NASLOVNA STRAN	
Naročnik:	**OBČINA KOMENDA** **Zajčeva cesta 23** **1218 Komenda**
Objekt:	**MOST NA TUNJŠČICI KRIŽ-GORA**
Elaborat:	**Hidrološko-hidravlična študija**
Vrsta projektne dokumentacije:	**VDJK - vzdrževalna dela v javno korist**
Projektant:	**IKB, d.o.o.** **Cesta v Gorice 36** **1000 Ljubljana**
Odgovorni izdelovalec elaborata:	**INŠTITUT ZA VODARSTVO, D.O.O.** **HAJDRIHOVA 28A** **1000 LJUBLJANA**
Direktor:	dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad.
Odgovorna oseba izdelave elaborata:	dr. Primož Banovec, univ. dipl. inž. grad. G-3151
Številka projekta:	07-24-02
Številka elaborata /načrta:	P638/24
Datum:	V Ljubljani, december 2024

dr. PRIMOŽ BANOVEC
univ.dipl.inž.grad.
IZS G-3151

E.1 Pregledni list o elaboratu

Naročnik:	Občina Komenda, Zajčeva cesta 23, 1218 Komenda
Naslov projekta:	Most na Tunjščici Križ-Gora
Številka projekta:	07-24-02
Številka elaborata:	P638/24
Faza:	Končno poročilo
Ključne besede:	vodne količine, 1D hidravlični model HEC-RAS, križanje, predlog zasnove križanja, vpliv, omilitveni ukrepi
Povzetek:	V okviru projekta je bila izdelana podrobnejša analiza vpliva obstoječega mostu na Tunjščici na hidravlične karakteristike in podan predlog ukrepov. Načrtuje se zamenjava obstoječega mostu. Hidrološka izhodišča in vodne količine smo povzeli iz predhodno izvedene hidrološko - hidravlične študije za območje občine Komenda, ki je še v izdelavi. V sklopu analize smo podali krajši povzetek hidroloških izhodišč in rezultatov. V prvem delu smo oblikovali 1D hidravlični model (HEC-RAS), na podlagi katerega smo analizirali vpliv obstoječega križanja na hidravlične karakteristike. V drugem delu smo na podlagi izhodišč za umeščanje premostitev (izhodišča Direkcije RS za vode) in rezultatov hidravličnega modela podali usmeritve/izhodišča za zasnovo novega križanja, in sicer z vidika poplav in vplivanja na poplavne razmere. Predlagano zasnovo smo modelno preverili.
Datum:	december 2024
Izvajalec:	INŠTITUT ZA VODARSTVO, d.o.o., Hajdrihova 28a, 1000 Ljubljana
Nosilec naloge:	dr. Primož BANOVEC, univ. dipl. inž. grad.
Sodelavci:	Alja Banovec, študentka gradbeništva Andrej Cverle, univ. dipl. inž. vod. in kom. inž.

E.2 Kazalo vsebine

Kazalo vsebine

1 IZHODIŠČA IN OPIS OBMOČJA 4
2 KRAJŠI POVZETEK HIDROLOŠKIH IZHODIŠČ 5
3 HIDRAVLIČNI MODEL KRIŽANJA (OBSTOJEČE STANJE) – MODEL HEC-RAS 10
4 PREDLOG ZASNOVE KRIŽANJA Z ANALIZO VPLIVA 14
5 ZAKLJUČKI IN POVZETKI ANALIZ 19
6 LITERATURA 20

Kazalo slik

Slika 1: Prikaz lokacije obravnavanega prereza (mostu) in prispevnih površin porečja Tunjščice do le-tega 5
Slika 2: Vršni pretoki Tunjščice pri kritičnem nalivu s pripadajočo povratno dobo padavinskega dogodka – prerez menjave mostu 8
Slika 3: Geometrija struge Tunjščice s poplavnimi površinami, uporabljena pri izdelavi modela v programu HEC-HMS 11
Slika 4: Prikaz modela v programskem okolju HEC-RAS 11
Slika 5: Modelne gladine obstoječega stanja na nivoju prečnega prereza 12
Slika 6: Prikaz gladin pri obravnavanih dogodkih v primeru trenutnega stanja 13
Slika 7: Situativni prikaz predlaganih ureditev 15
Slika 8: Shematičen prikaz zasnove križanja 16
Slika 9: Shematičen prikaz križanja (novega) znotraj programa HEC-RAS 16
Slika 10: Primerjava modelnih gladin različnih povratnih dob z upoštevanjem predlaganega načina izvedbe novega križanja 16
Slika 11: Prikaz modelnih gladin v primeru novega stanja na nivoju prečnega prereza (prerez pri križanju) 17

Kazalo tabel

Tabela 1: Površina upoštevanih pod-porečij 6
Tabela 2: Modelne padavine za obravnavano porečje Tunjščice 7
Tabela 3: Vršni pretoki Tunjščice pri kritičnem nalivu s pripadajočo povratno dobo padavinskega dogodka – prerez menjave mosti 9
Tabela 4: Zbirni prikaz hidravličnih izhodišč 10
Tabela 5: Prikaz modelnih gladin obstoječega stanja na lokaciji križanja 12
Tabela 6: Primerjava modelni gladin na lokaciji križanja 17

