavanju razine visoke vode Q100 Mure bi mjestimično prelijevale nasip na dionici Gaberje, ali bi prelijevanje bilo znatno niže nego u postojećem stanju, stoga mjera ima pozitivan učinak na smanjenje opasnosti od poplava i opasnosti na zračnoj strani nasipa u naseljima Gaberje i Petišovci (urušavanje nasipa nije izračunato) Na desnoj obali kod naselja Sv. Martin na Muri razina bi se smanjila za maks. 3 cm, što bi bilo dovoljno da se istočna grana nasipa ne prelije. Međutim, spomenutim mjerama ne bi se spriječilo postojeće propuštanje nasipa i opasnost od urušavanja.

Posljedica povećanja protoka presjeka kod šljunčara je povećanje protoka nizvodno, tj. ukupni protok između obrambenih nasipa (1D+2D) nizvodno se povećava za oko 50 m³/s, što se odražava u lokalnom povećanju razine.

Čak i povoljniji koeficijent hrapavosti području graničnog prijelaza Petišovci utječe na veću protočnost inundacijskog propusta, tj. s postojećih 85 m³/s na 170 m³/s, a slijedom toga, na dionici nizvodno od graničnog prijelaza Petišovci, razina između obrambenih nasipa povećava se za maks. 10 cm u usporedbi s postojećim stanjem.

Matematički model također uzima u obzir širenje poplavnog područja između Petišovaca i Benice, gdje se postojeći nasip lijeve obale približava koritu rijeke na samo 130 m. Razmatra se širenje poplavnog područja ili pomicanje lijevog obalnog nasipa na udaljenost od 350 m od korita rijeke. Rezultati simulacije ukazuju na to da bi se razina uzvodno smanjila za maks. 30 cm, a utjecaj bi dosegao oko 2,8 km uzvodno.

Zbog povećanog protoka unutar obrambenih nasipa, predviđene mjere dovele bi do porasta razine vode nizvodno, pri čemu bi se razina Q100 u Benici povećala za 5 cm. Mjere bi također imale prekogranični utjecaj: razina Q100 bi se povećala u rang do 5 cm.

Hidraulička analiza smanjenja zaraslosti profila protoka

Inundacijski profil Mure je između obrambenih nasipa mjestimično jako zarasao. Gusta zaraslost povećava hrapavost poplavnog područja, što pridonosi, s jedne strane, većem zadržavanju ili usporavanju odljeva poplavnih voda, dok u isto vrijeme podiže razinu na poplavnom području. Obrambeni nasipi koji štite pretežni dio naselja na lijevoj obali i mjestimično na desnoj obali, planirani su za stanje zaraslosti tijekom planiranja ili izvođenja nasipa. U slučaju značajnog povećanja zaraslosti inundacijskog profila, njihova primarna funkcija može biti ugrožena, a kod prelijevanja i stabilnost.

U scenariju izračuna smanjenja zaraslosti profila protoka između obrambenih nasipa, smanjenje zaraslosti uzima se u obzir primjenom povoljnijeg koeficijenta hrapavosti na cijeloj obračunskoj dionici Mure (50 km). Analiza uzima u obzir koridor širine 150 m smanjenja koeficijenta hrapavosti na lijevoj obali, i to od $n_g = 0,15 - 0,25$ do ujednačene vrijednosti $n_g = 0,08$.

Rezultati modela pokazuju da će se smanjenjem zaraslosti inundacijskog profila znatno unaprijediti opasnost od poplava i ugroženost u gotovo cijelom području modela rijeke Mure. Obrambeni nasipi i dalje bi bili mjestimično preplavljeni, ali opseg poplava u zaleđu bio bi znatno manji od postojećih. Razina unutar obrambenih nasipa smanjila bi se u ciljnom Frisco području za maks. 10 cm. Na desnoj obali bi se uz postojeći nasip Sv. Martin na Muri razina smanjila za maks. 6 cm, dok bi se na području naselja Benica razina smanjila za 2 cm. Povoljniji hidraulički uvjeti za otjecanje poplavnih voda posljedično bi utjecali na povećanje protoka u području između obrambenih nasipa. Prekogranični utjecaj porasta razine bio bi u rangu do 7 cm.

Kumulativni učinak alternativnih mjera (mjere iz skupa B)

Kumulativni učinak predloženih alternativnih mjera također je hidraulički provjeren. Model uzima u obzir mjere za povećanje brzine protoka inundacijskog profila povećanjem inundacijskog prostora između obrambenih nasipa, kao i mjere za smanjenje zaraslosti inundacijskog profila.

Rezultati analize usporedbe razina situacije s poduzetim mjerama i postojećom situacijom pokazuju da bi se razina na većem dijelu ciljnog područja Frisca smanjila. Najveće smanjenje razine vode unutar obrambenih nasipa je neposredno iznad šljunčara kod naselja Gaberje, gdje bi se razina kod Q100 smanjila za do 50 cm. Razina se podiže lokalno na lijevoj obali na području proširenja inundacije (kod šljunčara i iznad Benice), te nizvodno od Benice. Povećanje razine nizvodno posljedica je koncentriranijeg protoka između obrambenih nasipa, koji se na području naselja Benica povećava sa 1545 na 1615 m³/s. Razina se povećava lokalno za maks. do 7 cm, na većem dijelu za manje od 4 cm. Zbog primijenjenog povoljnijeg koeficijenta hrapavosti na cijeloj dionici modela, kumulativni je

Uzimajući u obzir mjere B, poplavno područje se ne mijenja značajno na desnoj obali u odnosu na postojeću situaciju. Uzimajući u obzir kumulativni učinak mjera B, ukupna površina poplava na području modela smanjila bi se za približno 16 km². Na desnoj obali, unutar granica područja Frisco, površina Q100 poplave Mure bila bi smanjena s 12,7 km² na 12,6 km². Zbog geometrije terena, mjere na desnoj obali očekivano nemaju veći učinak.

