

INŠTITUT  
ZA VODE  
REPUBLIKE  
SLOVENIJE

Institute  
for Water of  
the Republic  
of Slovenia

*Voda za življenje, znanje za vode.  
Water for Life, Knowledge for Water.*

## **Program dela IzVRS za leto 2014**

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih podlag za izvajanje poplavne direktive (2007/60/ES)

I/2/11 Izdelava strokovnih podlag za izvajanje poplavne direktive

Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart razredov poplavne nevarnosti za 7 območij pomembnega vpliva poplav v RS. Nadaljevanje naloge I/2/1 iz leta 2013.

### **Naslov naloge:**

**Hidravlična študija visokih vod na porečju Tržiške Bistrice - za OPVP 10-Tržič**

### **Vodja naloge:**

Tina Mazi, univ. dipl. inž. grad.

**LJUBLJANA, SEPTEMBER 2014**



PROGRAM: Program dela IzVRS za leto 2014

I/2 Priprava in zagotovitev strokovnih  
podlag za izvajanje poplavne direktive  
(2007/60/ES)

I/2/11 Izdelava strokovnih podlag za izvajanje  
poplavne direktive

Izdelava kart poplavne nevarnosti in kart razredov  
poplavne nevarnosti za 7 območij pomembnega  
vpliva poplav v RS. Nadaljevanje naloge I/2/1 iz leta  
2013.

NASLOV NALOGE: **Hidravlična študija visokih vod na porečju  
Tržiške Bistrice - za OPVP 10-Tržič**

ŠIFRA NALOGE:

NAROČNIK: REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA KMETIJSTVO IN OKOLJE

IZVAJALEC: INŠTITUT ZA VODE REPUBLIKE SLOVENIJE  
Hajdrihova 28c  
1000, Ljubljana

AVTORJA: Tina Mazi, univ. dipl. inž. grad.  
Mitja Peček, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.

SODELAVCI: Mojca Stele Jeglič, univ. dipl. inž. grad.  
Darko Anzeljc, univ. dipl. inž. grad.  
Mladen Ajdič, univ. dipl. inž. grad.  
Branko Damjanović, gr. tehnik

KRAJ IN DATUM: LJUBLJANA, september 2014



## **VSEBINA**

|                                                                                 |            |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>VSEBINA.....</b>                                                             | <b>I</b>   |
| <b>KAZALO SLIK.....</b>                                                         | <b>II</b>  |
| <b>1.0 UVOD.....</b>                                                            | <b>1</b>   |
| <b>2.0 HIDROLOŠKE OSNOVE .....</b>                                              | <b>2</b>   |
| <b>3.0 GEODETSKE PODLAGE .....</b>                                              | <b>5</b>   |
| <b>4.0 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA .....</b>                                     | <b>6</b>   |
| 4.1 Tržiška Bistrica.....                                                       | 6          |
| 4.2 Mošenik .....                                                               | 6          |
| 4.3 Lomščica .....                                                              | 7          |
| 4.4 Blajšnica .....                                                             | 8          |
| 4.5 Kalinček .....                                                              | 9          |
| <b>5.0 MATEMATIČNI MODEL .....</b>                                              | <b>11</b>  |
| <b>6.0 HIDRAVLICNI IZRAČUNI .....</b>                                           | <b>16</b>  |
| 6.1 Visoke vode s povratno dobo 10 let (SET 1, SET 2).....                      | 17         |
| 6.2 Visoke vode s povratno dobo 100 let (SET 3, SET 4).....                     | 19         |
| 6.3 Visoke vode s povratno dobo 500 let (SET 5, SET 6).....                     | 21         |
| <b>7.0 KARTA POPLAVNE NEVARNOSTI IN KARTA RAZREDOV POPLAVNE NEVARNOSTI.....</b> | <b>24</b>  |
| <b>8.0 ZAKLJUČEK.....</b>                                                       | <b>27</b>  |
| <b>PRILOGE.....</b>                                                             | <b>III</b> |
| 1.0 Pregledna situacija M 1:25000 .....                                         | III        |
| 2.0 Situacija KPN – dosegi poplavnih linij Q10, Q100 in Q500 M 1:5000 .....     | III        |
| 3.0 Situacija KPN – globine pri Q10 M 1:5000 .....                              | III        |
| 4.0 Situacija KPN – globine pri Q100 M 1:5000 .....                             | III        |
| 5.0 Situacija KPN – globine pri Q500 M 1:5000 .....                             | III        |
| 6.0 Situacija KPN – globine x hitrost pri Q100 M 1:5000.....                    | III        |
| 7.0 Situacija KRPN – razredi poplavne nevarnosti M 1:5000 .....                 | III        |
| <b>PODATKOVNI MEDIJ .....</b>                                                   | <b>IV</b>  |



## KAZALO SLIK

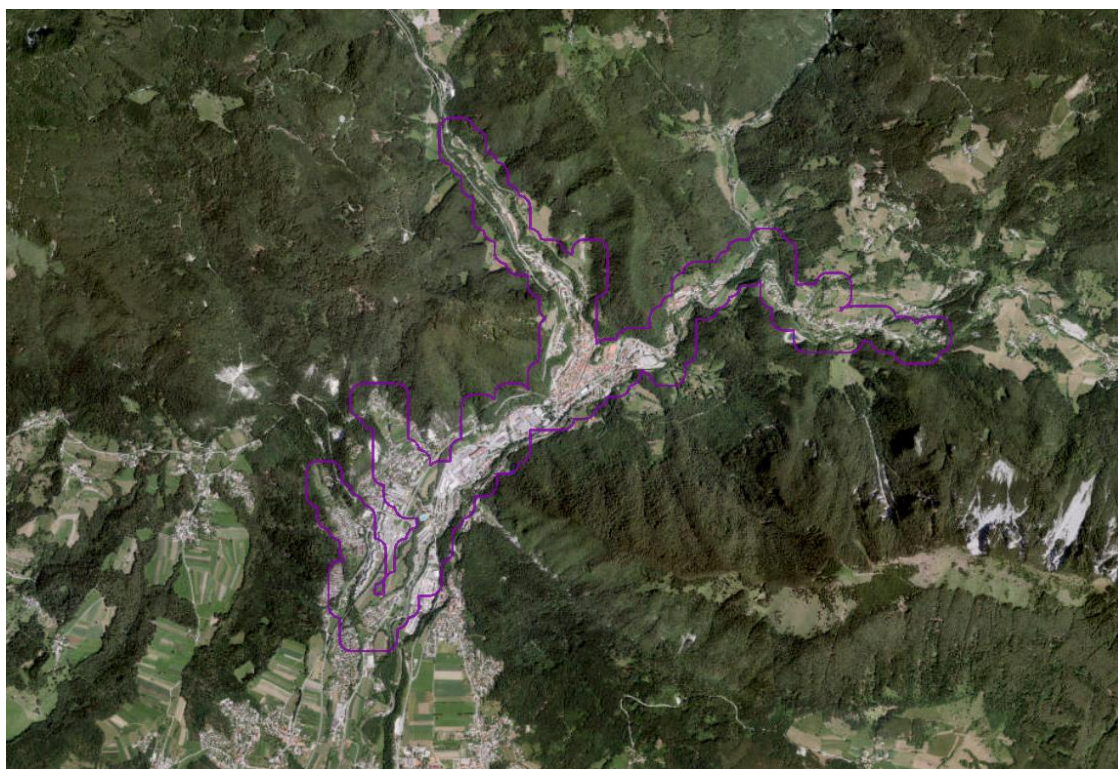
|                                                                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Slika 1: OPVP 10 - Tržič (vir: <a href="http://gis.arso.gov.si">http://gis.arso.gov.si</a> ) .....                                                                                                                                                                               | 1  |
| Slika 2: Hidrogrami odtoka s povratno dobo 10 let za različni čas trajanja padavin za hidrološki prerez 59z (vir: Hidrološka študija visokih vod na porečju Tržiške Bistrice - za OPVP 10-Tržič, IzVRS, december 2013).....                                                      | 3  |
| Slika 3: Primer vnešenega izbranega hidrograma (pretok-označen s črno barvo, hitrost-označena z modro barvo) s povratno dobo 10 let v program MIKE FLOOD za hidrološki prerez 59z (MIKE-1D) .....                                                                                | 4  |
| Slika 4: Prikaz izmerjenih prečnih profilov Tržiške Bistrice in njenih pritokov (z rdečo so označeni predhodno izmerjeni profili za potrebe študije »Sanacija Tržiške Bistrice na območju Tržiča od km 10+970 do km 12+970«, s črno pa prečni profili dosneti v letu 2013) ..... | 5  |
| Slika 5: Fotografije Tržiške Bistrice v Tržiču (foto: Tina Mazi) .....                                                                                                                                                                                                           | 6  |
| Slika 6: Fotografije Mošenika v Tržiču (foto: Tina Mazi) .....                                                                                                                                                                                                                   | 7  |
| Slika 7: Fotografije Lomščice (foto: Tina Mazi, Janko Zakrajšek).....                                                                                                                                                                                                            | 8  |
| Slika 8: Fotografije Blajšnice (foto: Tina Mazi) .....                                                                                                                                                                                                                           | 9  |
| Slika 9: Fotografije Kalinčka (foto: Tina Mazi).....                                                                                                                                                                                                                             | 10 |
| Slika 10: Klasificirani LIDAR podatki z dodanimi izmerjenimi prečnimi profili vodotokov (ArcMap).....                                                                                                                                                                            | 11 |
| Slika 11: Klasificirani LIDAR podatki v prečnem prerezu (ArcMap).....                                                                                                                                                                                                            | 12 |
| Slika 12: Klasificirani LIDAR podatki v 3D pogledu (ArcMap).....                                                                                                                                                                                                                 | 12 |
| Slika 13: Območje hidravličnega modeliranja OHM (zelena barva); meja OPVP 10-Tržič (rdeča barva).....                                                                                                                                                                            | 13 |
| Slika 14: Mreža TIN (prikaz terena brez objektov) za območje OPVP Tržič (ArcMap) .....                                                                                                                                                                                           | 13 |
| Slika 15: Batimetrija 2D modela z izločenimi objekti (MIKE FLOOD) .....                                                                                                                                                                                                          | 14 |
| Slika 16: Prikaz hidroloških prereзов za sete vhodnih hidrogramov (Acad) .....                                                                                                                                                                                                   | 15 |
| Slika 17: Obseg poplav pri Q10_SET 1 (MIKE FLOOD)_Model1 .....                                                                                                                                                                                                                   | 17 |
| Slika 18: Obseg poplav pri Q10_SET 1 (MIKE FLOOD)_Model2 .....                                                                                                                                                                                                                   | 17 |
| Slika 19: Obseg poplav pri Q10_SET 2 (MIKE FLOOD)_Model1 .....                                                                                                                                                                                                                   | 18 |
| Slika 20: Obseg poplav pri Q10_SET 2 (MIKE FLOOD)_Model2 .....                                                                                                                                                                                                                   | 18 |
| Slika 21: Obseg poplav pri Q100_SET 3 (MIKE FLOOD)_Model1 .....                                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| Slika 22: Obseg poplav pri Q100_SET 3 (MIKE FLOOD)_Model2 .....                                                                                                                                                                                                                  | 19 |
| Slika 23: Obseg poplav pri Q100_SET 4 (MIKE FLOOD)_Model1 .....                                                                                                                                                                                                                  | 20 |
| Slika 24: Obseg poplav pri Q100_SET 4 (MIKE FLOOD)_Model2 .....                                                                                                                                                                                                                  | 20 |
| Slika 25: Obseg poplav pri Q500_SET 5 (MIKE FLOOD)_Model1 .....                                                                                                                                                                                                                  | 21 |
| Slika 26: Obseg poplav pri Q500_SET 5 (MIKE FLOOD)_Model2 .....                                                                                                                                                                                                                  | 21 |
| Slika 27: Obseg poplav pri Q500_SET 6 (MIKE FLOOD)_Model1 .....                                                                                                                                                                                                                  | 22 |
| Slika 28: Obseg poplav pri Q500_SET 6 (MIKE FLOOD)_Model2 .....                                                                                                                                                                                                                  | 22 |
| Slika 29: Obseg poplav pri Q500_SET 6_dodatni_izračun (MIKE FLOOD)_Model1 .....                                                                                                                                                                                                  | 23 |
| Slika 30: Obseg poplav pri Q500_SET 6_dodatni_izračun (MIKE FLOOD)_Model2 .....                                                                                                                                                                                                  | 23 |
| Slika 31: Prikaz območij, ki smo jih dodatno uvrstili v območje razreda preostale poplavne nevarnosti (rdeča barva); meja območja modeliranja (zelena barva).....                                                                                                                | 25 |
| Slika 32: Prikaz izrednotenih poplavnih območij za primer simulacije izrednega poplavnega dogodka (modra barva) in prikaz evidentiranih območij poplavne nevarnosti iz študije Filozofske fakultete (rumena barva), območje obravnavanega OPVP-10 Tržič (vijolična barva).....   | 26 |



## **1.0 UVOD**

Cilj naloge je izdelava karte poplavne nevarnosti (KPN) in karte razredov poplavne nevarnosti (KRPN) za območje pomembnega vpliva poplav 10-Tržič. Območje je v IzVRS sistemu vodenja izdelanih hidrološko hidravličnih študij označeno s številko vira 3466.