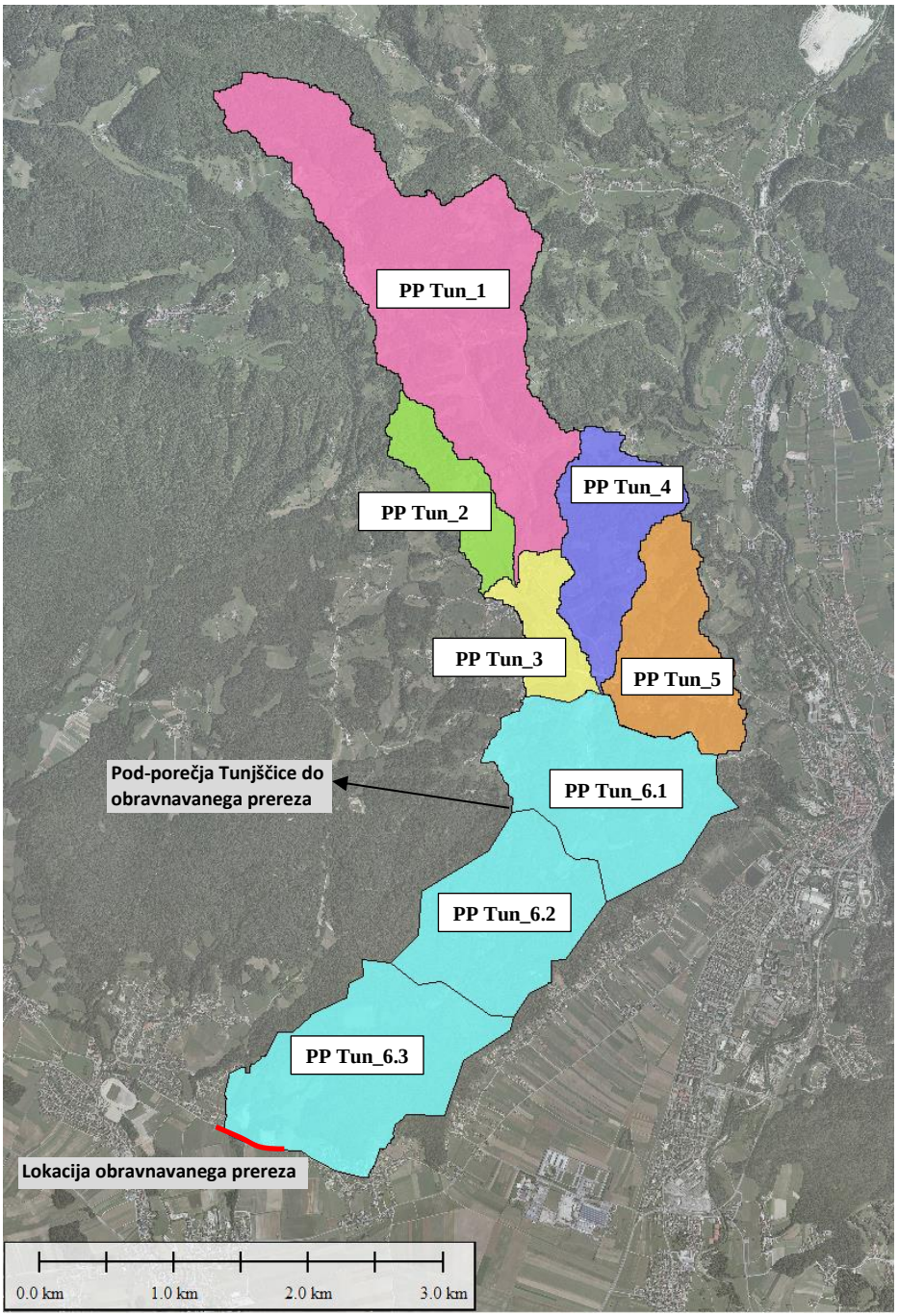
E.3 Tehnično poročilo

1 IZHODIŠČA IN OPIS OBMOČJA

V skladu z Uredbo o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Ur.l. RS 89/2008), je občina Komenda v letu 2024 naročila novelacijo hidrološko-hidravlične študije celotnega porečja Pašte s pritoki, z oblikovanjem poplavnih kart znotraj meja občine. Zaradi stanja mostu na Tunjščici (Križ-Gora) po poplavnem dogodku lani avgusta, je občina Komenda dodatno naročila tudi strokovne podlage za zamenjavo mostu. V sklopu teh strokovnih podlag in projektov, je potrebno izdelati tudi hidrološko-hidravlično študijo, kjer se definira oziroma poda umeritve za zasnovo novega mostu. Hidrološka izhodišča temeljijo na podlagi noveliranih vrednosti, torej z upoštevanjem lanskega poplavnega dogodka.

2 KRAJŠI POVZETEK HIDROLOŠKIH IZHODIŠČ

V prvem delu študije smo določili modelne pretoke visokih voda Tunjščice, in sicer v primeru povratne dobe 10, 100 in 500 – let ter dodatno še za povratno dobo 100 – let z upoštevanjem podnebnih sprememb. Hidrološka izhodišča s postavitvijo hidrološkega modela se je izvedlo v sklopu predhodne študije oziroma študije, ki je v fazi izdelave in potrjevanja na DRSV. Na tem mestu bomo podali nekoliko daljši povzetek hidroloških obdelav, rezultate pa podali na lokaciji prereza, ki se nahaja na lokaciji obstoječega mostu čez vodotok Tunjščica (Slika 1). Na tem mestu je načrtovana zamenjava mostu.



Slika 1: Prikaz lokacije obravnavanega prereza (mostu) in prispevnih površin porečja Tunjščice do le-tega

2.1 HIDROLOŠKI MODEL – POVZETEK PREDHODNE ŠTUDIJE

Za potrebe študije se je obravnavalo celotno zaledje Tunjščice, ki se razprostira na vzhodnem delu Tunjiškega gričevja. Modeliranje in definiranje hidroloških izhodišč se je bolj podrobno predstavilo in izvedlo v sklopu predhodne študije. Na tem mestu podajamo nekoliko obširnejši povzetek.

2.1.1 Postavitev hidrološkega modela

Za izračun poplavnih valov Tunjiškega potoka in njegovih pritokov v odvisnosti od povratne dobe padavinskih dogodkov, se je uporabilo orodje HEC-HMS. Porečje potoka smo zaradi večje natančnosti modela razdelili na tri pod-porečja z bolj enotnimi lastnostmi (naklon, CN-faktor, oblika doline). Velikost porečja do izbranega prereza znaša 3,77 km^2. Velikosti pod-porečij posameznih pod-porečij prikazuje Tabela 1.

Tabela 1: Površina upoštevanih pod-porečij

Pod-porečje	PP Tun_1	PP Tun_2	PP Tun_3	PP Tun_4	PP Tun_5	PP Tun_6.1	PP Tun_6.2	PP Tun_6.1
Površina [km^2]	3,389	0.556	0,474	1.002	1.0810	1.666	1.399	1.851

Za izračun padavinskih izgub smo uporabili SCS metodo, s pomočjo katere presežek padavin, ki površinsko odteče, ocenimo kot funkcijo odtočnega potenciala, predhodne vlažnosti zemljine in rabe tal. Odtočni potencial je odvisen od prevladujočega tipa tal, ki je bil za celotno Slovenijo določen v sklopu projekta Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji (CRP Konkurenčnost Slovenije 2006-2013, 2012). Rezultate omenjenega projekta smo uporabili za določitev odtočnega potenciala porečja Tunjščice do izbranega prereza.

Vrednosti koeficienta CN smo določili s pomočjo USACE tabel (US Army Corps of Engineers, 2000), v katerih je CN izražen v odvisnosti od rabe tal, odtočnega potenciala in hidroloških pogojev. Slednji so neposredno povezani z gostoto vegetacije, površinsko hrapavostjo tal in podobnimi faktorji. Za slabe hidrološke pogoje velja, da obstajajo določeni faktorji, ki zmanjšujejo infiltracijo in s tem povečujejo površinski odtok, za dobre pa, da omenjeni faktorji povečujejo infiltracijo in posledično zmanjšujejo površinski odtok. Modelne vrednosti koeficienta CN na porečju Tunjščice so bolj podrobno predstavljene v sklopu predhodne študije. Koeficient CN je tudi eden bolj občutljivih hidroloških parametrov in je predmet umerjanja. Umerjanje se je izvedlo v sklopu predhodne študije.

Model je bil razvejan, tako da smo znotraj modela poleg pod-porečij uporabili tudi komponente vozlišč (angl. »Junciotns«) in povezav/propagacija (angl. »Reach«). S tem je model izkazoval

bolj realne modelne rezultate. Opis hidrološkega modela in njegovih komponent je del predhodne študije.