Također kod Q1000, razlika u razinama na zračnoj strani nasipa lijeve obale pokazuje značajno smanjenje razine i poboljšanje sigurnosti i prijetnji od poplava. Unatoč činjenici da se razina na zračnoj strani nasipa smanjuje uzduž cijele analizirane dionice, lokalno čak i za više od 40 cm, površina na lijevoj obali ostaje poplavljena gotovo u istoj mjeri kao u postojećoj situaciji kod Q1000. Zbog manjeg prelijevanja nasipa razina se povećava unutar obrambenih nasipa, na dionici nizvodno od Gaberje. Najviše bi se razina povećala (čak i do 2 m) na dionicama povećanja protoka presjeka (Gaberje i na

dionici između Petišovaca i Benice), budući da se ta područja trenutno nalaze izvan nasipa. Drugdje je taj utjecaj manji, i to u rangi do 25 cm. Utjecaj viših razina završio bi se nizvodno od naselja Podturen.

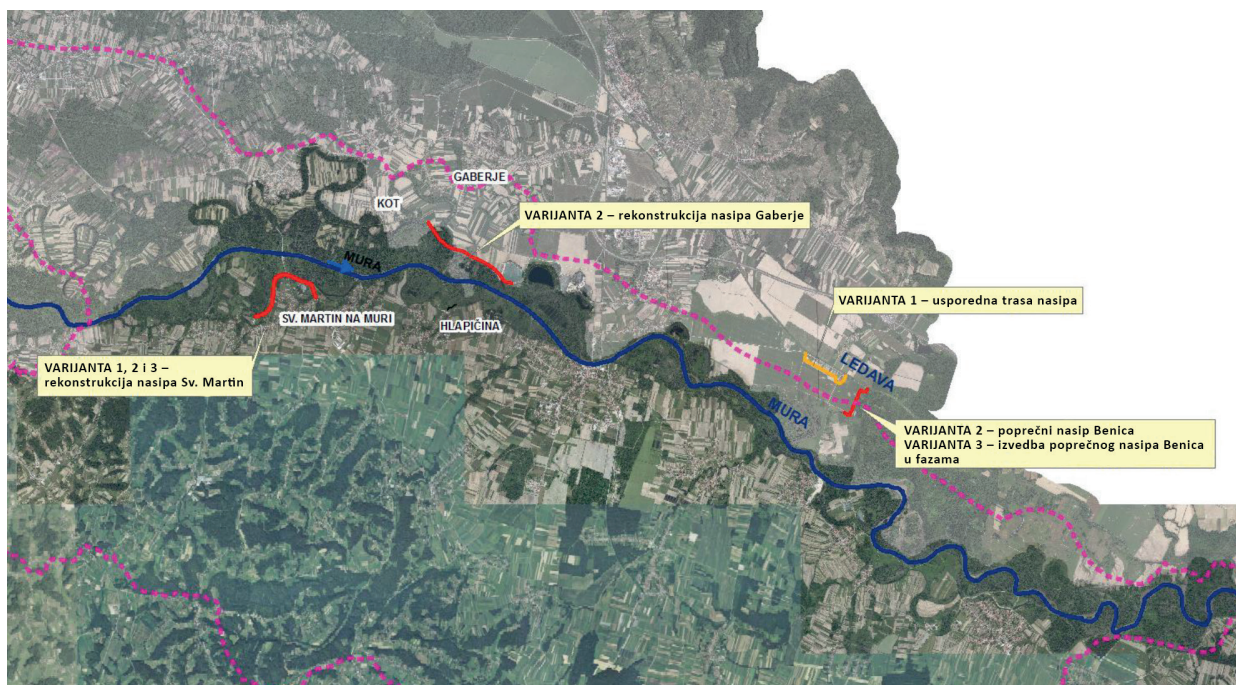
3.2.2.1.3 C – Analiza odabranih mjera

Utjecaj izvedbe rekonstrukcije obrambenog nasipa Sv. Martin na Muri i izvedba novoga nasipa kod Benice je potvrđen hidrauličkim modelom. Ostale mjere u modelu nisu uzete u obzir.

Na temelju analize modela postojećeg stanja opasnosti i rizika od poplava kod protoka Q100, utvrđeno je da je područje Benice u opasnosti od poplave povratnog poplavnog toka rijeke Mure, također na područje dotječu poplavne vode koje se prelijevaju preko nasipa uzvodno kod naselja Gaberje. Potonji protječu kroz inundacijske propuste ispod ceste i željeznice, najprije u smjeru naselja Petišovci, a otuda otječu po poljoprivrednim zemljištima i kanalima nizvodno prema Benici i naprijed do Murske šume. U slučaju prelijevanja nasipa bi najvjerojatnije došlo i do djelomičnog ili potpunog rušenja nasipa na prelijevanoj dionici, zbog toga bi kroz zaleđe tekla znatno veća količina protoka, kao što je prikazano u modelu uzimajući u obzir prelijevanje nasipa. Dotok poplavnih voda iz uzvodne dionice do Benice mogao bi narasti i na više od 100 m³/s. U ovom slučaju, poprečni nasip u Benici bi izazvao ujezereni dio rijeke na mjestu istjecanja poplavnih voda i istodobno pogoršao postojeći rizik od poplava na tom području.