Območje OPVP Tržič obsega območje ob Lomščici od Loma pod Storžičem do sotočja s Tržiško Bistrico, območje ob Mošeniku od naselja Čegeljše do sotočja s Tržiško Bistrico, območje ob Blajšnici od Bistrice pri Tržiču do sotočja s Tržiško Bistrico in območje Tržiške Bistrice od sotočja z Lomščico do naselja Loka pod Tržičem. Na omenjenem območju smo poleg vodotokov Tržiška Bistrice, Mošenik, Lomščica in Blajšnica, obravnavali še devet pritokov Mošenika, šest pritokov Tržiške Bistrice, tri pritoke Lomščice ter pritok Blajšnice. Glavni vodotok Tržiška Bistrice izvira v Karavankah nad naseljem Jelendol in se pri Podbrezju kot levi pritok izliva v Savo. Njena struga ima velik padec s hudourniških značajem. Dolga je 27 km, njeno porečje meri 146 km<sup>2</sup> in se v kraju Podbrezje kot levi pritok izliva v Savo. Obravnavano območje je prikazano na sliki 1.



**Slika 1: OPVP 10 - Tržič (vir: <http://gis.arso.gov.si>)**

Zadnji večji zabeleženi poplavni dogodek na obravnavanem območju, ki je povzročil tudi večjo škodo na cestnih in komunalnih infrastrukturnih objektih, je bilo neurje 18.9.2007. Ob močnem deževju se je sprožilo več zemeljskih plazov, zaradi intenzivnega izpiranja na povirnih območjih je prišlo do dotoka večjih količin plavin ter posledično do zamašitev prepustov in odtočnih jaškov, poškodovane so bile brežine, stabilizacijski objekti in oporni zidovi na vodotokih, preplavljene ceste, poškodovana cestišča, na nekateri območjih so bili poplavljeni tudi stanovanjski in javni objekti.



## **2.0 HIDROLOŠKE OSNOVE**

Za potrebe določitve poplavnih razmer na obravnavanem območju OPVP 10-Tržič, je bila uporabljena hidrološka študija »Hidrološka študija visokih vod na porečju Tržiške Bistrice - za OPVP 10-Tržič«, IzVRS, Ljubljana, december 2013, ki je bila izdelana za potrebe izdelave kart razredov poplavne nevarnosti za območje pomembnega vpliva poplav (OPVP) 10-Tržič.

Povzeto po študiji (IzVRS, 2013):

»Študija je bila izdelana za območje porečja Tržiške Bistrice z določitvijo "dejanskih" maksimalnih pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v nekaterih ključnih prerezih Tržiške Bistrice in njenih pritokih. Obravnavana hidrološka območja zajemajo celotno prispevno območje Tržiške Bistrice. Podatki in rezultati so prikazani za hidrološke prereze za celotno porečje Tržiške Bistrice. Za namen hidravličnega modeliranja na območju OPVP so bili podani vhodni hidrogrami.

Za potrebe obdelave so bili pridobljeni in analizirani meteorološki in hidrološki podatki Agencije RS za okolje (v nadaljevanju ARSO). Analiza padavin (maksimalne dnevne padavine, maksimalne padavine z različnim trajanjem 5 minut do 24 ur) je obravnavala 19 padavinskih postaj od tega 5 ombrografov. Opredeljeno je prispevno območje Tržiške Bistrice in njenih pritokov, določena so bila posamezna prispevna območja, dolžine vodotokov ter padci terena in padci vodotokov. Celotno prispevno območje Tržiške Bistrice in njenih pritokov je bilo opredeljeno na podlagi kart TTN 1:5.000 (GURS). Pokrovnost tal je bila določena s pomočjo podatkovnega sloja Corine Land Cover za Slovenijo. Odtocni potencial zemljine je bil ocenjen na podlagi rezultatov študije "Ocena hidravlične prevodnosti tal v Sloveniji za pedokartografske enote merila 1:250000" (Biotehniška fakulteta UL, 2009). Glede na pokrovnost tal in odtocni potencial je bil določen izhodiščni parameter CN (številka krivulje) za določitev padavinskih izgub po SCS metodi.

Za posamezna prispevna območja je bil izdelan hidrološki model površinskega odtoka z različico programa HEC-HMS 3.5. Visokovodni valovi so bili izvrednoteni z metodo sintetičnega enotnega hidrograma po metodi SCS. Za modeliranje transformacije visokovodnega vala je bila uporabljena metoda Muskingum-Cunge. Na osnovi verjetnostne analize padavin in izdelanega hidrološkega modela so bili izračunani maksimalni odtoki v odvisnosti od padavin s povratno dobo 10, 100 in 500 let.

V študiji so obravnavane sledeče vsebine:

- opis hidrografskih, topografskih in drugih značilnosti porečja,
- analiza meteoroloških in hidroloških podatkov,
- izračun "dejanskih" pretokov in visokovodnih valov s povratno dobo 10, 100 in 500 let v izbranih hidroloških prerezih za različno trajanje padavin.

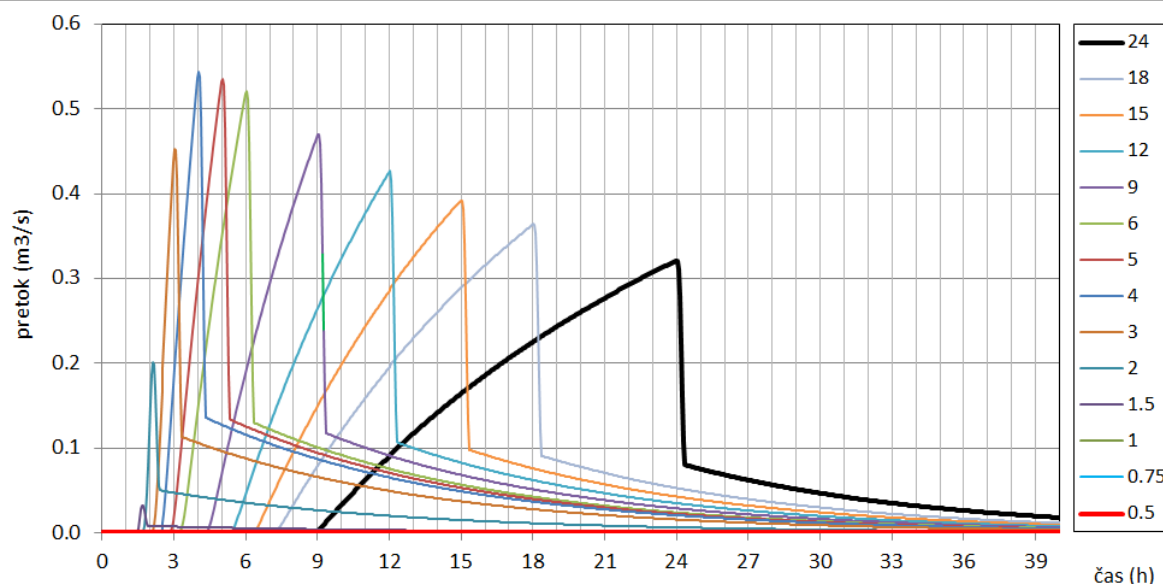
Vrednosti visokih vod na obravnavanem območju so v primerjavi s predhodno študijo Tržiške Bistrice (VGI, 1992) nekoliko nižje, predvsem zaradi upoštevanja natančnejših podatkov o prepustnosti terena in vedenja pridobljenega tekom let o dogajanju na obravnavanem območju, kljub upoštevanju nekoliko višjih merodajnih padavin.«



V hidravličnem modelu smo kot zgornji robni pogoj za vodotoke Tržiško Bistrico, Mošenik, Lomščico in njihove pritoke vnesli ustrezne hidrograme odtoka (iz zgoraj omenjene hidrološke študije IzVRS, 2013) za povratne dobe Q10, Q100 in Q500. Za spodnji robni pogoj je bila upoštevana gladina Tržiške Bistrice.

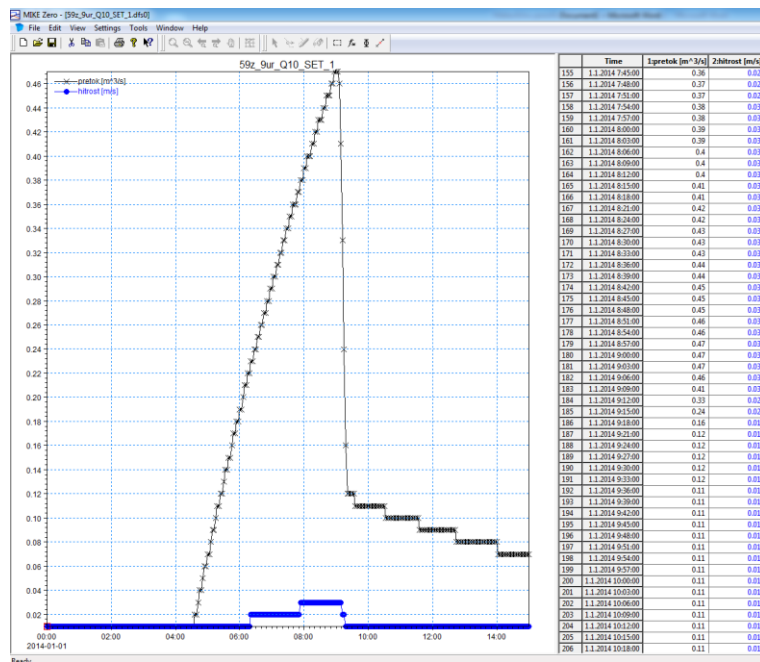
V nadaljevanju je prikazan primer hidrogama, ki je bil vnešen v hidravlični model.

| 59z                   | desni pritok Mošenika do prereza 6 |      |     |     |     |     |     | visokovodni valovi s povratno dobo 10 let |     |     |     |      |      |      |
|-----------------------|------------------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|
| Trajanje padavin (ur) | 0.5                                | 0.75 | 1   | 1.5 | 2   | 3   | 4   | 5                                         | 6   | 9   | 12  | 15   | 18   | 24   |
| Qmax (m3/s)           | 0.0                                | 0.0  | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.5 | 0.5 | 0.5                                       | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.4  | 0.4  | 0.3  |
| Volumen (1000 m3)     | 0.0                                | 0.0  | 0.0 | 0.3 | 2.1 | 5.3 | 7.0 | 7.5                                       | 7.9 | 8.9 | 9.8 | 10.7 | 11.5 | 13.0 |



**Slika 2: Hidrograme odtoka s povratno dobo 10 let za različni čas trajanja padavin za hidrološki prerez 59z (vir: Hidrološka študija visokih vod na porečju Tržiške Bistrice - za OPVP 10-Tržič, IzVRS, december 2013)**

Slika 2 prikazuje hidrograme za različne čase trajanja padavin v hidrološkem prerezu 59z (desni pritok Mošenika) za Q10. Na sliki 3 pa je prikazan izbrani hidrogram vnešen kot vhodni podatek v hidravlični model.



**Slika 3: Primer vnešenega izbranega hidrograma (pretok-označen s črno barvo, hitrost-označena z modro barvo) s povratno dobo 10 let v program MIKE FLOOD za hidrološki prerez 59z (MIKE-1D)**

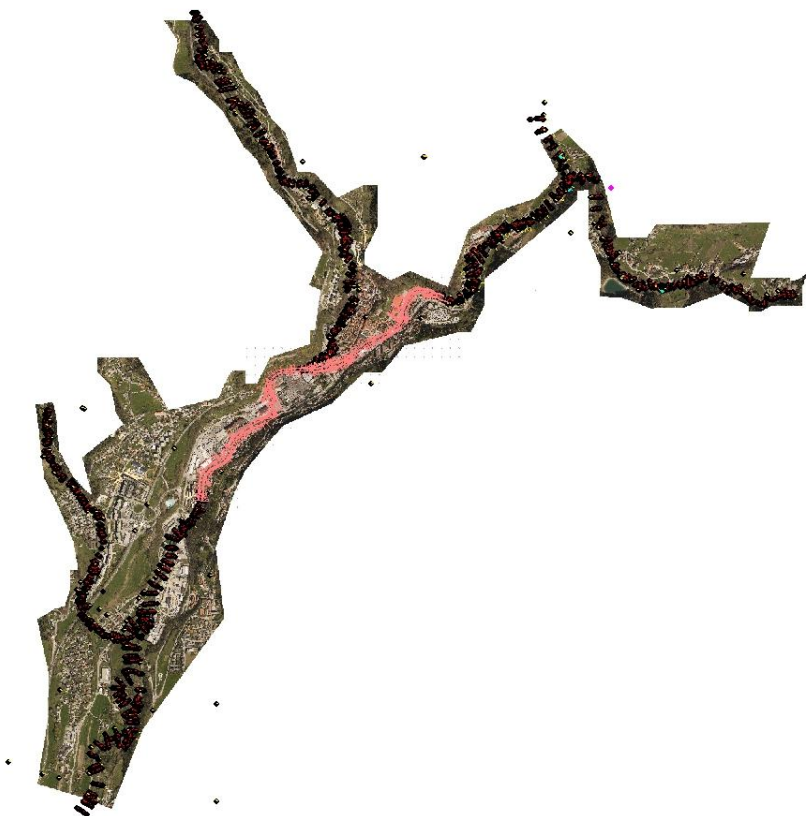


### **3.0 GEODETSKE PODLAGE**

Za izdelavo 1D modela smo uporabili podatke geodetskega terestičnega snemanja prečnih prereзов vodotokov Tržiška Bistrice, Lomščica, Mošenik in Blajšnica. Profili Tržiške Bistrice od P49 do P158 so bili delno uporabljeni iz projekta »Sanacija Tržiške Bistrice na območju Tržiča od km 10+970 do km 12+970«, Vodar Franci Rojnik s.p., Ljubljana, marec 2007, ki so bili (zaradi izvedenih sanacij) dosneti v letu 2013. Na območjih pragov in premostitev smo v 1D model ročno dodali še dodatne prečne prereze. Prav tako smo s pomočjo LIDAR posnetkov (iz \*.las datotek) v 1D model ročno dodali manjkajoče podatke o prečnih prerezih nekaterih manjših pritokov.