2.1.2 Meteorološki model

Podatke o padavinah z različnimi povratnimi dobami se je pridobilo iz projekta CROSSRISK. Vrednosti padavin smo z vidika upoštevanja lanskega dogodka še dodatno povišali. Slednjo smo izvedli na način analize dnevnih vrednosti na postaji Letališče Jožeta Pučnika, in sicer do leta 2018 in do leta 2023. Za procent izkazanega dviga dnevnih vrednosti smo povečali celoten niz padavin iz projekta CROSSRISK. Analiza v primeru povratne dobe 10 – let pokaže dvig osnovnih padavin (CROSSRISK) za 6 %, v primeru povratne dobe 100 – let za 8.3 % in za povratno dobo 500 – let za 10 %. Dobljene vrednosti so bile modelne vrednosti za analizo obstoječega stanja. V primeri upoštevanja podnebnih sprememb smo modelne padavine še dodatni povišali. Upoštevali smo scenarij RCP 4.5 z dvigom temperature do konca stoletja za 2°C. Dvig padavin je sledil naslednjemu protokolu in sicer:

- za kratke nalive, do 1 ure - 10,5 %/°C,
- za nalive do vključno dolžine 1 dneva - 7 %/°C,
- za 2-dnevne padavine - 3,5 %/°C.

Modelne padavine za posamezne povratne dobe in za različna trajanja prikazuje

Tabela 2. Slednja tabela izkazuje tudi pripadajoč kvartil razporeditve padavin (opis v nadaljevanju).

Tabela 2: Modelne padavine za obravnavano porečje Tunjščice

	min	h	P10	P10 p.s.*	P100	P100 p.s.*	P500	P500 p.s.*
linearno	60	1	45	48	71	77	92	100
	90	1.5	52	56	83	90	107	116
	120	2	57	62	92	100	119	129
1. kvartil	180	3	67	72	105	114	135	146
	240	4	73	79	115	124	147	159
	300	5	78	85	122	133	155	168
	360	6	83	90	128	139	161	175
2. kvartil	540	9	94	102	141	153	175	190
	720	12	104	113	152	164	187	203
3. kvartil	900	15	112	122	164	177	201	218
	1080	18	120	130	173	188	213	231
	1440	24	130	141	188	204	232	251
4. kvartil	2880	48	160	174	229	248	279	303
	4320	72	178	193	253	275	309	335
	5760	96	192	208	273	296	332	360
	7200	120	204	221	287	311	349	378

***p.s. = podnebne spremembe**

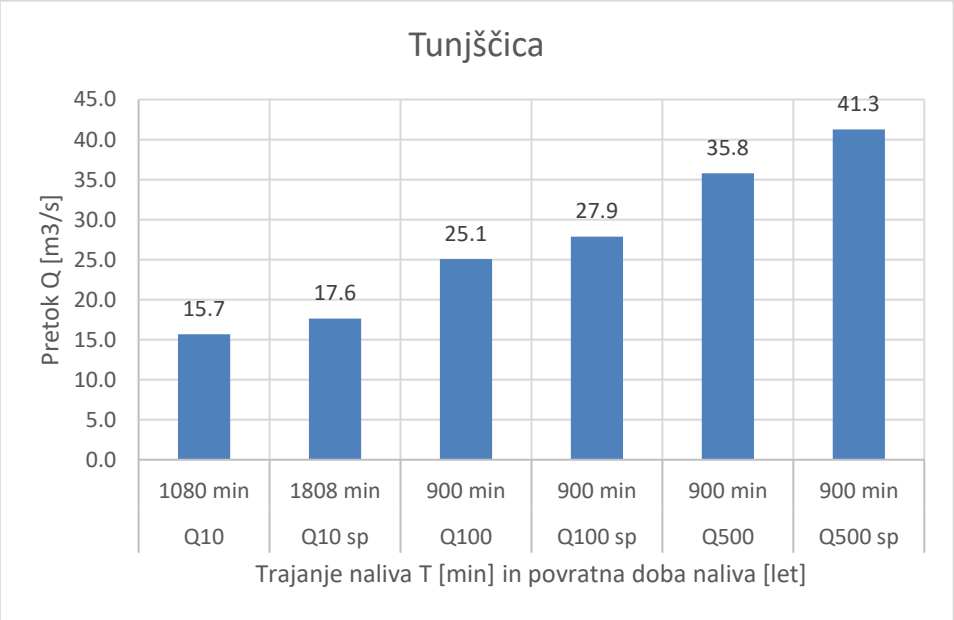
Za čim bolj realno porazdelitev ekstremnih padavin znotraj padavinskega dogodka, smo uporabili Huffo-vo razporeditev padavin, ki so bile za padavinske postaje v Sloveniji izvrednotene znotraj magistrskega dela (Dolšak, D., 2015). Razporeditev je podana brezdimenzijsko, za uporabo pa smo uporabili razporeditev s postaje Brnik, ki je najbližja. Ker smo analize izvajali za čas trajanja nalivov med 1 in 120 h, smo upoštevali razporeditve iz vse štirih kvartilov. Uporabili smo 50 percentilne razporeditve (pričakovana vrednost – okoli polovica padavin pade do polovice časa celotnega naliva). Za krajše nalive (manj kot 3 ure) smo uporabili enakomerno razporeditev padavin.

2.1.3 Izračun površinskega odtoka in rezultati izdelanega hidrološkega modela

Za modeliranje hidrološkega stanja se je uporabilo program HEC-HMS, s katerim smo izračunali poplavne valove in pripadajoče vršne pretoke na opazovanem prerezu. Za izbrano lokacijo se je analiziralo padavine z različnim trajanjem, na podlagi njihove medsebojne primerjave pa se je določilo najbolj neugoden čas trajanja padavin torej čas, ki je povzročil najvišje/vršne pretoke.

2.1.4 Vršni pretoki Tunjščice na prerezu menjave mostu

Analizirali smo vršna stanja s povratno dobo 10, 100 in 500 let ter vršna stanja s povratno dobo 10, 100 in 500 let z vplivom podnebnih sprememb. Vršni pretok s pripadajočim kritičnim nalivom za vseh 6 povratnih dob prikazuje Slika 2 in Tabela 3.



Slika 2: Vršni pretoki Tunjščice pri kritičnem nalivu s pripadajočo povratno dobo padavinskega dogodka – prerez menjave mostu

Tabela 3: Vršni pretoki Tunjščice pri kritičnem nalivu s pripadajočo povratno dobo padavinskega dogodka – prerez menjave mosti

		Q10	Q10 p.s.	Q100	Q100 p.s.	Q500	Q500 p.s.
Vrtaški potok	T [min]	1080	1080	900	900	900	900
	Q [m3/s]	15.7	17.6	25.1	27.9	35.8	41.3

Ker se analiza izvaja z 1D hidravličnim modelom (HEC-RAS), z namenom preverbe vpliva mostu, smo analize izvajali s stacionarnim tokom. Posledično poplavnih valov nismo potrebovali, ampak je zadostoval podatek o vršnem pretoku za posamezno povratno dobo (Slika 2 in Tabela 3). Poplavni valovi Tunjščice so del predhodne študije.