Na temelju nalaza dobivenih na temelju rezultata hidrauličkog modela, predložena je modifikacija mjera za zaštitu naselja Benica, s 3 predložene varijante:

- VARIJANTA 1: Promjena trase nasipa. Naselje Benica može se zaštititi od Q100 poplava čak i uzdužnim nasipom uz samo naselje. Nasip bi se na uzvodnom i nizvodnom kraju priključio na postojeći obrambeni nasip Ledave.
- VARIJANTA 2: U skupinu mjera uključit će se i rekonstrukcija obrambenog nasipa u naselju Gaberje za visoke vode Q100. Obnova nasipa spriječila bi prelijevanje i potencijalno urušavanje nasipa kod Gabera, a time i dotok poplavnih voda po zaobalnim tokovima do Benice.
- VARIJANTA 3: Predloženi nasip Benica izvodi se u fazama, a u prvoj fazi se izvodi na visini od 156 m n.v., što je u rangi izračunate razine Mure između Q25 i Q50. Nakon rekonstrukcije obrambenih nasipa u naselju Gaberje, nasip Benica se može podići do projektne kote od Q100 + sigurnosna visina.



Prikaz lokacija predloženih provedbenih mjera

Na temelju već provedenih aktivnosti na projektima Frisco1 i Frisco2 te paralelnih aktivnosti u planiranju mjera za sprječavanje poplava predložena je varijanta 3 provedbe mjera za sprječavanje poplava u Benici.

Prema varijanti 3 predlaže se faza izvođenja visine obrambenog nasipa. Faze su uvjetovane rekonstrukcijom uzvodnoga nasipa kod naselja Gaberje, kojeg visoke vode Mure $>Q_{50}$ prelijevaju. Tijekom prelijevanja ili eventualnog urušavanja obrambenog nasipa kod naselja Gaberje, poplavni tokovi bi također dotjecali do područja Benice, gdje bi se poplavna voda bile hvatala u kaseti između tri nasipa (Ledava, Mura i Benica). Kako bi se izbjeglo povećanje rizika od poplava u naselju Benica, prema varijanti 3, predložena je fazna izgradnja nasipa. Visina nasipa prve faze određuje se na temelju visine najnižih stambenih objekata u naselju Benica, koji se nalaze na visini od oko 156,05 m.n.m. Geodetska visina prizemlja objekata nije zabilježena u sklopu projekta, stoga je visinska kota najnižih objekata zadana iz podataka Lidara. Zbog nepouzdanosti Lidar snimke, predlažemo da se u fazi projektiranja izradi snimka prizemlja objekata i na temelju toga definira stvarna visina fazne izgradnje nasipa.

Kota visine prve faze nasipa je približno 0,1 m ispod obračunske kote razine Q_{100} povratnog toka Mure kod Benice, pri čemu je potrebno uzeti u obzir točnost izračuna modela od ± 20 cm. 2. faza izgradnje nasipa, odnosno do projektne kote Q_{100} + sigurnosna visina može se izvesti nakon rekonstrukcije uzvodnog obrambenog nasipa Gaberje.

Rezultati hidrauličke analize varijante 3 pokazuju da učinci planiranih mjera u Sv. Martinu na Muri i u Benici nemaju kumulativni učinak.

Usporedba razina planiranog i postojećeg stanja pokazuje da je utjecaj planirane rekonstrukcije nasipa Sv. Martin lokalne prirode, tj. razina se podiže za maks. 6 cm neposredno uz nasip, gdje se trasa nasipa približava koritu rijeke. Utjecaj se radijalno smanjuje i 200 m od nasipa je već manji od 2 cm. Utjecaj se umanjuje oko 1,8 km uzvodno, dok nizvodno od mosta preko Mure nema značajnog utjecaja na razinu.

Hidraulički model je uzeo u obzir i utjecaj izgradnje obrambenog nasipa Benica na režim poplava. Model uzima u obzir faznu visinu nasipa od 156 m n.m. Modelskim proračunom također je uzeto u obzir prelijevanje nasipa na području Gabera, dok urušavanje nasipa nije izračunato, zbog toga rezultat ne prikazuje utjecaj graničnog scenarija.

Hidraulička analiza protoka Q100 Mure je pokazala da bi povratni tok rijeke Mure prelio predviđeni obrambeni nasip Benice i poplavio u sličnoj mjeri kao i danas. Nakon što su razine na vodenoj strani Mure opale, prelivena voda otječe kroz propuste ispod nasipa prema Muri.