V 2D modelu smo uporabili LIDAR podatke, ki so bili posneti za širše območje ob Tržiški Bistrici in njenimi pritoki na območju mesta Tržič. Gostota točk je znašala 10 točk/m<sup>2</sup> in višinska natančnost 7,5 cm. V sklopu snemanja LIDAR so bili izdelani tudi digitalni ortofoto posnetki (DOF).

Območje geodetsko posnetih prečnih profilov je bilo posneto znotraj območja LIDAR snemanja. Zanesljivost LIDAR podatkov smo preverili z ujemanjem točk, posnetih s terestičnimi meritvami. Ugotovili smo, da je razlika od 10-15 cm.



***Slika 4: Prikaz izmerjenih prečnih profilov Tržiške Bistrice in njenih pritokov (z rdečo so označeni predhodno izmerjeni profili za potrebe študije »Sanacija Tržiške Bistrice na območju Tržiča od km 10+970 do km 12+970«, s črno pa prečni profili dosneti v letu 2013)***



## **4.0 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA**

### ***4.1 Tržiška Bistrica***

Tržiška Bistrica izvira v Karavankah nad naseljem Jelendol in se pri Podbrezju kot levi pritok izliva v Savo. Na večjem delu območja mesta Tržič teče Tržiška Bistrica utesnjeno med podpornimi obrežnimi zidovi stavb, vzporedno potekajočih cest in številnih premostitev z različnimi svetlimi odprtiniami. Obrežni zidovi so bili zgrajeni v različnih časovnih obdobjih, mestoma so dograjeni in zato sestavljeni iz različnih materialov. Prav tako je zelo heterogena sestava prečnih stabilizacijskih objektov (talni pragovi, jezovi, stopnje). Vsakoletne visoke vode, še posebej pa neurje septembra 2007, so z leti povzročile poškodbe in spodkopavanje temeljev stabilizacijskih objektov, zato so bila pred leti v sklopu odpravljanja posledic neurja septembra 2007 izvedena obsežna ureditvena dela in sistematično obnavljanje objektov (razširitve pretočnih profilov, zvišanje protipoplavnih nasipov in zidov, obnova pragov, podpornih zidov,...).



***Slika 5: Fotografije Tržiške Bistrice v Tržiču (foto: Tina Mazi)***

### ***4.2 Mošenik***

Zahodna meja porečja Mošenika je obenem tudi meja občine Tržič (Dobrča, Čisovec, Preval, Begunjščica). Na vzhodu poteka meja po slemenih, ki povezujejo Karavanke z



delom Kamniških Alp, na severu pa poteka meja njegovega porečja po Zajmenovih pečeh, Košutici, Rjavi peči in Ljubelju. Mošenik s svojim dolinskim krakom razdvaja predgorja Košute od pogorij pod Begunjščico in Dobrčo. Mošenik ima veliko manjših hudourniških pritokov z močno razvito prodonosnostjo. Visoke vode in neurja so v preteklosti povzročile poškodbe brežin, zato je bilo z leti tudi na Mošeniku izvedeno sistematično obnavljanje poškodovanih zidov in pragov.



**Slika 6: Fotografije Mošenika v Tržiču (foto: Tina Mazi)**

### **4.3 Lomščica**

Lomščica je gorski potok, ki izvira v več izvirih v bližini planinskega doma pod Storžičem v Kamniško-Savinjskih Alpah in se v bližini naselja Lom pod Storžičem kot levi pritok izliva v Tržiško Bistrico. Potok ima štiri manjše pritoke. Lomščica predstavlja mejo med Karavankami in Kamniško – Savinjskimi Alpami in je dolga 7 km ter ima velik padec, zato je tudi energetska izkoriščena.

V sklopu odpravljanja posledic neurja septembra 2007 so bila v Lomu pod Storžičem izvedena sanacijska dela na desnem pritoku Lomščice v Slaparski vasi. Z vzdolžno kamnito - betonsko zložbo se je uredila struga pritoka do cestnega propusta pod občinsko cesto, poleg kinete so bili urejeni tudi talni pragovi.



***Slika 7: Fotografije Lomščice (foto: Tina Mazi, Janko Zakrajšek)***

#### **4.4 Blajšnica**

Blajšnica je hudourniški potok, ki izvira v okolici prelaza Bistriške planine v Karavankah in se v Bistrici pri Tržiču kot desni pritok izliva v Tržiško Bistrico.

V »Poročilu o posledicah močnega deževja dne 18.9.2007, izvedenih interventnih ukrepov in prvi oceni škode« (Občina Tržič, september 2007) je navedeno, da je Blajšnica v omenjenem neurju prestopila bregove, poškodovana je bila tudi dostopna cesta do vodovodnih objektov v strugi Blajšnice.



**Slika 8: Fotografije Blajšnice (foto: Tina Mazi)**

## **4.5 Kalinček**

Kalinček je levi hudourniški pritok Tržiške Bistrice, ki je ob vsakem večjem neurju preplaval strugo, zato se je v naselju Pod gradom v sklopu izgradnje kanalizacije uredila tudi struga hudournika (kamnito - betonsko zložba). V zgornjem delu naselja je bila na Kalinčku zgrajena zaplavna pregrada in urejen prodni usedalnik. Kalinček je skozi naselje speljan deloma v odprtem kanalu, deloma pa v zaprtem prepustu.



***Slika 9: Fotografije Kalinčka (foto: Tina Mazi)***

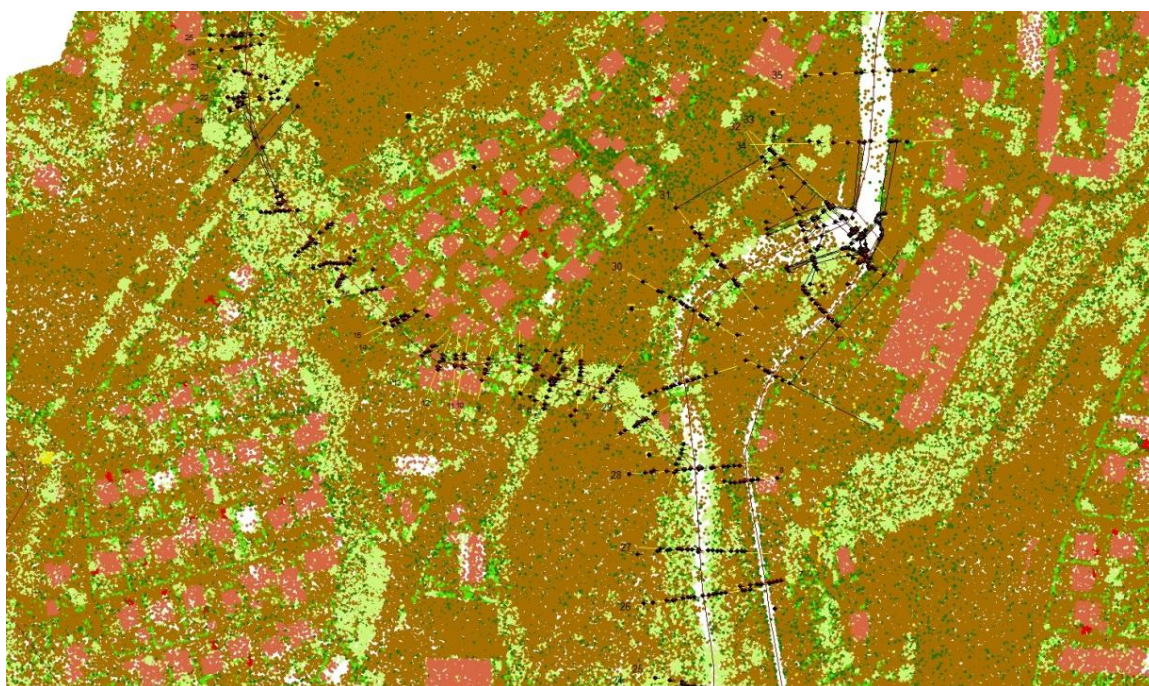


## **5.0 MATEMATIČNI MODEL**

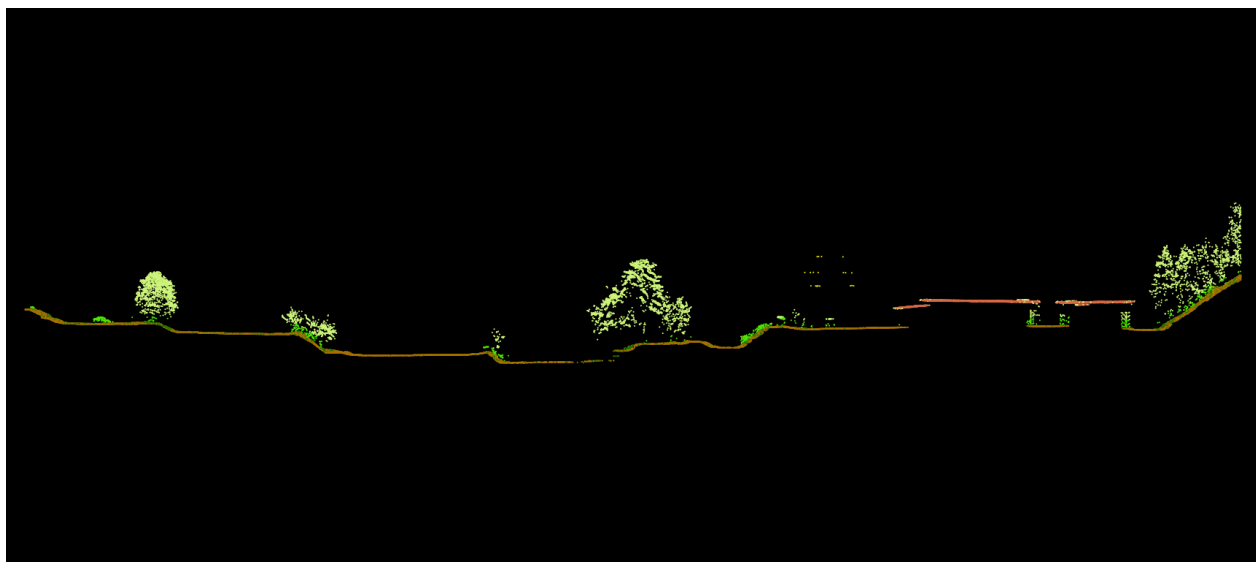
Za hidravlično modeliranje je bil uporabljen matematični program MIKE FLOOD, ki omogoča kombinacijo izračuna 1D toka v osnovni strugi in iz računa 2D toka po poplavnih območjih. 1D modul in 2D modul si v vsakem časovnem koraku med seboj izmenjujeta podatke o globini in hitrosti. Rezultat izračuna je doseg poplavnih voda, globina in hitrost vode za vsako posamezno celico znotraj določenega računskega območja.

V 1D modelu so bili torej uporabljeni geodetsko izmerjeni prečni profili struge in podatki o premostitvah in pragovih. Glede na zaraščenost struge so bili podani koeficienti hrapavosti struge. Za vodotoke smo uporabili koeficient hrapavosti  $n_g=0.033-0.038$ , na poplavnih površinah pa glede na tip pokrovnosti (ceste, travniki, gozdne površine)  $n_g=0.020-0.070$ . Pri premostitvah smo uporabili koeficiente razširitve in zožitve skladno s priporočili DHI group in sicer koeficient razširitve 0,5 in koeficient zožitve 0,3. Vhodni podatki za 1D-2D model so bili hidrogrami odtoka posameznih vodotokov. Odtok iz neposrednih prispevnih površin posameznih potokov, ki prihajajo direktno v strugo (ne kot pritok), so bili v model vnešeni kot linijsko porazdeljeni (dotok po odseku zvezno narašča). Ker ni bilo na voljo ustreznih podatkov, hidravlični model ni bil umerjen na znane visoke vode.