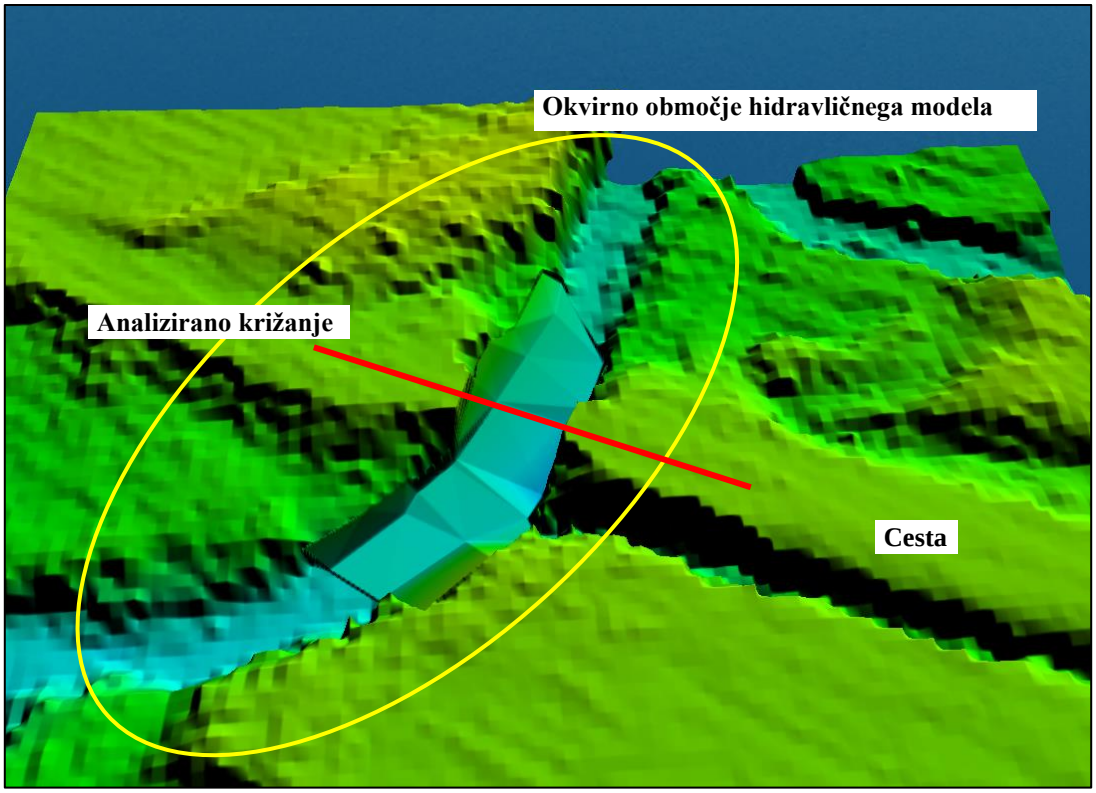
3 HIDRAVLIČNI MODEL KRIŽANJA (OBSTOJEČE STANJE) – MODEL HEC-RAS

Za potrebe analize vpliva križanja na gladino in ostale hidravlične karakteristike smo v modelu HEC-RAS postavili 1D hidravlični model. Upoštevali smo stacionarno stanje. Analiziran odsek prikazuje Slika 3. Modelno geometrijo znotraj prečnih profilov smo oblikovali na podlagi pridobljenega geodetskega posnetka. Za koeficient hrapavosti smo uporabili vrednost 0.045 v strugi in 0.055 na poplavnih površinah (glede na obstoječo rabo in zarast, ki je razvidna iz orto-foto posnetka in zabeležena na terenskem ogledu). Na območju mostu smo povišali koeficient zožitve/razširitve iz 0.1/0.3 na 0.3/0.5. Za spodnji robni pogoj smo uporabili normalno globino (konstanten padec 0.0036), kar pripada okvirnemu padcu struge dolvodno od modela. Geometrijo mostu smo prav tako povzeli iz geodetskega posnetka. Ker smo upoštevali stacionarno stanje smo v modelu upoštevali »zgolj« vršne pretoke, ki jih prikazuje Tabela 3. Zbirne podatke hidravličnih izhodišč pa prikazuje Tabela 4.

Tabela 4: Zbirni prikaz hidravličnih izhodišč

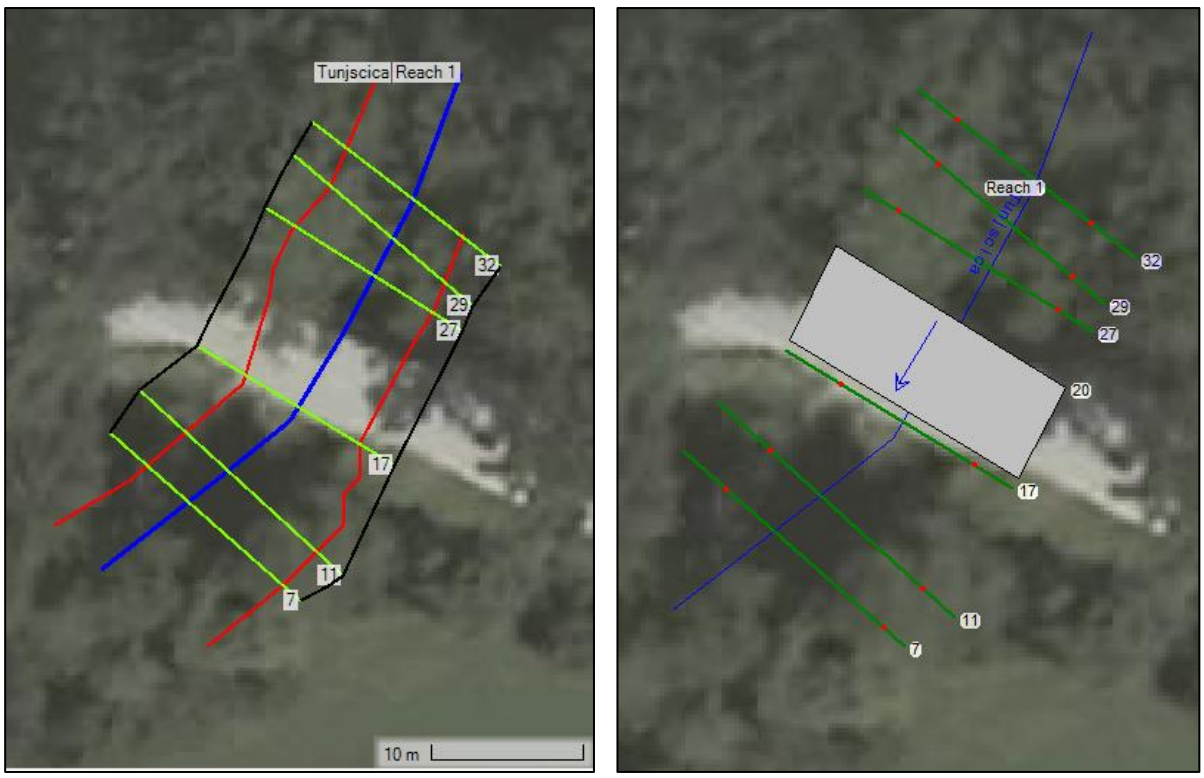
Model			HEC-RAS (1D; stacionarno stanje)		
Geometrija			Geodetski posnetek (struga, most)		
Pretok (zgornji robni pogoj)					
Q10 15.7 m^3/s	Q10 p.s 17.6 m3/s	Q100 25.1 m3/s	Q100 p.s. 27.9 m3/s	Q500 35.8 m3/s	Q500 p.s. 41.3 m3/s
Spodnji robni pogoj			Normalna globina (padec 0.0036)		
Koeficient zožitve/razširitve			0.1/0.3; na območju mostu 0.3/0.5		
Koeficient hrapavosti (ng)			0.045 (struga) in 0.055 (poplavna območja)		

V prvem delu smo postavili hidravlični model obstoječega stanja, in sicer z upoštevanjem natočnih pretokov kot jih izkazuje model predhodne študije na območju križanja. Zbirne modelne gladine na lokaciji križanja prikazuje Tabela 5.