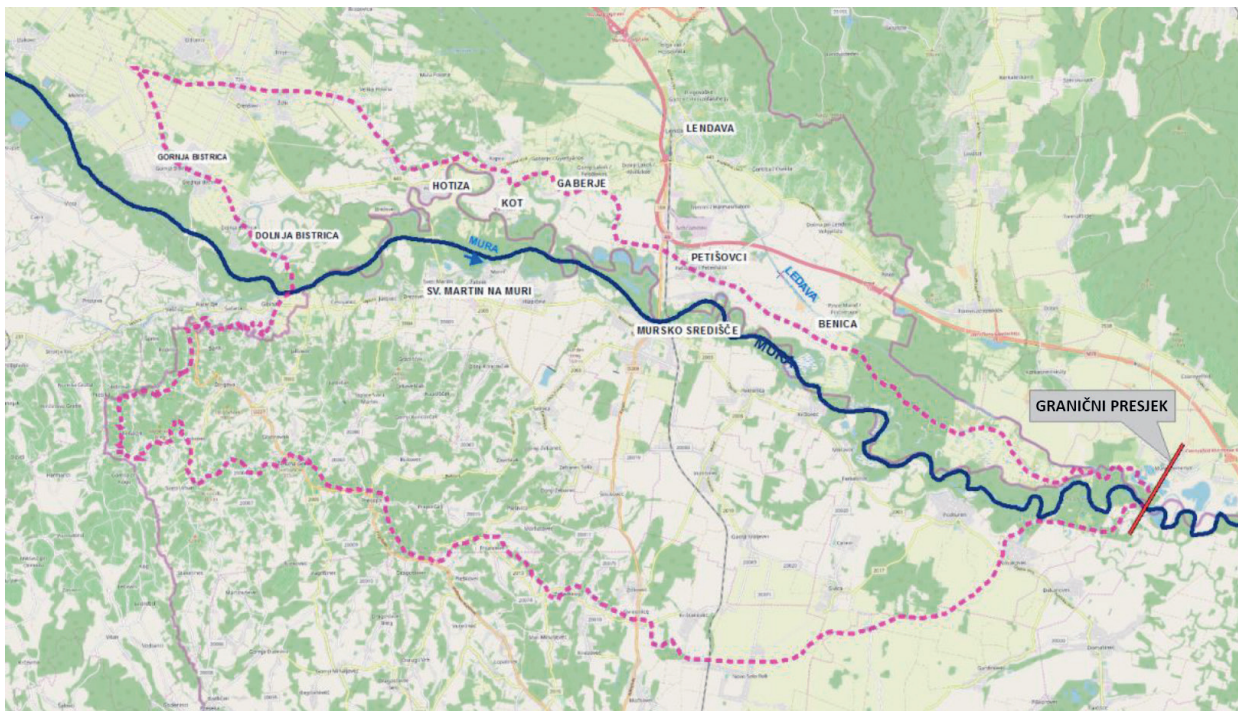
Rezultati usporedbe razine Q100 pokazuju da je utjecaj na postojeći režim poplava minimalan. Razine se za odabrani scenarij izračuna podižu na zračnoj strani nasipa za maks. 1 cm.

Hidraulička analiza utjecaja na razine visokih voda pri Q100 Mure pokazala je da izvedba planirane mjere u Benici nema značajan utjecaj na razine. Usporedba razina pokazuje smanjenje razine na lijevoj obali Ledave, ali je model na ovoj dionici nepouzdan. Ledava nije uključena u simulaciju izračuna, stoga je ovo područje izvan valjanosti modela i izvan ciljanog Frisco područja.

Postojeći koncept osiguranja od poplave uzduž obrađivane dionice Mure temelji se na zaštiti naselja obrambenim nasipima na nivou razine Q100 sa sigurnosnom visinom od 1 m. Na nekim mjestima postojeći nasipi ne ispunjavaju taj kriterij, a mjestimično se i prelijevaju kod Q100. Za ove dionice kratkoročno je predviđena rekonstrukcija nasipa na odgovarajućoj projektnoj visini. Nakon ispunjavanja krajnjeg cilja režima zaštite od poplava, odnosno osiguranja postojećih naselja od poplava na zračnoj strani nasipa, visoke vode Mure bit će koncentrirane u koridoru između obrambenih nasipa. Zbog toga bi u projektima protupoplavne zaštite trebalo uzeti u obzir status razine Q100, koji će se uspostaviti pri konačnoj regulaciji zaštite od poplava na širem području obrade. Za određivanje projektnih razina Q100 uz nasip Sv. Martin na Muri i razina kod konačnog uređenja nasipa Benice, napravljena je dodatna simulacija provjere razina za scenarij nadvišenja svih nasipa iznad razine Q100. Rezultati pokazuju da je proračunska razina Q100 uzduž nasipa Sv. Martin na Muri na koti 165,6 na istočnom dijelu i 167 m n.v. na zapadnom dijelu nasipa. Razina Q100 za projektiranje završnog nasipa u Benici kreće se između 156,15 i 156,4 m n.v. Kod planiranja oba nasipa treba uzeti u obzir 1 m sigurnosnog nadvišenja iznad razine Q100.

3.2.2.2 Analiza prekograničnog učinka

Za sve analizirane scenarije kumulativnog učinka, provjeren je i prekogranični učinak planiranih mjera. Za analizu je odabran presjek na kraju dionice modela, odnosno na nizvodnom rubu područja Frisco.



Prikaz lokacije odabranog presjeka na kraju dionice modela, odnosno na nizvodnom rubu područja

Usporedba hidrograma za Q1000 prikazuje promjenu oblika hidrograma kod mjera A i B, što je rezultat koncentriranijeg toka između obrambenih nasipa. U postojećem stanju veći dio protoka prelijeva se preko obrambenih nasipa u odnosu na izračune scenarija A i B. Protok koji teče po zračnoj strani nasipa polako i dalje dotječe do rubnog presjeka, zbog toga se val (protok) u postojećem stanju u početku polako povećava, kao u slučaju mjera A i B, u kojima je veći protok koncentriran između obrambenih nasipa. Unatoč činjenici da rezultati ukazuju na to da bi vrhunac vala u postojećem stanju bio nešto veći nego kod mjera A i B, rezultate treba uzeti s rezervom. Poplava Q1000, koja teče po zračnoj strani nasipa, u velikoj mjeri nalazi se izvan hidrauličkog modela, što znači da poplavni tok nije modeliran s jednakom točnošću kao unutar obrambenih nasipa. Za detaljniju analizu visokovodnih valova u graničnom presjeku, postojeći model treba nadograditi u mjeri u kojoj će rezultati na zračnoj strani nasipa biti pouzdani. S obzirom da mjere C ne utječu značajno na režim toka, krivulja očekivano odgovara krivulji postojećeg stanja.