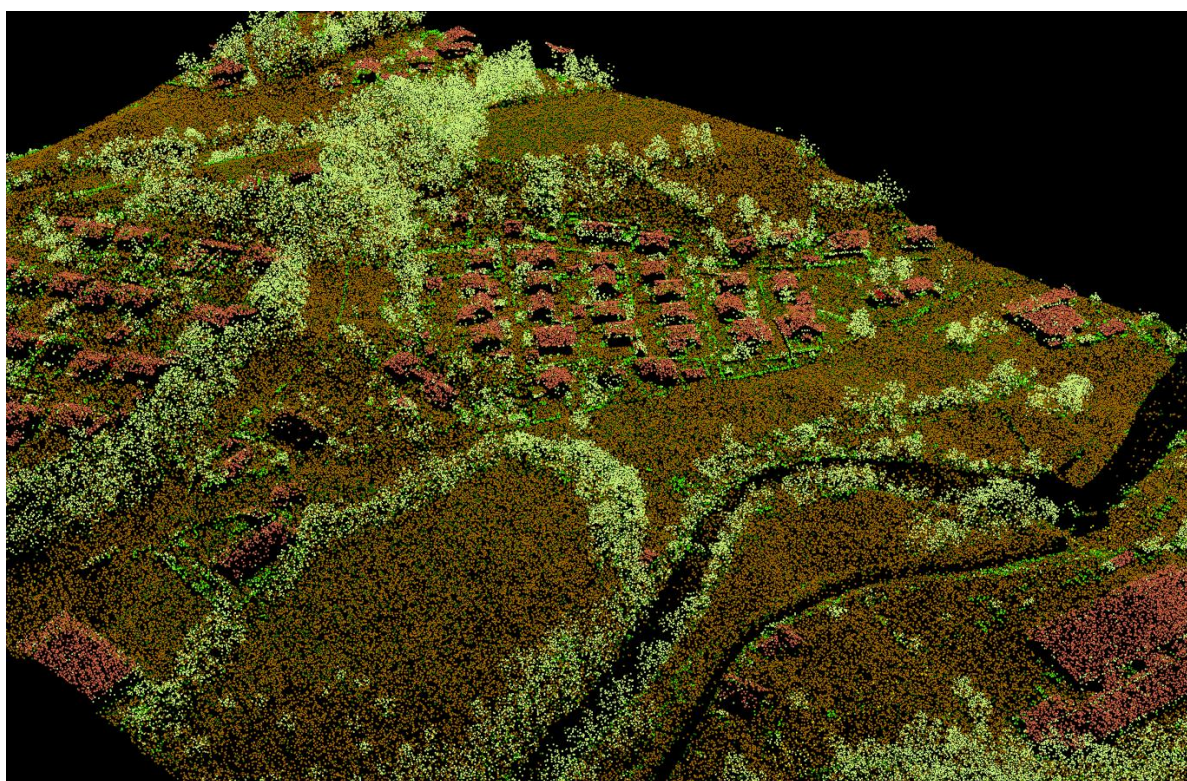
Batimetrija 2D modela, na podlagi katere MIKE 21 računa tok po poplavnih območjih, je sestavljena iz mreže celic z določeno velikostjo v x in y smeri. Računsko mrežo z gostoto celic  $4 \times 4$  m smo izdelali na podlagi rasterizacije LIDAR posnetkov (klasificirani podatki oblaka točk) z uporabo modula v GIS programskem okolju. Izdelali smo teren, ki omogoča prikaz točk v obliki TIN (nepravilna trikotniška mreža). Batimetrijo 2D modela z objekti smo sestavili iz vektorskega podatkovnega sloja Katastra stavb, ki smo ga rasterizirali na ustrezno računsko mrežo z gostoto celic  $4 \times 4$  m in izločili iz računskega območja hidravličnega modeliranja.



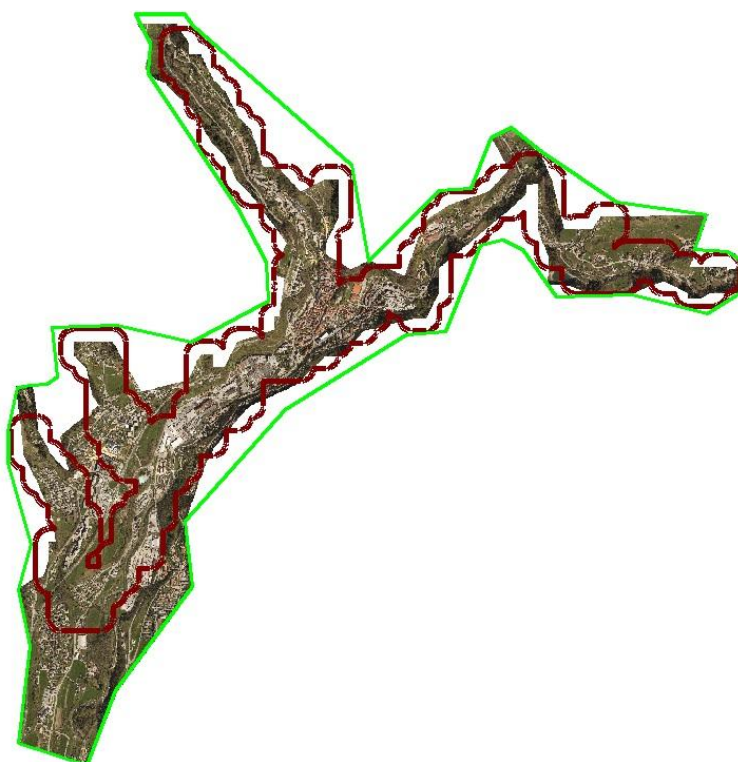
**Slika 10: Klasificirani LIDAR podatki z dodanimi izmerjenimi prečnimi profili vodotokov (ArcMap)**



***Slika 11: Klasificirani LIDAR podatki v prečnem prerezu (ArcMap)***



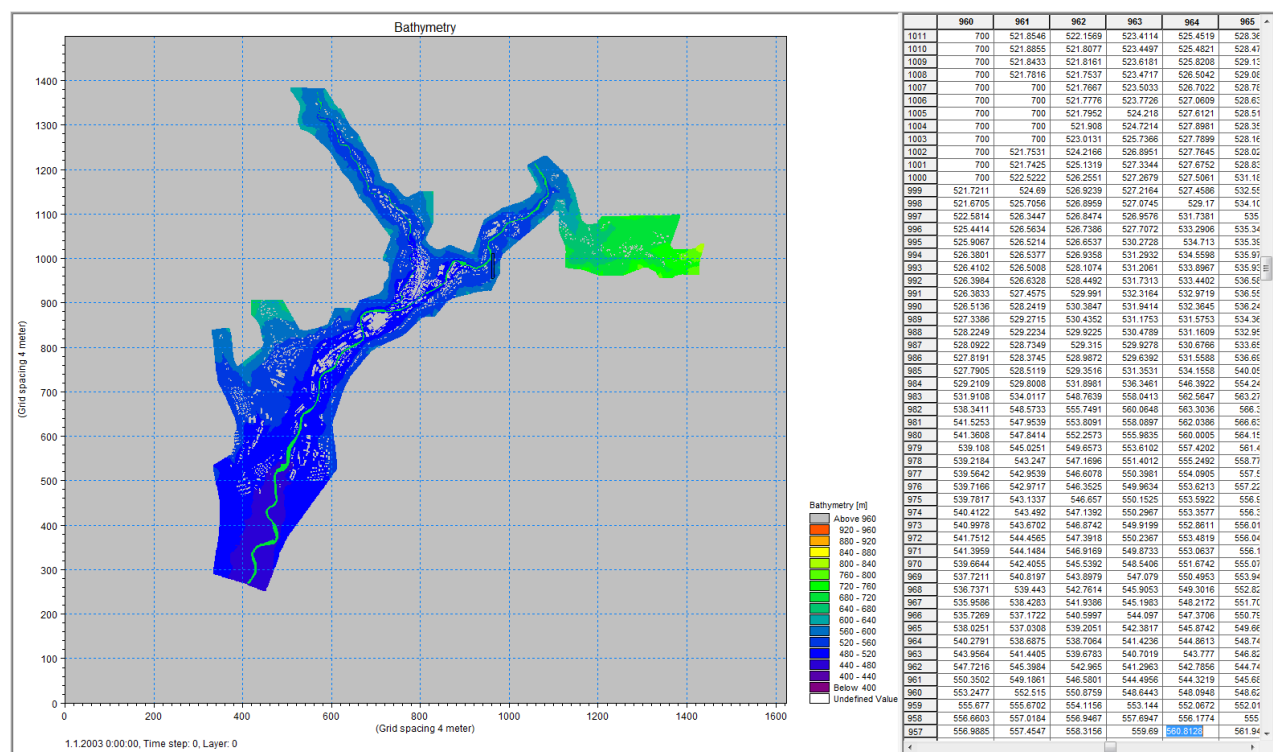
***Slika 12: Klasificirani LIDAR podatki v 3D pogledu (ArcMap)***



**Slika 13: Območje hidravličnega modeliranja OHM (zelena barva); meja OPVP 10-Tržič (rdeča barva)**



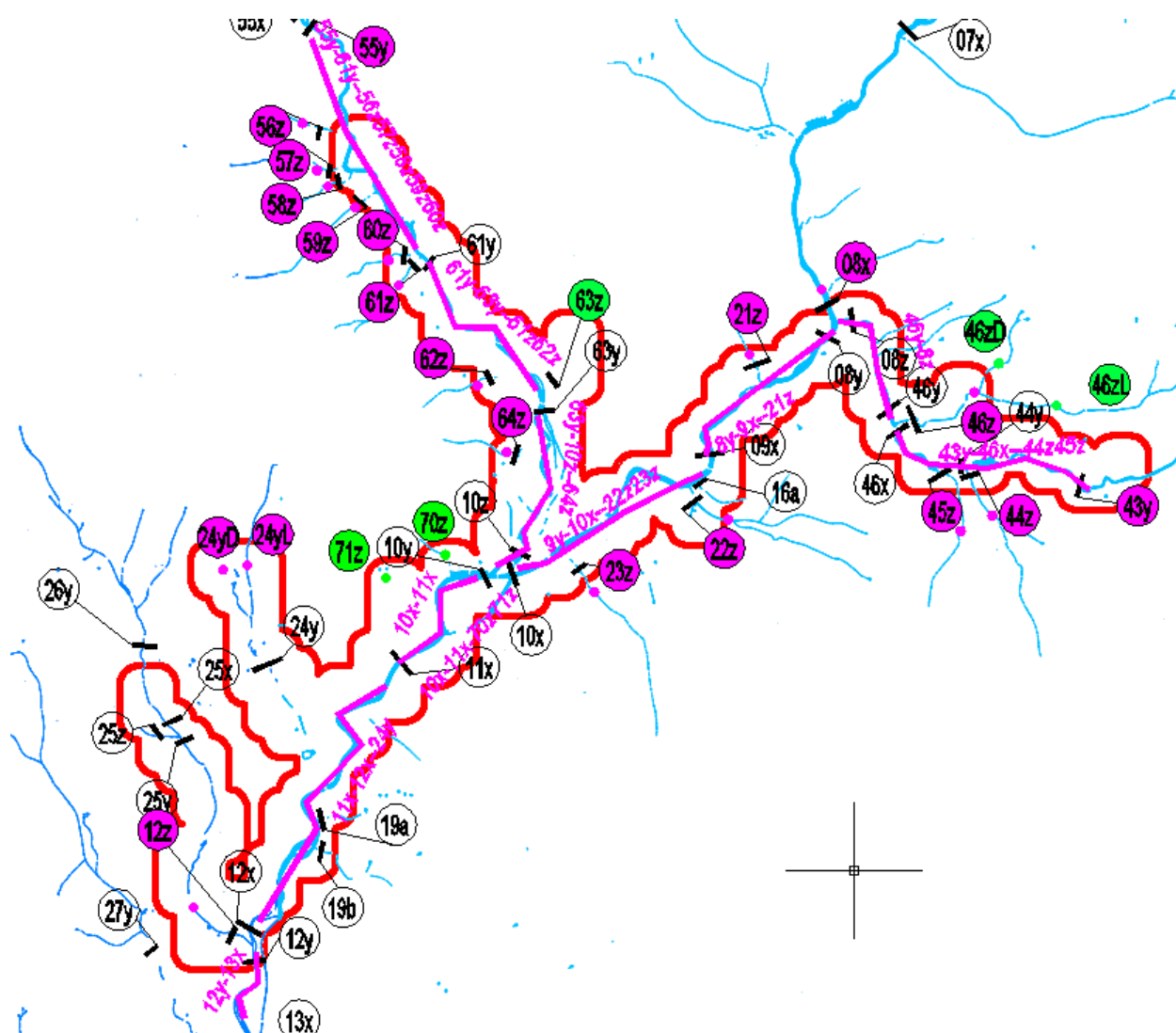
**Slika 14: Mreža TIN (prikaz terena brez objektov) za območje OPVP Tržič (ArcMap)**



**Slika 15: Batimetrijra 2D modela z izločenimi objekti (MIKE FLOOD)**

Glede na karakteristike povodja Tržiške Bistrice smo za vsako povratno dobo (Q10, Q100 in Q500) izdelali 2 seta vhodnih hidrogramov, ki so bili glede na maksimalni pretok in čas trajanja padavin merodajni za glavni vodotok Tržiško Bistrico (Q10 - SET 1, Q100 – SET 3, Q500 – SET 5) in pritoke (Q10 - SET 2, Q100 – SET 4, Q500 - SET 6). Skupno je bilo torej izdelanih 6 setov vhodnih hidrogramov za izbrane hidrološke prereze (225 vhodnih hidrogramov).