Slika 3: Geometrija struge Tunjščice s poplavnimi površinami, uporabljena pri izdelavi modela v programu HEC-HMS

Geometrijo prečnega prereza sestavlja potek terena vodnega korita določena z geodetskimi meritvami in LIDAR posnetek na območju brežin in okolice. Prikaz strukture modela v programu HEC-RAS prikazuje Slika 4.

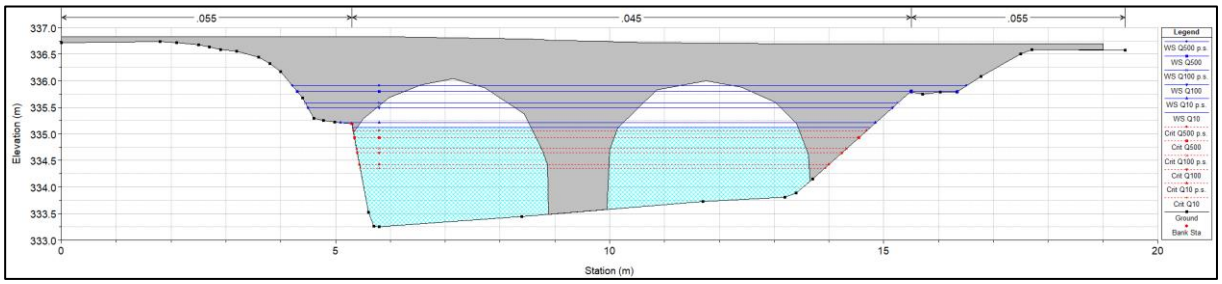


Slika 4: Prikaz modela v programskem okolju HEC-RAS

Na podlagi predstavljenih hidravličnih izhodišč in izvrednotenih modelnih pretokov smo izvedli analizo vodnega toka skozi obstoječ most. Modelne gladine na lokaciji obstoječega mostu (gorvodni profil) prikazuje Tabela 5. Modelne gladine (Slika 5) prikazujemo tudi v prikazu prečnega profila.

Tabela 5: Prikaz modelnih gladin obstoječega stanja na lokaciji križanja

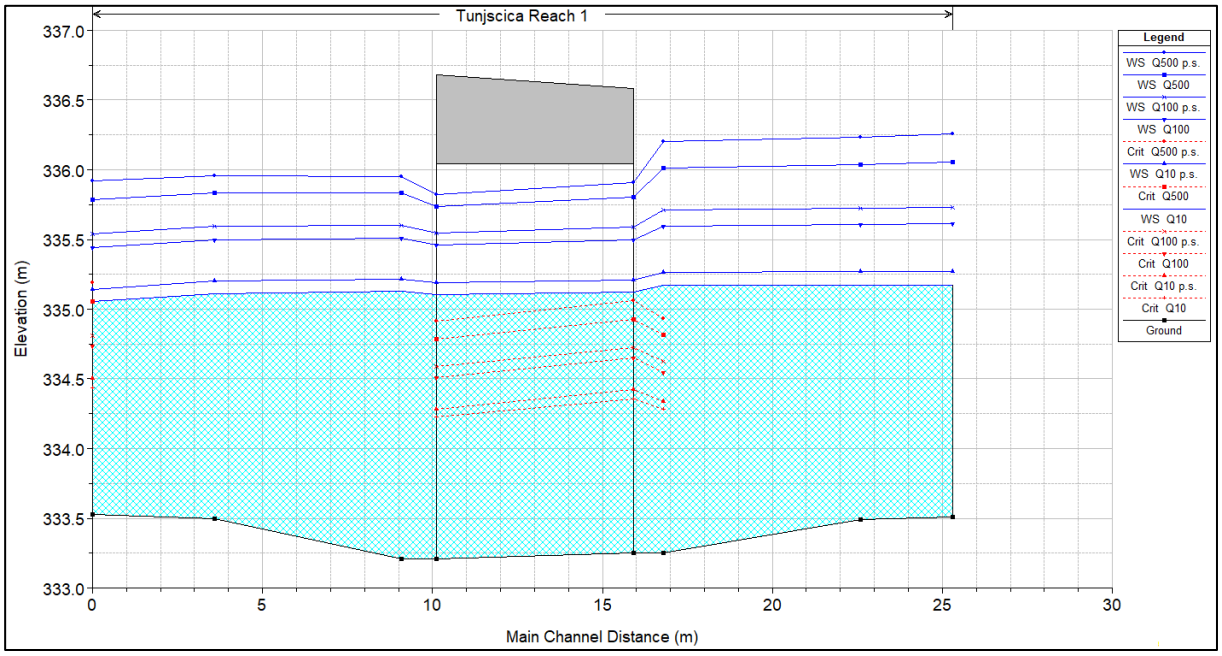
	Modelna gladina –model HEC-RAS [m.n.m.]	**Modelni pretok [m^3/s]**
Q10	335,2	15.7
Q10 p.s.	335,3	17.6
Q100	335,6	25.1
Q100 p.s.	335,7	27.9
Q500	336,0	35.8
Q500 p.s.	336,2	41.3



Slika 5: Modelne gladine obstoječega stanja na nivoju prečnega prereza

Za lažji prikaz stanja gladin v primeru vseh šestih povratnih dob prikazujemo le-te še na nivoju vzdolžnega prereza. Stanje gladin v vzdolžnem prerezu prikazuje Slika 6.

Modelni rezultati izkazujejo pogojno prevodno ustreznost v primeru povratne dobe 10 – let, v primeru višjih povratnih dob pa model že izkazuje večje zapolnitve svetlega profila. Prav tako pri višjih povratnih doba pride do večjega stika osrednjega podpornika in oboka z modelno gladino. Obstoječa zasnova tako ne izkazuje varnostnega nadvišanja. Delno je bil most poškodovan tudi v času lanskega poplavnega dogodka.



Slika 6: Prikaz gladin pri obravnavanih dogodkih v primeru trenutnega stanja

Predlog zasnove novega križanja z analizo vpliva bomo podali v nadaljevanju.