3.3 ODABIR NAJPRIKLADNIJEG RJEŠENJA

3.3.1 DEFINICIJA SKUPA MJERA

Sve analizirane varijante mjera imaju svoje prednosti i nedostatke. U svjetlu najnovijih smjernica za upravljanje vodama i rizicima od poplava, pronalaženje rješenja u zelenoj infrastrukturi zasigurno je jedan od glavnih načina upravljanja rizicima od poplava. Hidrauličkom analizom pokazalo se da su alternativne mjere najučinkovitije u smanjenju opasnosti i rizika od poplava za cijelo ciljano Frisco područje. Nakon učinaka osobito se ističe mjera smanjenja zaraslosti inundacijskog prostora održavanjem koridora s „hidraulički pozitivnim“ raslinjem. Zapravo, potonje je mjera za barem djelomično uspostavljanje izvornog

stanja raslinja, kakvo je bilo za vrijeme izgradnje nasipa. Uz intenzitet prekomjerne zaraslosti inundacijskog prostora povećava se retencijski učinak, ali kao rezultat toga podižu se razine, na koje postojeći obrambeni nasipi nisu prvotno planirani. Bez značajnih mjera za smanjenje raslinja, razine će se nastaviti povećavati u budućnosti, a ako dodamo i utjecaj klimatskih promjena, dugoročno, još će biti potrebno stalno nadvišenje već ionako visokih nasipa. Tijekom godina, zaobilazni prostor uz korito rijeke na cijeloj analiziranoj dionici je gusto obrastao drvenim i grmovitim raslinjem. Troškovi smanjenja zaraslosti do te mjere bili bi stoga iznimno visoki, a troškovi redovitog godišnjeg održavanja bili bi neznatni. Unatoč visokim troškovima, u smislu osiguravanja održivosti postojećih mjera, potrebno je početi razmišljati o takvim dugoročnim mjerama za smanjenje rizika od poplava.

Provedbom mjera zelene infrastrukture poboljšava se postojeći rizik i opasnost od poplava, ali njima ne jamčimo sigurnost od poplava u cijelosti i ne možemo izbjeći održavanje postojeće infrastrukture. Rezultati analize pokazuju da bi naselje Benica, čak i uz optimističan scenarij smanjenja raslinja, još uvijek bilo u riziku od poplava. Također bi ostao neriješen problem propuštanja postojećih nasipa (Sv. Martin na Muri, Benica).

Iz usporedbe hidraulički analiziranih varijanti mjera identificirane su dvije mjere kao kratkoročne mjere, odnosno izvedba rekonstrukcije Sv. Martin na Muri i izvedba prve faze novoga nasipa u Benici. Obje mjere nemaju daljnji i prekogranični utjecaj i usmjerene su na lokalno unapređenje rizika i opasnosti od poplava. Kako bi se osigurala adekvatna sigurnost od poplava na protoku Q100 za naselje Benica, potrebno je što prije započeti rekonstrukciju postojećeg nasipa u naselju Gaberje. Nakon završetka rekonstrukcije nasipa u Gaberju moći će se izvršiti druga faza izgradnje obrambenog nasipa Benica, koja će osigurati zaštitu od poplava na razini Q100 uz sigurnosno nadvišenje od 1 m.

Rješavanje ugroženosti od poplave Benice i rekonstrukciju postojećih nasipa u Sv. Martinu i Gaberju u potpunosti rješavaju mjere analizirane u scenariju A ove studije. Rezultati pokazuju njihovu učinkovitost u smanjenju rizika od poplava na ciljanom području, ali imaju i kumulativni učinak na povećanje razine cijelog dijela unutar obrambenih nasipa između Hotize i Benice, kao i prekogranični utjecaj nizvodno.

3.3.2 NOVA OTKRIĆA/SAZNANJA– PROMJENE PREDLOŽENIH RJEŠENJA

U završnoj fazi projekta studije Frisco 1, utvrđeno je da nasip Gaberje, kojeg je potrebno rekonstruirati i istovremeno predstavlja uvjet za završetak izvođenja nasipa Benice, djelomično se provodi i na području hrvatskog katastra, što zahtijeva međudržavnu (bilateralnu) koordinaciju.

Nakon nekoliko koordinacijskih sastanaka predstavnika obiju zemalja (Direkcija za vode RS i Hrvatske vode) dogovoreno je da se obnova nasipa Gaberje provodi paralelno (istovremeno) s provedbom mjera iz projekta Frisco kroz program investicijskih radova Republike Slovenije. U cilju praćenja terminskog plana projekta Frisco, izrađen je prijedlog da se na dionici Gaberje, koja prolazi kroz slovenski katastar izvede rekonstrukcija postojećeg nasipa, na dionici gdje postojeći nasip prolazi po hrvatskom katastru, te bi se

izvela paralelna trasa novog nasipa, koja bi u cijelosti tekla po slovenskom teritoriju i priključila bi se na postojeći rekonstruirani nasip.

Na temelju gore navedenih nalaza kao kratkoročne mjere na Muri predložene su sljedeće mjere:

- Izvedba nasipa Sv. Martin na Muri,
- Izvedba nasipa Benica, te
- Rekonstrukcija/izvedba nasipa Gaberje.