Pritoki v hidroloških prerezih 56z, 57z, 58z, 59z, 60z, 61z, 62z, 64z, 08x, 55y, 26y, 43y, 21z, 22z, 23z, 25z, 44z, 45z, 46zD, 46zL, 24yL, 24yD in 71z so bili vnešeni točkovno kot vhodni podatki v 1D modulu, pritoki v hidroloških prerezih 63z, 70z ter še tri manjše pritoke (16a, 19a in 19b) pa smo zaradi njihovih specifičnih karakteristik vnesli točkovno kot vhodne podatke v 2D modul. Pritoke v hidroloških prerezih 44z, 45z in 21z smo zaradi pomankljivih oz. ne dovolj natančnih geometrijskih podatkov simulirali dvakrat, prvič kot vhodni podatek v 1D modulu in drugič kot vhodni podatek v 2D modulu ter pri prikazu rezultatov upoštevali obojino obeh simulacij. Odtoki iz neposrednih prispevnih površin posameznih potokov, ki prihajajo v strugo porazdeljeno in ne točkovno kot pritok, so bili v model vnešeni kot linijsko porazdeljeni. Le te smo prav tako vnesli kot vhodni podatek v 1D modulu.



**Slika 16: Prikaz hidroloških prerezov za sete vhodnih hidrogramov (Acad)**



## **6.0 HIDRAVLIČNI IZRAČUNI**

Cilj naloge je določiti in prikazati poplavna območja za povratne dobe 10, 100 in 500 let na celotnem obravnavanem območju. Ker maksimalne vrednosti pretokov z enako povratno dobo ne nastanejo ob istem dogodku je bilo potrebno izvesti več hidroloških modelov in izračunov.

Za zmanjšanje števila hidravličnih izračunov so bili pripravljeni seti hidrogramov (glej poglavje 5.0) za katere ocenjujemo, da še dovolj natančno ponazarjajo hipotetično situacijo za določitev maksimalnih dosegov poplavnih vod z zahtevano povratno dobo na posameznem odseku vodotoka. Tako dobljena poplavna območja prikazujejo rezultat t.i. ovojnice padavinskih situacij z verjetnostjo nastopa 10 %, 1 % in 0,2 %.

Hidravlične izračune smo izvedli za povratne dobe 10, 100 in 500 let. Kot merodajne smo upoštevali maksimalne izračunane vrednosti za posamezno povratno dobo.

Za izvedbo hidravličnih izračunov smo imeli na razpolago programski paket, ki zmore račun do največ 450 prečnih profilov in neomejeno število računskih celic, kar pa je bilo premalo za simulacijo celotnega območja, zato smo območje razdelili na 2 računska modela:

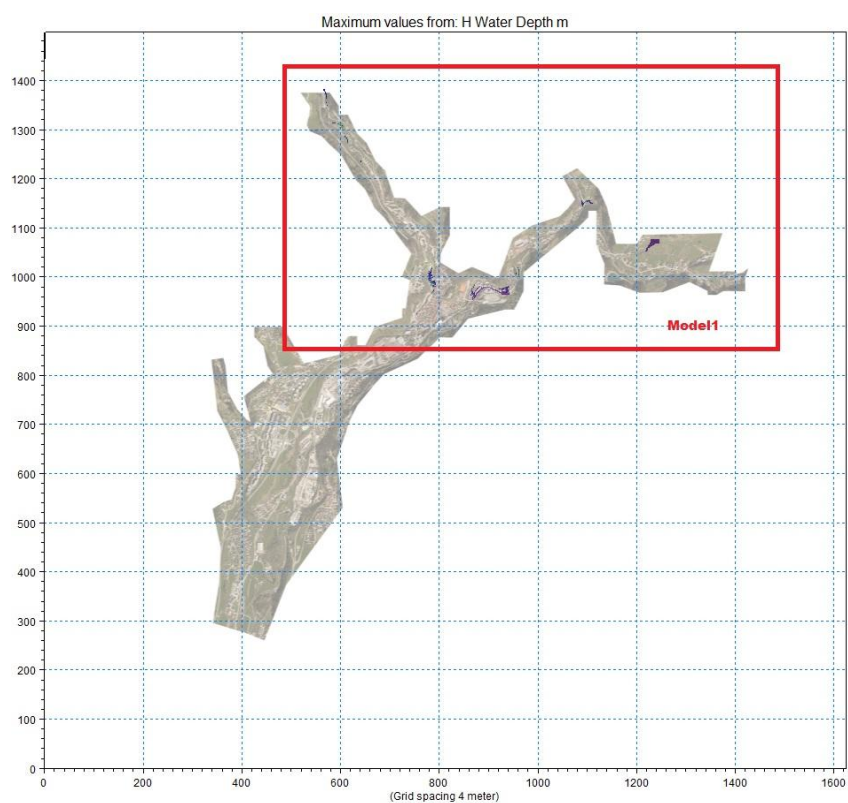
- model 1 (zgornji del – območje do izpod sotočja Tržiške Bistrice in Mošenika)
- model 2 (spodnji del – od sotočja Tržiške Bistrice in Mošenika do izpod sotočja Tržiške Bistrice z Blajšnico).

Za takšno razdelitev modela smo se odločili, da bi lahko čim natančneje določili robne pogoje med modeloma. Na območju prekrivanja modelov voda ne preplavi osnovne struge, zato je bil kot vhodni podatek v modelu 2 vnešen iztočni hidrogram iz modela 1. Za spodnji robni pogoj v modelu 2 je bila prevzeta gladina Tržiške Bistrice. Pri obeh modelih je bila uporabljena računska mreža z gostoto celic 4x4 m.

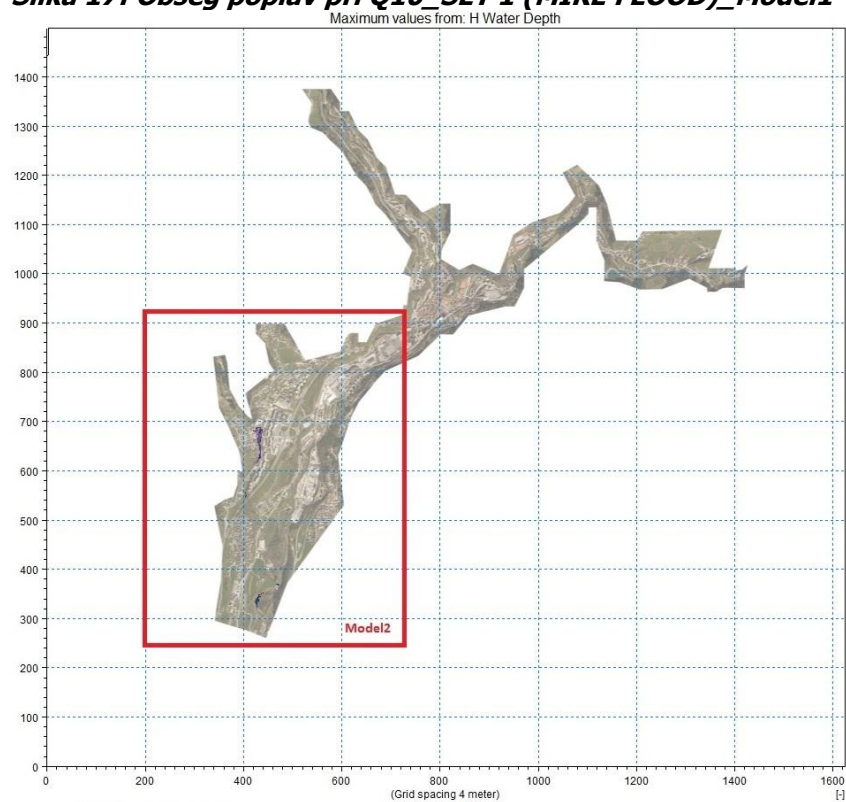
V nadaljevanju so podani prikazi obsega poplav pri Q10, Q100 in Q500 za posamezne sete vhodnih hidrogramov.



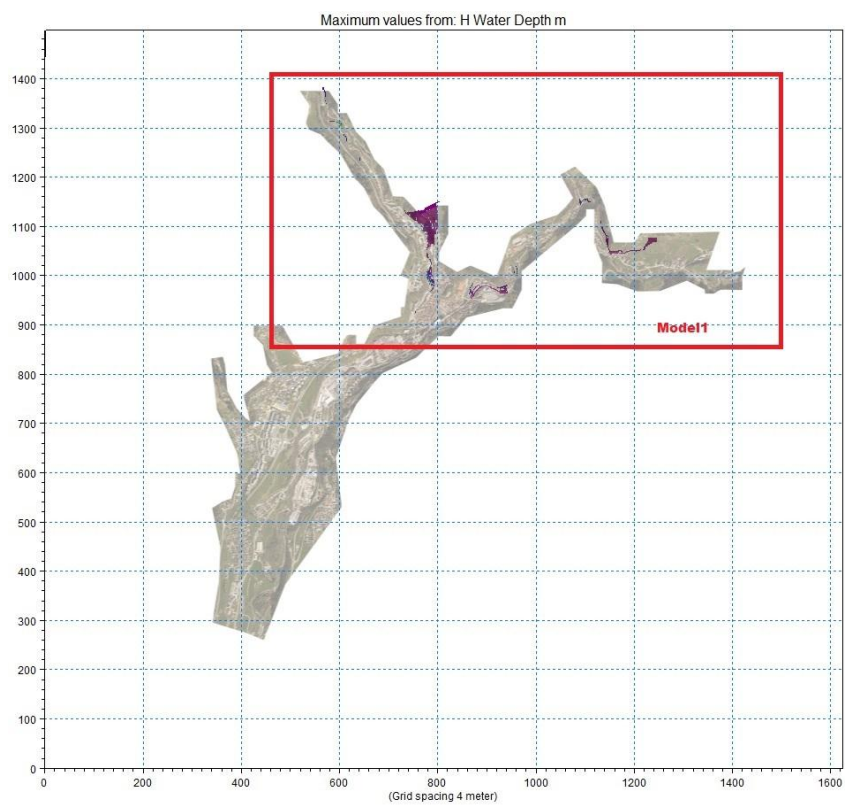
## 6.1 Visoke vode s povratno dobo 10 let (SET 1, SET 2)



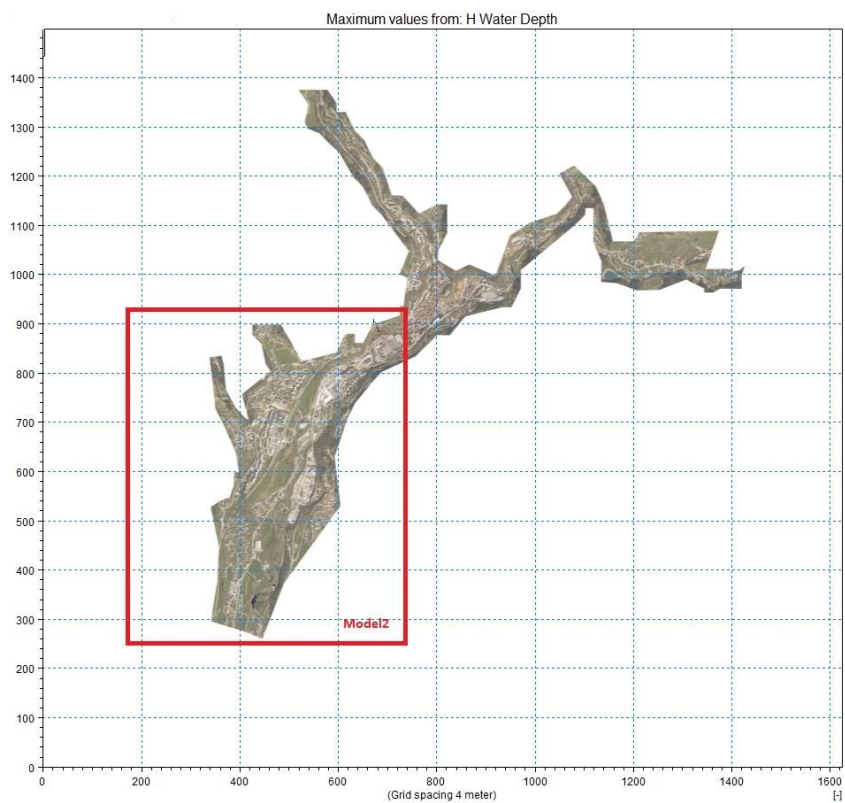
**Slika 17: Obseg poplav pri Q10\_SET 1 (MIKE FLOOD)\_Model1**



**Slika 18: Obseg poplav pri Q10\_SET 1 (MIKE FLOOD)\_Model2**



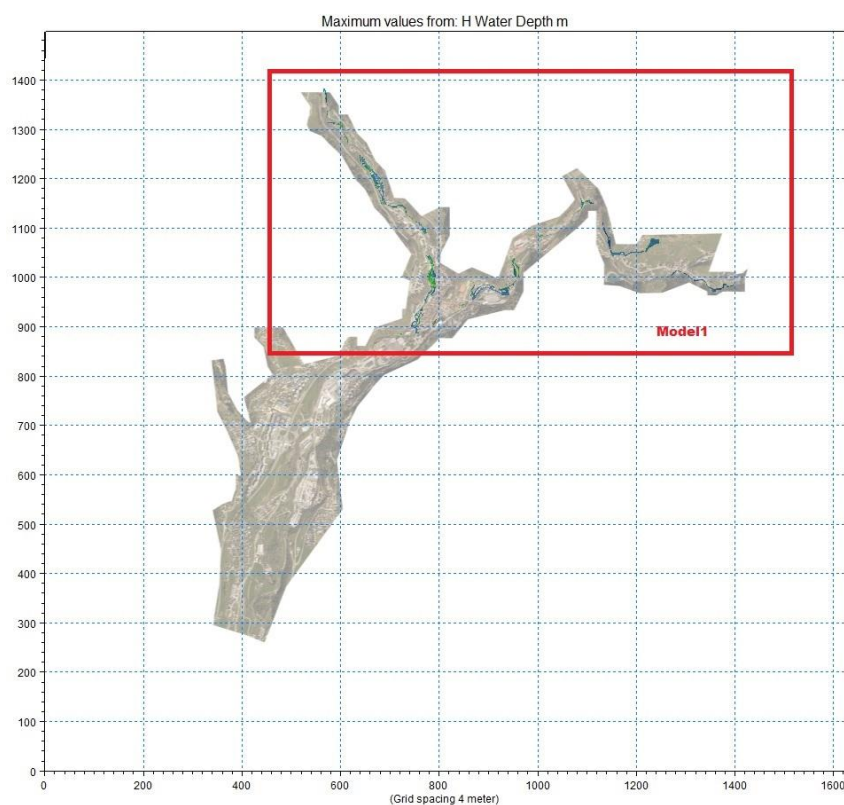
**Slika 19: Obseg poplav pri Q10\_SET 2 (MIKE FLOOD)\_Model1**