4 PREDLOG ZASNOVE KRIŽANJA Z ANALIZO VPLIVA

Na podlagi usmeritev/smernic za umeščanje premostitev, ki jih podaja Direkcija RS za vode (Splošne smernice s področja upravljanja z vodami - za OPN in DPN), je v obveznih izhodiščih pod točko 8 zapisano: *»Gradnja premostitev in drugih objektov na vodnem ter priobalnem zemljišču se načrtuje tako, da se zaradi posegov ne povečuje poplavna ogroženost in niso potrebne druge prostorske ureditve na porečju, ter da se s posegom ne poslabšujeta stanje voda in vodni režim.«* Slednja izhodišča so na podoben način zajeta tudi v projektnih pogojih za potrebe pridobitve vodnega soglasja/mnenja. Glede na predstavljena dejstva/izhodišča in modelne rezultate obstoječega križanja predlagamo, da se pri zasnovi novega mostu (nadomestne gradnje) upošteva sledeča priporočila (predlog ukrepov je v večji meri že zajet znotraj pridobljene zasnove):

- ***Ureditev dna na območju križanja***

Predlagamo, da se na območju križanja v osnovi ohranijo obstoječe kote dna z izvedbo »splošne« denivelacije. Predlagamo, da se dno prereza dolvodno od križanja uredi (denivelira) na koti 333,16 m.n.m., gorvodno od križanja pa se prerez denivelira/uredi na višini 333,47 m.n.m. Predlagane kote predstavljajo izravnavo prereza na najnižje obstoječe kote na lokaciji prereza. Dno se iz predlagane/denivelirane kote dna na lokaciji križanja linearno naveže na obstoječo koto dna gorvodno in dolvodno. Zaradi sorazmerno majhnega padca nivelete Tunjščice dolvodno od križanja, je tovrsten ukrep brez bistvenega vpliva. Z znižanjem terena se v večji meri vzpostavi »tolmun«, brez bistvenega vpliva na gladine. Tolmun se bo tekom nekaj visokih vod tudi zasul.

- ***Ureditev profila križanja***

Predlagamo, da se profil križanja preoblikuje v trapezno obliko s širino dna okoli 8,2 m in naklonom brežin 1:1. Brežina naj se »izklini« na spodnjem robu prekladne konstrukcije. Geometrijo na območju križanja naj se ustrezno naveže gorvodno in dolvodno.

- ***Ureditev križanja***

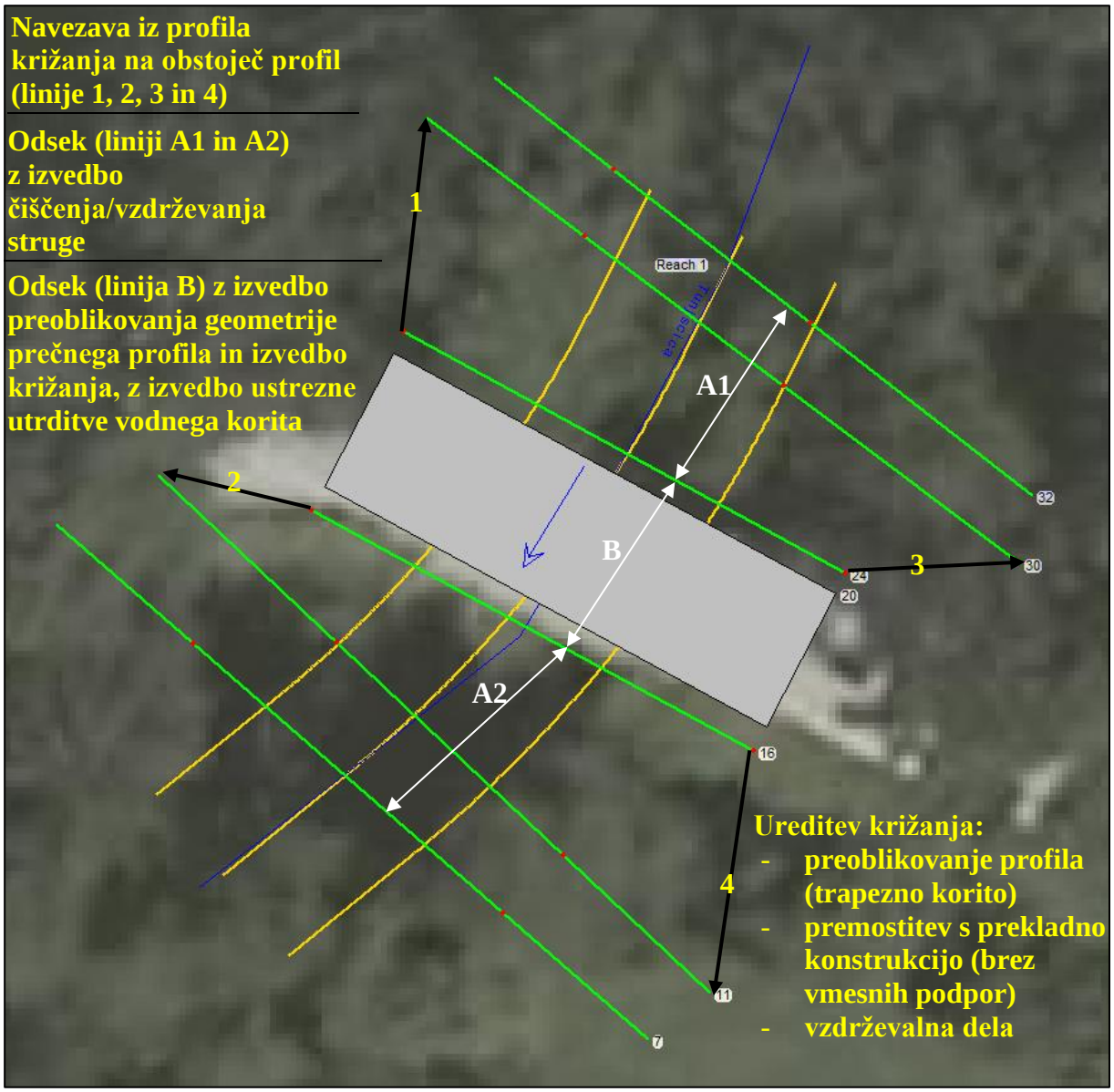
Glede na obstoječe stanje je križanje urejeno kot obokan most. Predlagamo, da se križanje preuredi kot premostitev, kjer se na lokaciji križanja uredi trapezno korito (dimenzije so podane v prejšnji alineji), vodotok pa se premosti »samo« s prekladno konstrukcijo (brez vmesnih podpor), s stranskimi krilnimi zidovi. Predlagamo, da znaša spodnji rob konstrukcije vsaj 336,34 m.n.v.. Predlagana kota spodnjega roba konstrukcije je za okoli 0.3 m dvignjena nad

obstoječo koto spodnjega roba konstrukcije (dno oboka). Vozišče se na lokaciji križanja dvigne za okoli 0.2 m.