Iz predloženih kratkoročnih mjera, kroz program Interreg Slovenija – Hrvatska (Frisco 1 i Frisco 2) izvode se mjere nasipa Sv. Martin na Muri i nasip Benica, a nasip Gaberje se provodi kroz program financiranja Vodnog fonda Republike Slovenije.



U svjetlu analize utjecaja na postojeću sigurnost od poplava, predložene mjere odgovaraju analizi utjecaja prema scenariju A. Rezultati pokazuju veliku učinkovitost u smanjenju rizika od poplava na lijevoj obali, budući da će provedba mjera spriječiti prelijevanje uzduž postojećeg nasipa Gaberje, a time će se smanjiti prijetnja od poplava naseljima na zračnoj strani nasipa od Gabera do Benice.

Predloženi skup mjera razlikuje se od mjera prema scenariju A po načinu izvedbe nasipa Gaberje. Prema scenariju A u cijelosti je predviđena rekonstrukcija postojećeg nasipa, a prema novom prijedlogu predviđena je rekonstrukcija nasipa u duljini od 1.560 m te izgradnja novog nasipa u dužini od 730 m. Novi nasip izvodi se sljedećim dimenzijama:

Širina krune: 4 m

Nagib nasipa: 1:x=1:3

Staza za održavanje izvodi se na zračnoj strani nasipa.

Nakon završetka rekonstrukcije postojećeg nasipa i izvođenju novog nasipa, funkcija postojećeg nasipa koja prolazi kroz hrvatski katastar se napušta. Predlaže se da se napušteni dio nasipa s vremenom

ukloni. Time će se povećati poplavno područje na lijevoj obali, što će pozitivno utjecati na poplavni režim Mure unutar obrambenih nasipa, dok je mjera povećanja postojećeg inundacijskog prostora prepoznata kao mjera zelene infrastrukture. Zbog neodržavanja napuštene dionice nasipa, tijekom vremena bi došlo do njegovog urušavanja, a val urušavanja mogao bi prouzročiti štetu na novom nasipu.

Iz perspektive terminskog plana izvedbe predloženih kratkoročnih mjera, nasip Sv. Martin može neovisno od provedbe mjera Gaberje i Benica jer nema značajnog utjecaja na rizik od poplava i prijetnju na lijevoj obali.

Analizom učinaka izgradnje nasipa Benica na rizik od poplava postojećeg naselja, utvrđeno je da je potrebno prethodno ili istovremeno uz izvedbu nasipa Benice izvesti rekonstrukciju nasipa Gaberje u duljini od 2,3 km. U slučaju da se nasip Benice izvede prije nasipa Gaberje, potrebno je na dionici planirane rekonstrukcije nasipa Gaberje predvidjeti dodatne negrađevinske mjere za smanjenje rizika od poplava, u obliku vreća ili privremenih zaštitnih ograda (npr. lamelarne IBS ograde ili cijevna zaštita Beaver). Isto tako je s negrađevinskim mjerama potrebno predvidjeti scenarij u slučaju urušavanja nasipa Gaberje (hitno uklanjanje nasipa Benice).

Analizom alternativnih rješenja utvrđeno je da se rekonstrukcija nasipa Gaberje može obaviti na dva načina:

- rekonstrukcija nasipa izvodi se po postojećoj trasi nasipa. Budući da dio nasipa prolazi kroz hrvatski katastar, potrebna je daljnja bilateralna koordinacija konačnog rješenja.
- dio nasipa, koji prolazi kroz hrvatski katastar se uklanja i na tom dijelu se izvodi novi obrambeni nasip, koji bi u cijelosti tekao po teritoriju slovenskog katastra. Predloženo rješenje je s gledišta terminskog plana izvedbe povoljnije od prethodnog, a ekonomski je manje povoljno.

Izvelo bi se ono rješenje koje je izvedivo. Primarno je predložen prvi način, po postojećoj trasi nasipa. Za takvu realizaciju bit će potrebna bilateralna koordinacija, ali takvim rješenjem izbjegavamo dugoročne postupke otkupa zemljišta, a mjera se može provesti istovremeno s izgradnjom nasipa u Benici.

U oba slučaja nasip Gaberje financirat će se iz programa investicijskih radova Republike Slovenije. Odluka o konačnom odabranom tehničkom rješenju za izvedbu rekonstrukcije nasipa Gaberje morat će se donijeti naknadnom bilateralnom koordinacijom dviju zemalja.

Iz perspektive terminskog plana izvedbe kratkoročnih mjera, nasip Sv. Martin može neovisno od provedbe mjera Gaberje i Benica jer nema značajnog utjecaja na rizik od poplava i prijetnju na lijevoj obali.

3.3.3 Investicijski troškovi uređenja te financijska i ekonomska opravdanost

Procjena investicija za predložene kratkoročne mjere iznosi 3.435.174,00 EUR.

MJERA	Procjena investicije (EUR)
PRIJEDLOG KRATKOROČNIH MJERA	
Rekonstrukcija/izvedba nasipa na dijelu Gaberje cesta Mursko Središće – Lendava	1,450,000.00
Izvedba nasipa između Ledave i obrambenog nasipa na Muri kod Benice	1,070,700.00
Rekonstrukcija nasipa Sveti Martin na Muri	914,474.00
UKUPNO bez PDV-A	3,435,174.00

Financijska neto sadašnja vrijednost ulaganja negativna je i iznosi -3.100.314 EUR. Financijski stupanj profita investicije također je negativan i iznosi 29,14 %.