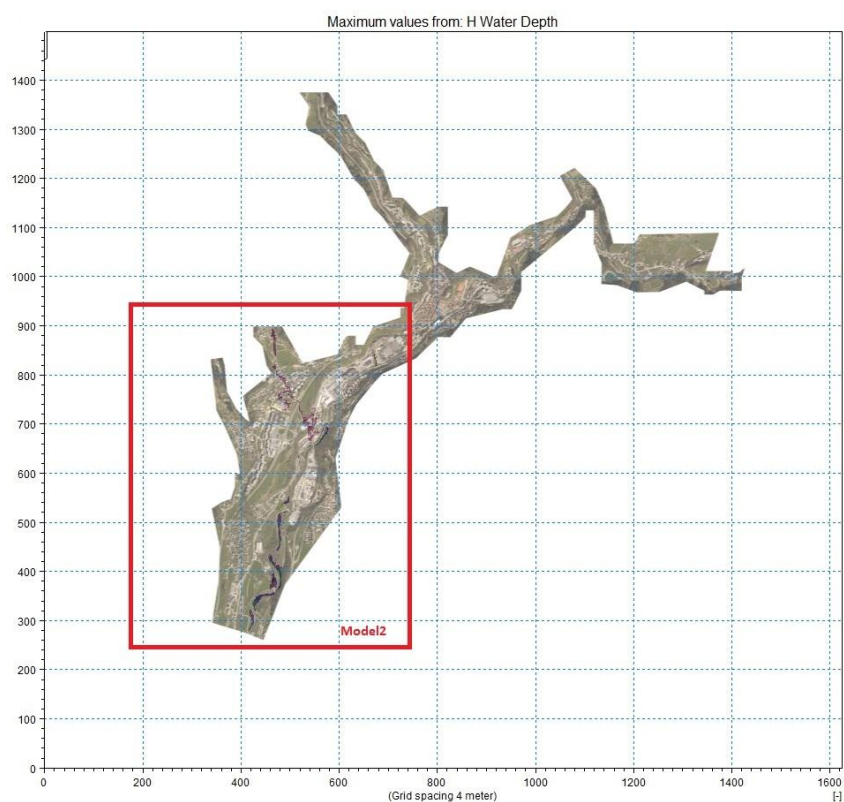
**Slika 20: Obseg poplav pri Q10\_SET 2 (MIKE FLOOD)\_Model2**



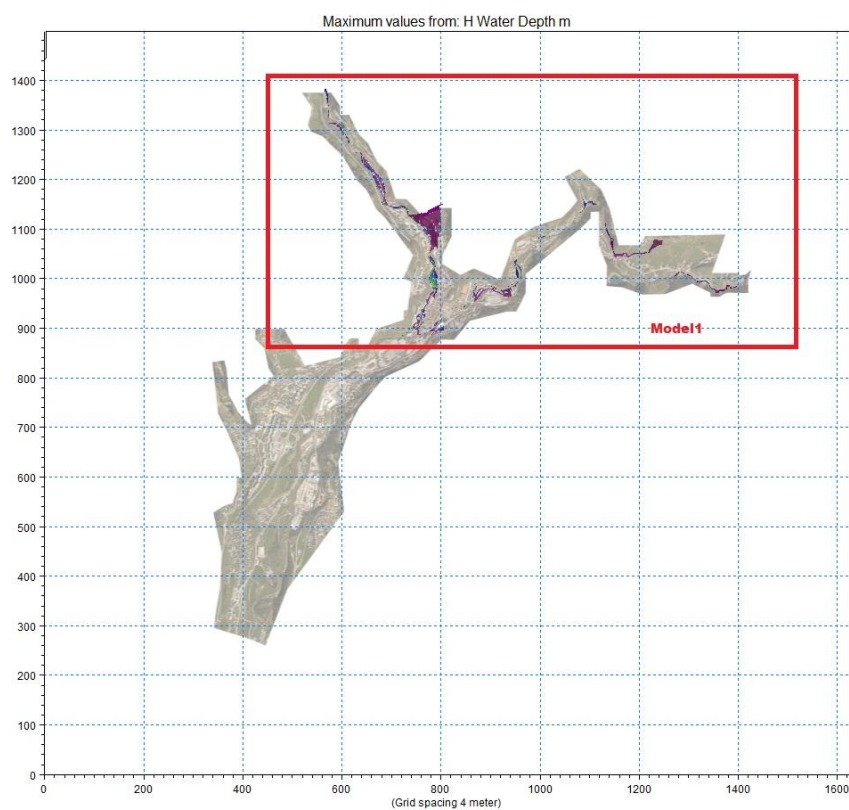
## 6.2 Visoke vode s povratno dobo 100 let (SET 3, SET 4)



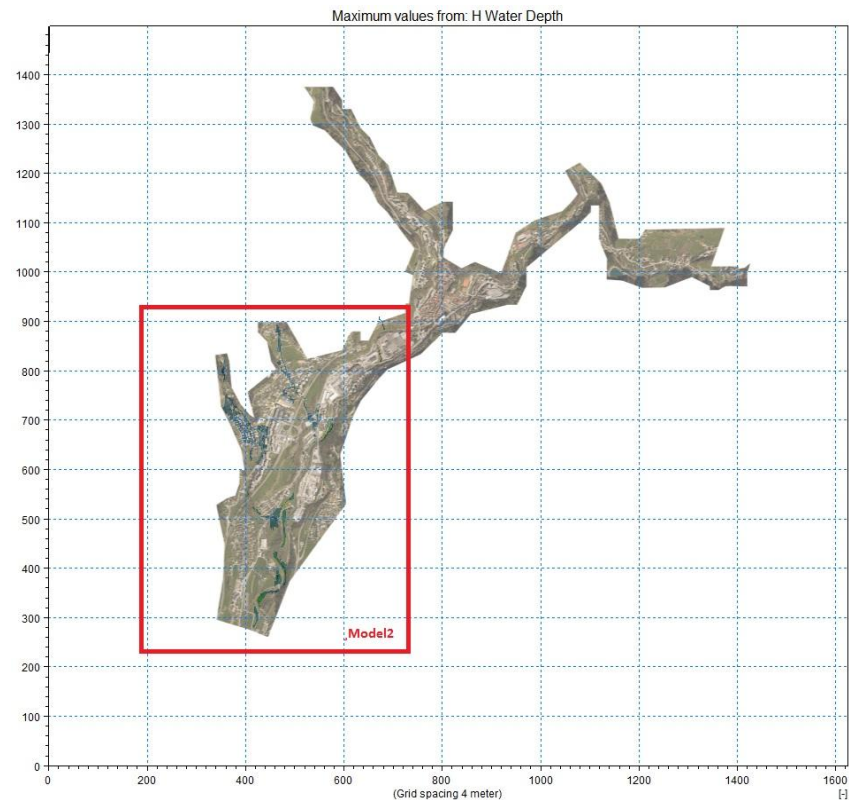
**Slika 21: Obseg poplav pri Q100\_SET 3 (MIKE FLOOD)\_Model1**



**Slika 22: Obseg poplav pri Q100\_SET 3 (MIKE FLOOD)\_Model2**



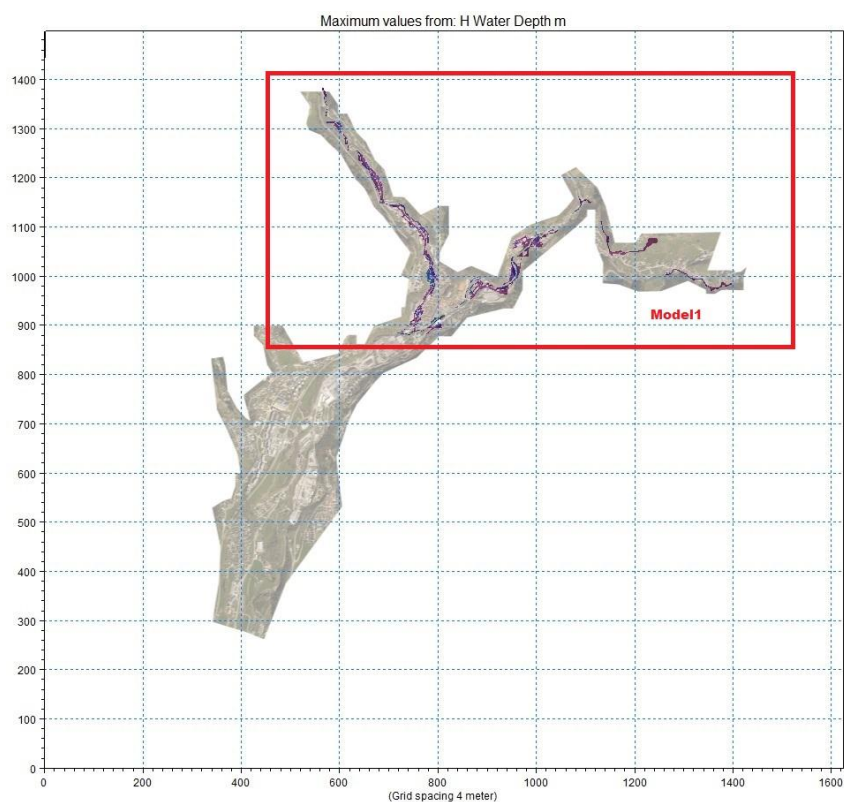
**Slika 23: Obseg poplav pri Q100\_SET 4 (MIKE FLOOD)\_Model1**



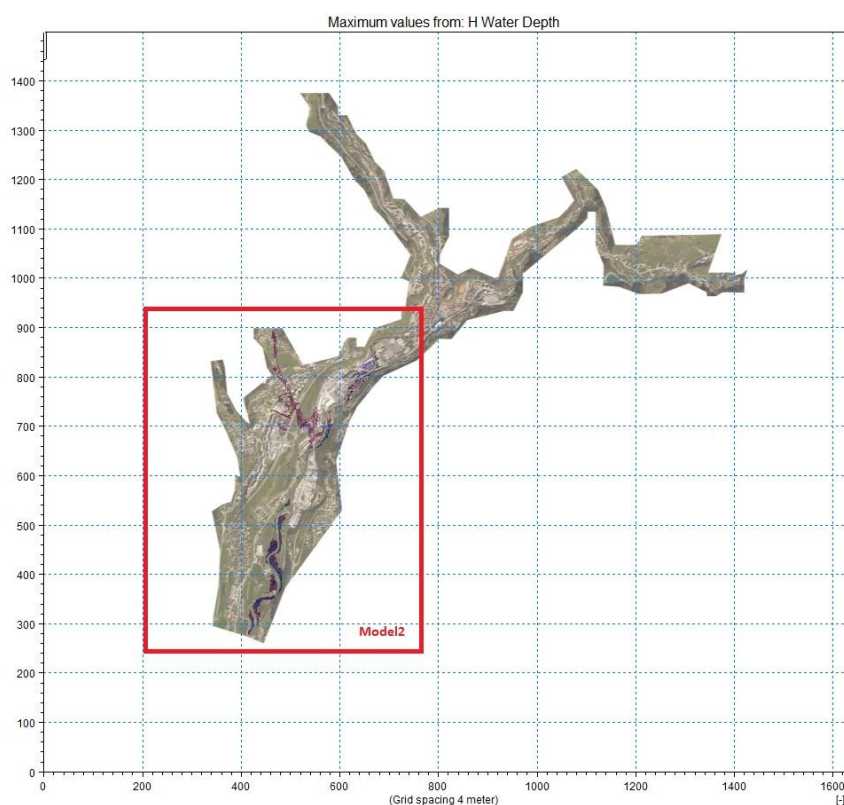
**Slika 24: Obseg poplav pri Q100\_SET 4 (MIKE FLOOD)\_Model2**