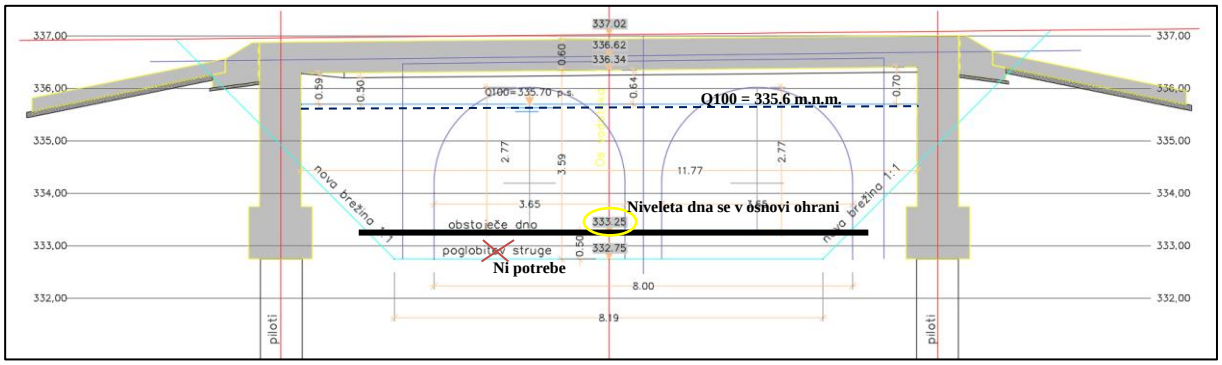
- ***Na obravnavanem odseku naj se v sklopu preureditve struge le-ta tudi očisti zarasti in ustrezno utrdi***

Na odseku so predlagane vodnogospodarske ureditve (vključno s preoblikovanjem križanja) z namenom povečanje prevodnosti. Tako se naj v sklopu izvedbe na tem odseku izvedejo tudi vzdrževalna dela čiščenja zarasti. Struga naj se za potrebe preprečevanja večjih erozijskih procesov na tem odseku tudi ustrezno utrdi.

Opisane smernice situativno prikazuje Slika 7. Zasnovo križanja na nivoju prečnega prereza pa Slika 8.

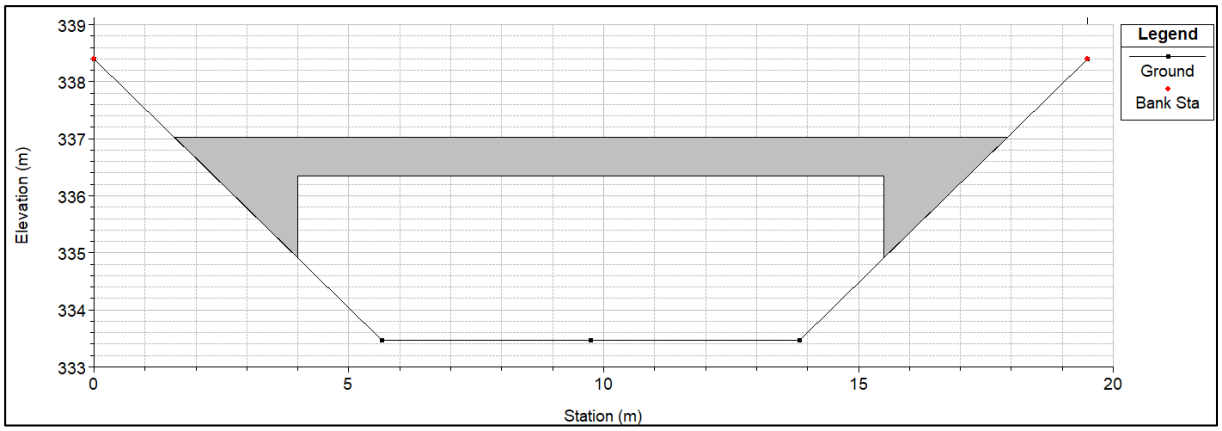


Slika 7: Situativni prikaz predlaganih ureditev



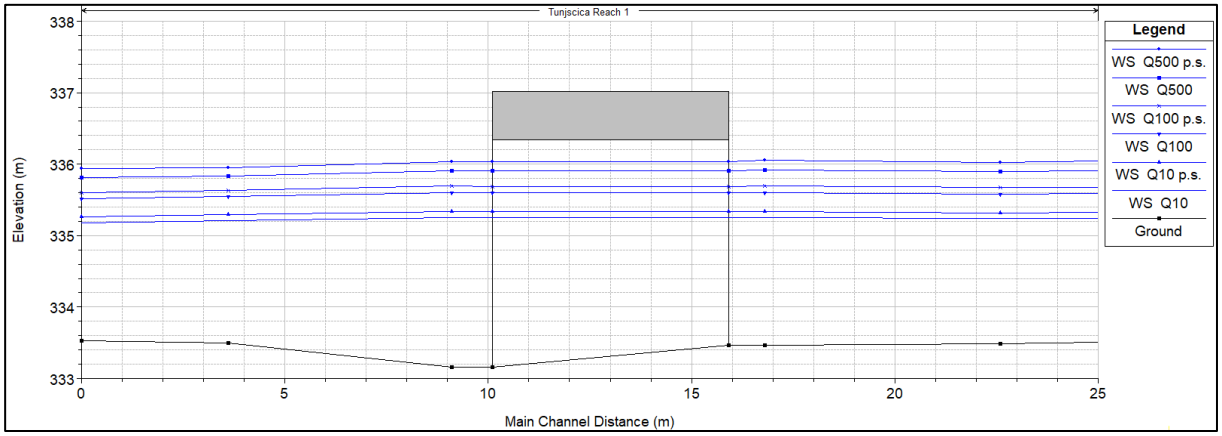
Slika 8: Shematičen prikaz zasnove križanja

Na podlagi predlaganih usmeritev smo novelirali modelno geometrijo in ponovno izvedli izračun. Shematičen prikaz (novega) križanja znotraj hidravličnega modela HEC-RAS prikazuje Slika 9.



Slika 9: Shematičen prikaz križanja (novega) znotraj programa HEC-RAS

Modelne gladine novega (načrtovanega) stanja za vseh 6 povratnih dob, na nivoji vzdolžnega prereza, prikazuje Slika 10.



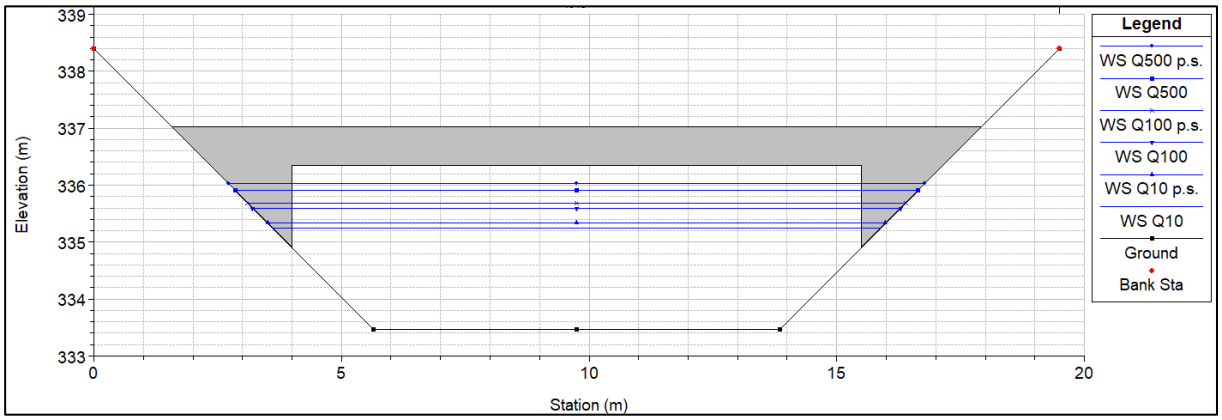
Slika 10: Primerjava modelnih gladin različnih povratnih dob z upoštevanjem predlaganega načina izvedbe novega križanja

Primerjava načrtovanega stanja z obstoječim pokaže največjo izboljšavo na področju varnostnega odmika spodnjega roba prekladne konstrukcije od modelnih gladin. S tega vidika ima nov most bistveno večjo potencialno varnost, predvsem z vidika možnega zastoja plavja. Model sicer izkazuje, da so modelne gladine obstoječega in načrtovanega stanja zelo podobne kar pomeni, da je imel že obstoječ most »solidno« prevodnost, vendar pa so varnosti odmiki obstoječega mostu (pre)majhni. Prav tako predstavlja potencialno nevarnost tudi sredinski opornik. Zbirni prikaz modelnih gladin in varnostnih odmikov med modelno koto in spodnjim robom konstrukcije v primeru novega mostu (upoštevan predlog ukrepov) prikazuje Tabela 6.