Ekonomska neto sadašnja vrijednost projekta je pozitivna (1.666.035 EUR), što znači da koristi projekta dosežu troškove projekta. To potvrđuje i ekonomska stopa rentabilnosti, koja u slučaju projekta iznosi 7,95 %. Također, projekt je povoljan pokazatelj prednosti u smislu troškova, koji iznose 1,43.

3.3.4 Multikriterijalna analiza

Zajednička bilateralno koordinirana metodologija za ekonomsku procjenu šteta od poplava u prekograničnim riječnim slivovima (rujan 2018.) namijenjena je procjeni šteta od poplava u prekograničnim riječnim slivovima rijeka Kolpe, Sutle, Drave, Mure, Dragonje i Bregane radi provedbe aktivnosti FRISCO1 projekta.

Metodologija je razvijena na temelju bilateralno koordiniranog i prihvaćenog dokumenta Osnova bilateralne metodologije ekonomske procjene šteta od poplava u prekograničnim riječnim slivovima (u daljnjem tekstu „Osnova za metodologiju”), koju je u kolovozu 2018. godine izradio Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu (Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu).

Usvojena Metodologija sugerira da, s ciljem sveobuhvatne procjene rizika od poplava, s obzirom na prezentirani metodološki pristup dokazivanja ekonomske održivosti i izvedivosti predloženih mjera za smanjenje rizika od poplava, analizirani prijedlozi varijanti mjera također uzimaju u obzir štetne posljedice vezane uz zdravlje ljudi i okoliša.

U pripremi Prekogranično usklađenih studija sveobuhvatnog upravljanja rizicima od poplava u prekograničnim riječnim slivovima rijeka Kolpe, Sutla, Drave, Mure, Dragonje i Bregane, u okviru projekta, nakon izvedenog izračuna ekonomske održivosti i izvedivosti predloženih varijanti mjera za smanjenje rizika od poplava kao dodatni aspekt odabira najprikladnijeg rješenja, u obzir se uzima učinak svih „prihvatljivih rješenja“ za smanjenje utjecaja poplava na zdravlje ljudi i okoliša. Dodatni postupak odabira najprikladnijeg rješenja provodi se za sve varijante prihvatljivih rješenja u sljedećim koracima:

- A. Procjena pozitivnih učinaka prihvatljivih rješenja na ljudsko zdravlje
- B. Procjena pozitivnih učinaka prihvatljivih rješenja na okoliš
- C. Zajednička procjena posljedica poplava na ljudsko zdravlje i okoliš
- D. Odabir najboljeg rješenja

Zajednička procjena posljedica poplava na ljudsko zdravlje i okoliš za područje FRISCO Mura

Za područje koje se razmatralo u okviru projekta FRISCO, analizirano je nekoliko pogođenih stanovnika na temelju stanja prema središnjem registru stanovnika u RS (stanje 2015.). Za hrvatsku stranu napravljena je procjena utjecaja poplavnog područja, koje je povezano s rekonstrukcijom nasipa Sveti Martin na Muri (mjere A i C). Prema podacima Hrvatskog zavoda za statistiku (Statistička izvješća 1583/2016), općina Sveti Martin na Muri ima 803 stanovnika i 3,24 stanovnika po kućanstvu prema popisu iz 2011. godine. Procjenjujemo da je broj naseljenih objekata izloženih poplavama sa 100-godišnjim povratnim razdobljem u navedenom poplavnom području 16, što znači da je broj izloženih stanovnika 52.

3.4 ZAKLJUČAK

Ukupna duljina Mure je oko 500 km, obrađena dionica Mure u okviru projekta FRISCO1 predstavlja manju dionicu rijeke Mure u odnosu na cijeli sliv duljine oko 50 km. S obzirom na prirodne značajke na obrađivanoj dionici snažno prevladavaju poljoprivredna zemljišta. Radi se o poplavnom području, kako prikazuje i povijest prošlih događaja. Analiza postojećeg stanja pokazala je da su se u prošlosti mjere zaštite od poplava provodile na takav način da su nakon svake poplave, kada je visoka voda prelila obrambene nasipe, nasipi su se nadvisivali i obnavljali. Nasipi su građeni postupno, unatoč tome je dolazilo do prelijevanja nasipa. U slučajevima poplava u prošlosti su se provodile interventne mjere zaštite. Zbog različitih utjecaja, rastu razine zbog zaraslosti inundacijskih profila.

Analiza prethodnih poplava u 2005. i 2014. Godini, izlazak na teren i analiza druge dostupne dokumentacije bili su važna polazišta za identifikaciju lokacija i mjera, te daljnju analizu. Jedna od najgorih poplava dogodila se u kolovozu 2005. godine, kada su četiri lokacije bile najizloženije tijekom poplave, i to:

- područje 1: uzvodno od Hotize (na području platoa bez nasipa)
- područje 2: nasip između Kota i Petišovaca
- područje 3: nizvodno od graničnog prijelaza Petišovci (Kolonija Petišovci)
- područje 4: područje na kraju nasipa - Benica

Prva faza studije osmišljena je kao stručno mišljenje temeljeno na znanjima o uvjetima visoke vode i postojećim dostupnim podacima te je pružila niz potencijalnih kratkoročnih mjera, predloženih za nastavak analize i to:

- Rekonstrukcija nasipa na dijelu Gaberje cesta Mursko Središće – Lendava
- Rekonstrukcija nasipa Benica
- Izvedba nasipa između Ledave i obrambenog nasipa na Muri kod Benice
- Rekonstrukcija nasipa Sv. Martin na Muri
- Nasip Hlapičina
- Uređenje propusta ispod nasipa Križovec

Modelom će biti hidraulički provjerene samo one mjere, za koje iz hidrauličke analize postojećeg stanja i izvješća Projektiranje alternativnih rješenja - 2. Faza proizlazi, da su potrebni, odnosno je njihova provjera opravdana.