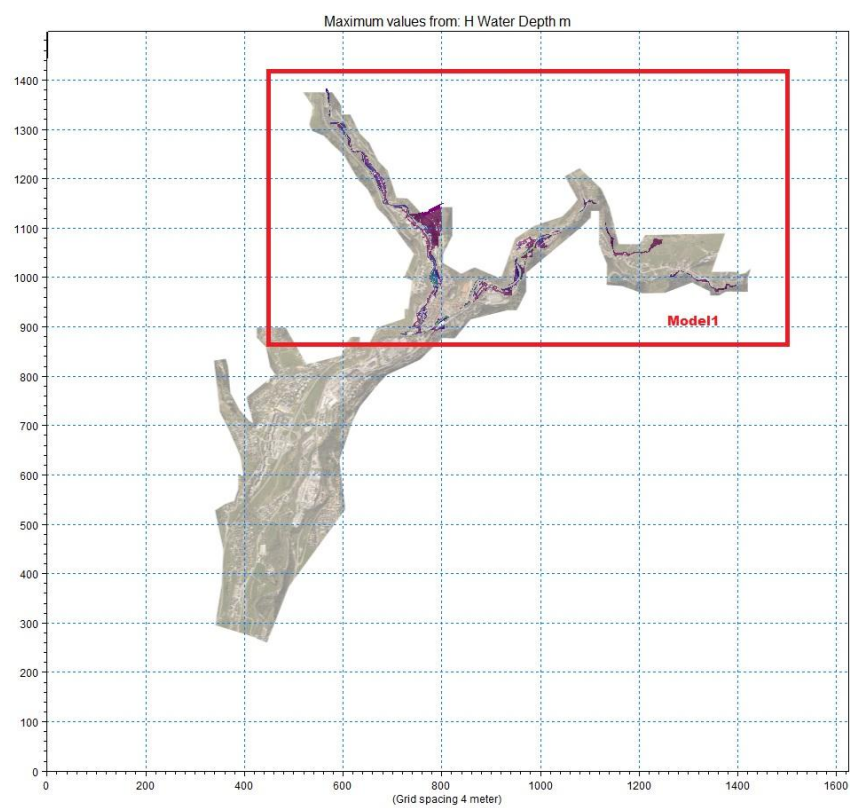
### 6.3 Visoke vode s povratno dobo 500 let (SET 5, SET 6)



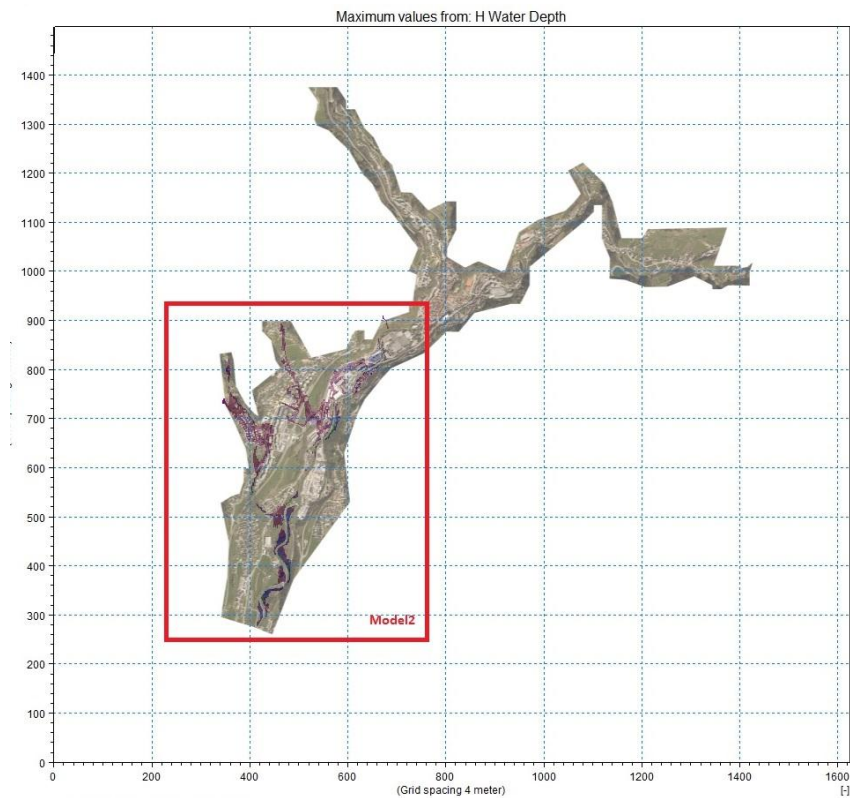
**Slika 25: Obseg poplav pri Q500\_SET 5 (MIKE FLOOD)\_Model1**



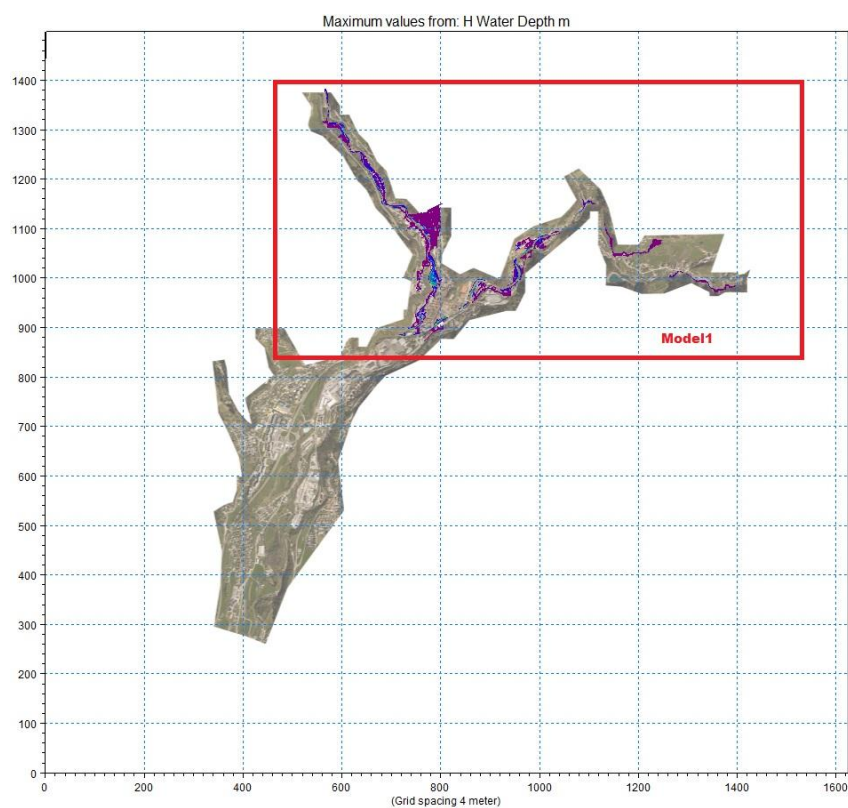
**Slika 26: Obseg poplav pri Q500\_SET 5 (MIKE FLOOD)\_Model2**



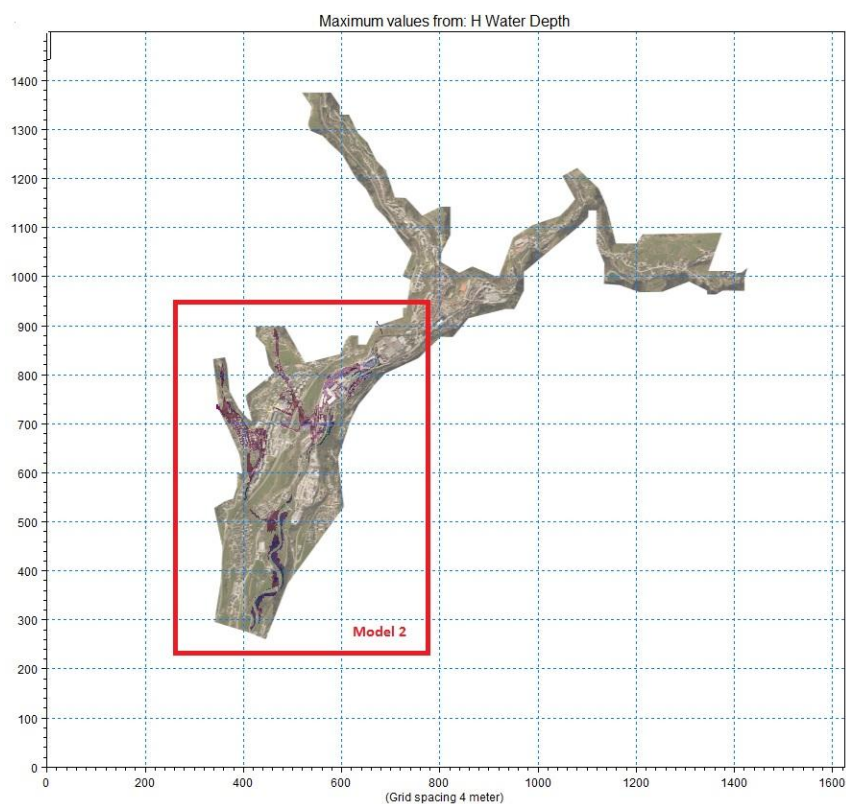
**Slika 27: Obseg poplav pri Q500\_SET 6 (MIKE FLOOD)\_Model1**



**Slika 28: Obseg poplav pri Q500\_SET 6 (MIKE FLOOD)\_Model2**



**Slika 29: Obseg poplav pri Q500\_SET 6\_dodatni\_izračun (MIKE FLOOD)\_Model1**



**Slika 30: Obseg poplav pri Q500\_SET 6\_dodatni\_izračun (MIKE FLOOD)\_Model2**



## **7.0 KARTA POPLAVNE NEVARNOSTI IN KARTA RAZREDOV POPLAVNE NEVARNOSTI**

Na podlagi dobljenih rezultatov smo skladno s »Pravilnikom o metodologiji za določanje območij, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, ter o načinu razvrščanja zemljišč v razrede ogroženosti« (v nadaljevanju Pravilnik) izdelali karto poplavne nevarnosti (KPN) in na podlagi KPN določili razrede poplavne nevarnosti ter izdelali karto razredov poplavne nevarnosti (KRPN).

### **7.1 Karta poplavne nevarnosti (KPN)**

Pravilnik določa izris vsebin na karti poplavne nevarnosti in sicer:

- meja območja pri pretoku Q10 (Q10),
- meja območja pri pretoku Q100 (Q100),
- meja območja pri pretoku Q500 (Q500),
- območja, kjer so hitrosti večje od 1,0 m/s,
- znotraj območja Q100 prikaz območij kjer:
  - je globina poplavne vode manjša od 0,5 m (Gm),
  - je globina poplavne vode med 0,5 m in 1,5 m (Gs) ,
  - je globina poplavne vode večja od 1,5 m (Gv).

Na območjih, kjer so hitrosti poplavne vode večje ali enake 1,0 m/s, je potrebno pri pretoku Q100 izrisati tudi karto zmnožka globine\*hitrost in prikazati območja kjer:

- je zmnožek globine in hitrosti vode manjši od 0,5 m<sup>2</sup>/s (Gvm),
- je zmnožek globine in hitrosti vode večji ali enak 0,5 m<sup>2</sup>/s in manjši ali enak 1,5 m<sup>2</sup>/s (Gvs),
- je zmnožek globine in hitrosti vode večji od 1,5 m<sup>2</sup>/s (Gvv).

Skladno z »Uredbo o vsebini in načinu priprave podrobnejšega načrta zmanjševanja ogroženosti pred poplavami« smo globine poplavne vode (poleg za Q100) prikazali tudi za Q10 in Q500. Za merodajno globino poplavne vode za določitev območij poplavne nevarnosti smo upoštevali ovojnico izračunanih globin v vseh celicah 2D modela. Najvišje globine ne nastopijo nujno v vseh celicah računskega modela v istem časovnem koraku.

### **7.2 Karta razredov poplavne nevarnosti (KRPN)**

Razredi poplavne nevarnosti so skladno s Pravilnikom razvrščeni v:

- razred velike poplavne nevarnosti (Pv),
- razred srednje poplavne nevarnosti (Ps),
- razred majhne poplavne nevarnosti (Pm),
- razred preostale poplavne nevarnosti (Pp).