Tabela 6: Primerjava modelni gladin na lokaciji križanja

	Modelna gladina - model HEC-RAS [m.n.m.]	**Razdalja do spodnje kote konstrukcije [m]**	**Modelni pretok [m^3/s]**
Q10	335,3	1.14	15.7
Q10 p.s.	335,3	1.04	17.6
Q100	***335,60***	0.74	***25.1***
Q100 p.s.	***335,7***	0.64	***27.9***
Q500	335,9	0.44	35.8
Q500 p.s.	336,0	0.34	41.3

Modelne gladine (Tabela 6) so bile izvrednotene na gorvodnem prerezu mostu čez Tunjščico. Z modelom smo tako izkazali, da imamo v primeru povratne dobe 100 let 0.74 m (0.64 m z upoštevanjem vpliva podnebnih sprememb) varnostnega nadvišanja. Predlagana zasnova mostu izkazuje tako tudi odpornost na povišane pretoke. Sorazmerno visok varnosti odmik izkazujeta tudi stanja v primeru povratne dobe 500 – let in povratne dobe 500 – let v primeru upoštevanja podnebnega scenarija. Modelne gladine novega stanja na nivoju prečnega prereza prikazuje Slika 11.



Slika 11: Prikaz modelnih gladin v primeru novega stanja na nivoju prečnega prereza (prerez pri križanju)

Glede na podano analizo smo mnenja, da predlagana zasnova križanja nudi ustrezno prevodnost, brez bistvenega vpliva križanja (predpostavka ustreznega cikličnega vzdrževanja odseka). Z ureditvijo odseka in preureditvijo križanja se prevodnost odseka znatno poveča

oziroma vrača na nivo pred izvedbo križanja in ceste. Varnostni odmik spodnjega roba konstrukcije od modelnih gladin je povečan in po našem mnenju na ustreznih nivojih.

Izkazan povišan varnostni odmik je v tem primeru (po našem mnenju) zaželjen in ga je tudi možno zadostiti. Potrebnost zagotovitve varnostnega odmika je v tem primeru »pogojevana« predvsem s »solidno« že obstoječo prevodnostjo odseka Tunjščice (tudi v primeru povratnih dob 100 – let), ki na tem delu ne izkazuje večjih prelivanj. Večja prelivanja Tunjščice so izkazana dolvodno, v naselju Moste, kjer pride tudi do zajezevanja s strani Pšate. Gorvodno od načrtovanega mostu se načrtuje gradnja suhega zadrževalnika (tudi v SPU ukrepih), s katerim vplivamo na znižanje vršnega pretoka. S tega vidika bo imel načrtovan most v prihodnje (po izgradnji in začetku delovanja suhega zadrževalnika) izkazano še večjo varnost.

5 ZAKLJUČKI IN POVZETKI ANALIZ

Hidrološko-hidravlična analiza odseka se je izvedla za potrebe (za)menjave obstoječega mostu na vodotoku Tunjščica. Vodne količine so se povzele iz predhodne študije (Novelacija hidrološko-hidravlične študije za območje Občine Komenda), v sklopu katere se je izvedla sorazmerno podrobna hidrološka študija Pšate s pritoki. V sklopu analize smo podali razširjen povzetek hidrološkega modeliranja s prikazom rezultatov (vršni pretoki).

Vpliv križanja na hidravlične karakteristike se je izvedel z uporabo 1D hidravličnega modela HEC-RAS, kjer se je uporabil stacionarni tok. Za geometrijo struge Tunjščice in križanja se je uporabil geodetski posnetek, poplavnih ravnic pa LIDAR podatek.

Analiza je pokazala, da obstoječa zasnova mostu izkazuje sicer solidno prevodnost, vendar je zapolnjen večji del prečnega prereza. Tudi varnostni odmiki niso izkazani. Poleg tega ima obstoječe križanje tudi sredinski mostni opornik, iz katerega sta oblikovana dva oboka.

Tako smo v drugem delu študije predlagali zasnovo križanja, kjer smo sorazmerno povečali svetlo odprtino in povečali varnostne odmike. Most se izvede brez sredinskega opornika. Z modelom smo ovrednotili tudi vpliv križanja na modelne gladine. Glede na podano analizo predlagana zasnova križanja nudi ustrezno prevodnost, vpliv križanja pa v večji meri ne bo več izkazan (predpostavka ustreznega cikličnega vzdrževanja odseka). Varnostni odmik spodnjega roba konstrukcije od modelnih gladin je izkazan in povečan ter po našem mnenju zadosten. Varnostni odmiki so v tem primeru zaželjeni (tudi izkazani) predvsem zaradi že obstoječe »solidne« prevodnosti odseka.

6 LITERATURA

DRSV, Atlas voda. Dostopno na spletu: http://www.evode.gov.si/atlas-voda/

Kozjek, K., Vertačnik, G., 2020. Časovno in prostorsko glajeni povratni nivoji ekstremnih nalivov. Vetrnica – glasilo Slovenskega meteorološkega društva. Dostopno na spletu (Vetrnica 12-13/19 - oktober 2020 - str. 77-85) http://www.meteo-drustvo.si/glasilo/arhiv-vetrnic/

Novelacija hidrološko-hidravlične študije za območje Občine Komenda. Naročnik: Občina Komenda. Izvajalec: Inštitut za vodarstvo, d.o.o. Št. projekta: P632/24 , Ljubljana, oktober 2024

Pravilnik 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 (UR.l. RS, št.60/2007). Dostopno na spletu: http://www.uradni-list.si/1/content?id=81148

Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji. Ciljni raziskovalni program "Konkurenčnost Slovenije 2006 - 2013" v letu 2010. Raziskovalni projekt št. V4-1066. Naročnik: Rebublika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje. Izvajalci: Biotehniška fakulteta; Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo; Inštitut za vode RS. Ljubljana, 2012.
Dostopno na spletu: https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-TWDYUIZR/

Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Ur.l. RS, št. 89/2008). Dostopno na spletu: http://www.uradni-list.si/1/content?id=88381

Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 2/04 – ZZdrI-A, 41/04 – ZVO-1, 57/08, 57/12, 100/13 in 40/14).
Dostopno na spletu: http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1244