Svaka od analiziranih mjera ima svoje prednosti i nedostatke. Na temelju analize i stručne procjene predloženih mjera, dvije mjere identificirane su kao kratkoročna mjera u prvoj fazi studije:

- izvedba rekonstrukcije nasipa Sv. Martin na Muri i
- izvedba novoga nasipa u Benici.

Na temelju iskustava iz poplava 2005. i 2014. godine, utvrđeno je da povratni tok visokih voda Mure iz Murske šume ugrožava naselje Benica, poljoprivredna zemljišta i postojeću infrastrukturu. Izgradnja obrambenog nasipa utjecala bi na smanjenje postojećih troškova, koji su nastali u vezi sa zaštitom naselja u vrijeme nastanka visokih voda Mure (postavljanje zaštitnih vreća, električna energija za crpljenje otpadnih voda, uklanjanje posljedica štete na postojećim cestama i drugoj infrastrukturi).

Prema utvrđenom lošem stanju postojećeg nasipa Sv. Martin na Muri, zbog propuštanja kroz nasip, uvelike je ugrožena prije svega njegova stabilnost uz daljnje pojave visokih voda rijeke Mure. U slučaju urušavanja nasipa, posljedično su ugroženi životi i posjedi velikog broja ljudi unutar naselja, postojeća infrastruktura itd. Iz tog razloga, mjera rekonstrukcije nasipa Sv. Martin na Muri prepoznata je kao „no-regret“ mjera .

U drugoj fazi izrade studije, na temelju prikupljenih podataka i dokumentacije, analize postojećeg stanja, te napravljenih hidroloških i hidrauličkih analiza na temelju rezultata kombiniranog 1D+2D hidrauličkog modela, definirana je poplavnost obrađivanog područja. Hidraulička analiza pokazala je složenost poplavnih tokova Mure koji se na nekoliko dionica prelijevaju na zračnu stranu nasipa ili preko strme padine, te poplavljuju velike površine u zaleđu. Poplave su najopsežnije na dionici od Gibine do Murskog Središća, gdje dolazi do najvećeg prelijevanja obrambenih nasipa. Poplavne vode na zračnoj strani nasipa preplavljaju kako naselja, tako i važnu infrastrukturu (regionalne i međudržavne ceste).

U drugoj fazi izrade studije za sliv rijeke Mure, hidrauličkom analizom je provjerena učinkovitost predloženih mjera. Analizom učinaka izgradnje nasipa Benica na rizik od poplava postojećeg naselja, utvrđeno je da je potrebno prethodno ili istovremeno uz izvedbu nasipa Benice izvesti i rekonstrukciju nasipa Gaberje u duljini od 2,3 km. U slučaju da se nasip Benice izvede prije nasipa Gaberje, potrebno je na dionici planirane rekonstrukcije nasipa Gaberje predvidjeti dodatne negrađevinske mjere za smanjenje rizika od poplava, i to u obliku protupoplavnih vreća ili privremenih zaštitnih ograda. Rezultati pokazuju veliku učinkovitost u smanjenju rizika od poplava na lijevoj obali, budući da će provedba mjera spriječiti prelijevanje uzduž postojećeg nasipa Gaberje, a time će se smanjiti prijetnja od poplava naseljima na zračnoj strani nasipa od Gabera do Benice.

Na temelju gore navedenih nalaza kao kratkoročne mjere u okviru studije na Muri predložene su sljedeće mjere:

- Izvedba nasipa Sv. Martin na Muri,
- Izvedba nasipa Benica, te
- Rekonstrukcija/izvedba nasipa Gaberje.

S obzirom da je rekonstrukcija nasipa Gaberje uvjet za izgradnju nasipa Benice, rekonstrukcija nasipa Gaberje provodit će se istodobno s provođenjem mjera FRISCO projekta kroz program investicijskih radova Republike Slovenije.

Rekonstrukciju nasipa Gaberje je moguće izvesti na dva načina i to:

- rekonstrukcija nasipa Gaberje izvodi se po postojećoj trasi nasipa. Međutim, budući da dio nasipa prolazi kroz hrvatski katastar, potrebna je daljnja bilateralna koordinacija konačnog rješenja.
- dio nasipa, koji prolazi kroz hrvatski katastar se napušta i na tom dijelu se izvodi novi obrambeni nasip, koji bi u cijelosti tekao po teritoriju slovenskog katastra.

Provodi se rješenje koje je izvedivo. Predložen je prvi način, po postojećoj trasi nasipa. Ta će se provedba morati bilateralno koordinirati, ali takvim rješenjem izbjegavamo dugoročne postupke otkupa zemljišta, a mjera se može provesti istovremeno s izgradnjom nasipa u Benici.

U oba slučaja nasip Gaberje financirat će se iz programa investicijskih radova Republike Slovenije. Odluka o konačnom odabranom tehničkom rješenju za izvedbu rekonstrukcije nasipa Gaberje morat će se donijeti naknadnom bilateralnom koordinacijom dviju zemalja.

Iz perspektive terminskog plana izvedbe kratkoročnih mjera, nasip Sv. Martin može neovisno od provedbe mjera Gaberje i Benica jer nema značajnog utjecaja na rizik od poplava i prijetnju na lijevoj obali.



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

DIREKCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA VODE

Hajdrihova ulica 28c, 1000 Ljubljana
gp.drsv@gov.si | www.dv.gov.si