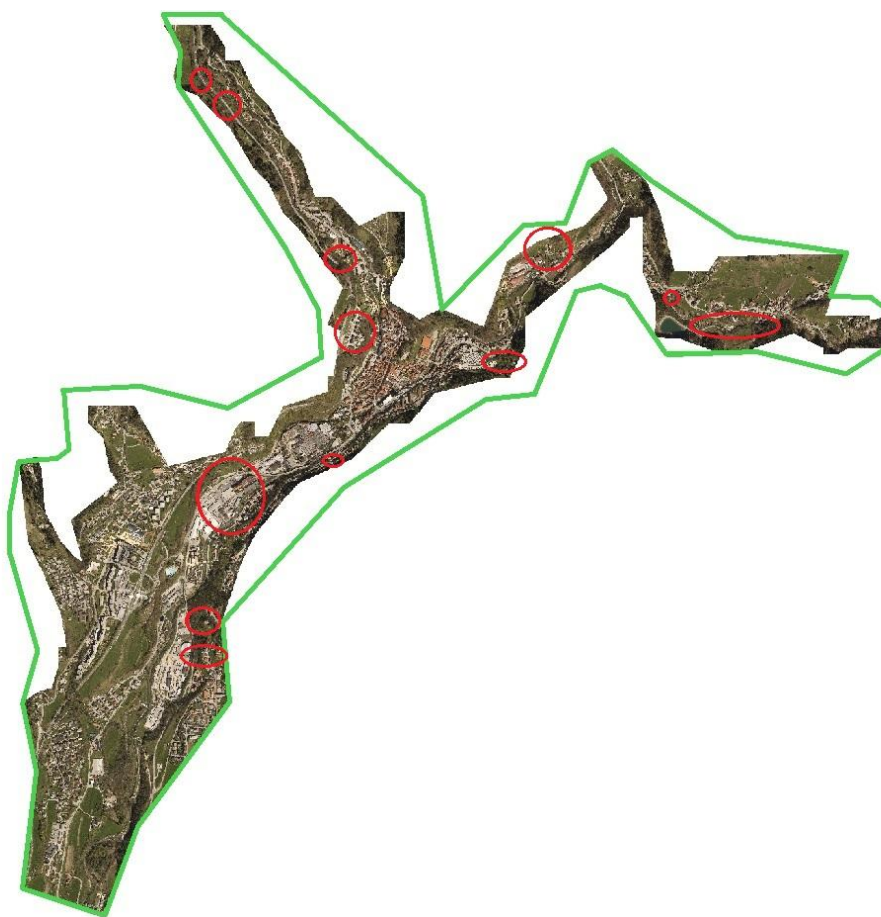
Razred velike poplavne nevarnosti definira območje, kjer je pri Q100 globina vode večja od 1,5 m oziroma zmnožek globine in hitrosti vode večji od 1,5 m<sup>2</sup>/s. Razred srednje poplavne nevarnosti definira območje, kjer je pri Q100 globina vode enaka ali večja od 0,5 m in manjša ali enaka od 1,5 m oziroma zmnožek globine in hitrosti vode enak ali večji od 0,5 m<sup>2</sup>/s in manjši ali enak 1,5 m<sup>2</sup>/s oziroma, kjer je pri pretoku Q10 globina vode



večja od 0 m. Razred majhne poplavne nevarnosti definira območje, kjer pri Q100 globina vode ne presega 0,5 m. Razred preostale poplavne nevarnosti pa definira območja, kjer poplava nastane zaradi izrednih naravnih ali od človeka povzročenih dogodkov (npr. izredni meteorološki pojavi ali poškodbe ali porušitve protipoplavnih objektov ali drugih vodnih objektov).

Na obravnavanem odseku OPVP Tržič se izkazana poplavna območja nahajajo v vseh razredih poplavne nevarnosti (Pm, Ps, Pv in Pp).

Pri hidravličnih izračunih smo upoštevali vodne količine brez dotoka plavin, ki pa lahko spremenijo pretočno sposobnost vodotoka, vendar jih je težko predvideti. Za določitev meje območja razreda preostale poplavne nevarnosti smo večinoma upoštevali območje med dosegom poplav Q100 in Q500, razen na območjih manjših pritokov, kjer smo skladno z 11. členom Pravilnika nekatera območja dodatno uvrstili v razred preostale poplavne nevarnosti Pp (območja, kjer poplava nastane zaradi izrednih naravnih ali od človeka povzročenih dogodkov). Zaradi hudourniškega značaja obravnavanih pritokov in možnosti dotoka večjih količin plavin, smo še dodatno izvedli izračun za primer pojava izrednega dogodka (zamašitev prepustov, zapolnitev struge, ipd.), kjer smo upoštevali skoraj popolno zamašitev prepustov (ca 80% zamašitev) pri Q500. Izkazana poplavna območja, ki smo jih še dodatno uvrstili v Pp, so z rdečo barvo označena na spodnji sliki.

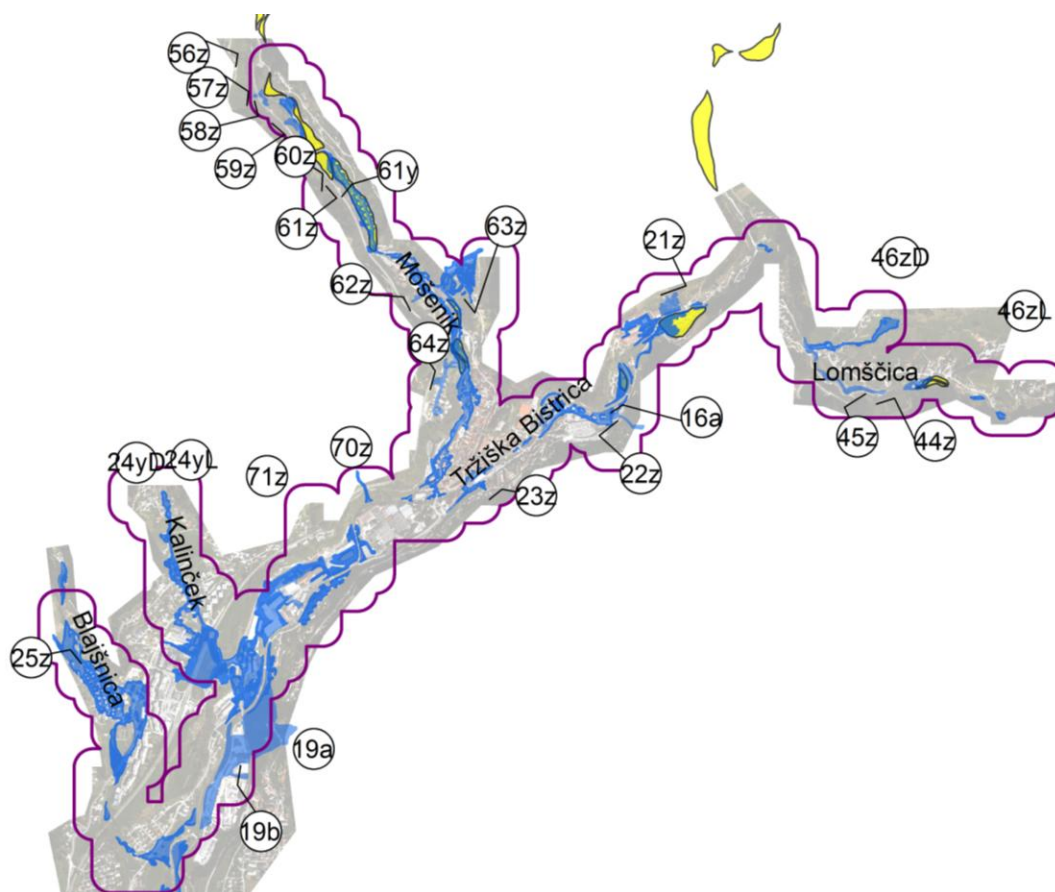


**Slika 31: Prikaz območij, ki smo jih dodatno uvrstili v območje razreda preostale poplavne nevarnosti (rdeča barva); meja območja modeliranja (zelena barva)**



Poplavna območja, ki smo jih dobili s hidravlično analizo, smo primerjali z območji, ki so bile v študiji Filozofske fakultete (Karte erozijske in poplavne nevarnosti, plazljivosti in nevarnosti snežnih plazov za območje občine Tržič; Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo, Ljubljana, maj 2010) evidentirana kot območja poplavne nevarnosti v občini Tržič. V omenjeni študiji so bila območja poplavne nevarnosti določena le na podlagi različnih zgodovinskih virov, arhivskih podatkov o preteklih poplavnih dogodkih in obstoječe dokumentacije. Hidravlična analiza vodotokov ni bila izvedena, zato karta poplavne nevarnosti iz študije (FF, 2010) ne opredeljuje območij poplavne nevarnosti glede na verjetnost nastanka naravnega pojava oz. njihovo moč. Na sliki 32 so prikazane izvrednotene poplavne površine iz pričujoče hidravlične študije (IzVRS, 2014) pri simulaciji pojava izrednega dogodka, z rumeno barvo pa so prikazana evidentirana potencialna območja poplavne nevarnosti iz študije Filozofske fakultete. Vijolična barva prikazuje mejo OPVP-10 Tržič.

Natančnejša hidravlična analiza je pokazala, da je velik delež poplavljenih zemljišč posledica, poleg nekaterih poddimenzioniranih premostitev in prepustov ter lokalno znižanih brežin ali premajhnih pretočnih profilov (Mošenik, Lomščica, Blajšnica in Kalinček), predvsem posledica poplavljanja manjših hudourniških pritokov (21z, 46zD, 46zL, 22z, 16a, 23z, 63z, 64z, 62z, 59z, 58z, 57z, 56z, 71z, 70z, 25z, 16a, 19a in 19b), kar se je izkazalo tudi dejansko na terenu ob preteklih vodnih ujmah.



**Slika 32: Prikaz izvrednotenih poplavnih območij za primer simulacije izrednega poplavnega dogodka (modra barva) in prikaz evidentiranih območij poplavne nevarnosti iz študije Filozofske fakultete (rumena barva), območje obravnavanega OPVP-10 Tržič (vijolična barva).**



## **8.0 ZAKLJUČEK**

Karte poplavne nevarnosti in karte razredov poplavne nevarnosti so izdelane za obstoječe stanje. Na kartah je prikazano območje hidravlične obdelave (OHM) in območje veljavnosti rezultatov (OVR).

Poplavna območja so na kartah zrisana tako, da so hiše in ostali objekti znotraj dosega poplave. To ne pomeni, da so hiše popolnoma pod vodo, ampak da se na podlagi okoliškega terena predvideva, da je del hiše (klet ali pritličje oz. del etaže, ki je na koti terena) poplavljen. Za območja oz. objekte, ki mejijo na rob poplavne linije, je potrebno s podrobnejšo analizo dodatno preučiti, ali je objekt poplavno ogrožen ali ne. Vsekakor pa velja, da so objekti, ki so izpostavljeni poplavni nevarnosti, poplavno ogroženi.

Na obravnavanem odseku OPVP-10 Tržič se izkazana poplavna območja nahajajo v vseh razredih poplavne nevarnosti (majhna, srednja, velika in preostala). Za določitev meje območja razreda preostale poplavne nevarnosti smo večinoma upoštevali območje med dosegom poplav Q100 in Q500, razen na območjih manjših pritokov, kjer smo skladno z 11. členom Pravilnika nekatera območja dodatno uvrstili v razred preostale poplavne nevarnosti (glej poglavje 7.0). Iz kart je razvidno, da je velik delež poplavljenih zemljišč posledica poplavljanja hudourniških pritokov, kar se je izkazalo tudi dejansko na terenu ob preteklih vodnih ujmah.

Iz preteklih poplavnih dogodkov na obravnavanem območju je razvidno, da se v povirjih hudournikov ob pojavu intenzivnejših padavin sproščajo tudi večje količine plavin, ki zaradi naplavljanja zemljin povzročajo dolvodno poleg zapolnitve strug vodotokov tudi zamašitve prepustov, poškodbe na stabilizacijskih objektih in zasutost cestišč. Pri manjših hudourniških potokih/grapah je največkrat osnovni vzrok poplavljanja zamašitev prepustov, saj nastop kratkotrajnih intenzivnih padavin, ki so merodajne za velike pretoke, intenzivira erozijske procese. Poleg plavin na zamašitev vpliva tudi plavje.

Zaradi preteklih dogodkov in zgoraj omenjenih značilnih karakteristik pritokov z izrazitim hudourniškim značajem, smo pri hidravlični analizi simulirali tudi izredni dogodek zamašitve prepustov, kjer smo na vseh manjših hudourniških pritokih pri Q500 upoštevali 80% zamašitev prepustov. Pri interpretaciji dobljenih rezultatov je potrebno upoštevati, da so bile pri izračunu zajete le vodne količine (brez plavin), vendar pa izkazana poplavna območja ob zgornji predpostavki nakazujejo tudi eventuelno možni doseg območja premeščanja naplavin. Tako izračunana območja so bila dodatno uvrščena v razred preostale poplavne nevarnosti, saj smatramo, da je potrebno opozoriti na zaznane potencialne smeri dotoka poplavne vode in naplavin. Seveda pa vseh pojavov izrednih dogodkov ni možno predvideti in zamejiti. Pojav izrednih dogodkov je splet več različnih neugodnih okoliščin, zato se prikazani rezultati lahko razlikujejo od morebitnih dejanskih.



Pretekli poplavni dogodki nas opozarjajo na to, da je potrebno posebno pozornost posvetiti rednemu vzdrževanju obstoječih hidrotehničnih objektov, vzdrževanju brežin, preprečitvi prekomernega zaraščanja strug, čiščenju ter odstranjevanju naplavin in zagotavljanju ustrezne pretočnosti strug, kakor tudi urejenosti povirnih delov porečij.

Poročilo sestavila:

Tina Mazi, univ.dipl.inž.grad.

Mitja Peček, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.



## **PRILOGE**

|                                                                     |                  |
|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| <i>1.0 Pregledna situacija</i>                                      | <i>M 1:25000</i> |
| <i>2.0 Situacija KPN – dosegi poplavnih linij Q10, Q100 in Q500</i> | <i>M 1:5000</i>  |
| <i>3.0 Situacija KPN – globine pri Q10</i>                          | <i>M 1:5000</i>  |
| <i>4.0 Situacija KPN – globine pri Q100</i>                         | <i>M 1:5000</i>  |
| <i>5.0 Situacija KPN – globine pri Q500</i>                         | <i>M 1:5000</i>  |
| <i>6.0 Situacija KPN – globine x hitrost pri Q100</i>               | <i>M 1:5000</i>  |
| <i>7.0 Situacija KRPN – razredi poplavne nevarnosti</i>             | <i>M 1:5000</i>  |



## **PODATKOVNI MEDIJ**

Naslov: Hidravlična študija visokih vod na porečju Tržiške Bistrice - za OPVP 10-Tržič