

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

SKLOP III: RABA IN VARSTVO CELINSKIH
VODA IN MORJA

NALOGA III/2/1: Plovna območja celinskih voda
in morja

Naslov naloge:

**Hidravlična analiza – določitev gladin Ljubljanice
(od izvira Ljubljanice na Vrhniki do zapornic na
Ambroževem trgu)**

Tina Mazi, univ. dipl. inž. grad.

LJUBLJANA, julij 2014





VSEBINA

VSEBINA.....	III
KAZALO SLIK.....	IV
1.0 UVOD.....	1
2.0 HIDROLOŠKE OSNOVE	2
3.0 GEODETSKE PODLAGE	3
4.0 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA	3
5.0 MATEMATIČNI MODEL	3
6.0 HIDRAVLICNI IZRAČUNI	5
7.0 ZAKLJUČEK.....	7
PRILOGE.....	8
1.0 Pregledna situacija M 1:25000	8
2.0 Prečni prerezi Ljubljanice M 1:200	8
3.0 Prečni prerezi Iščice M 1:200	8



KAZALO SLIK

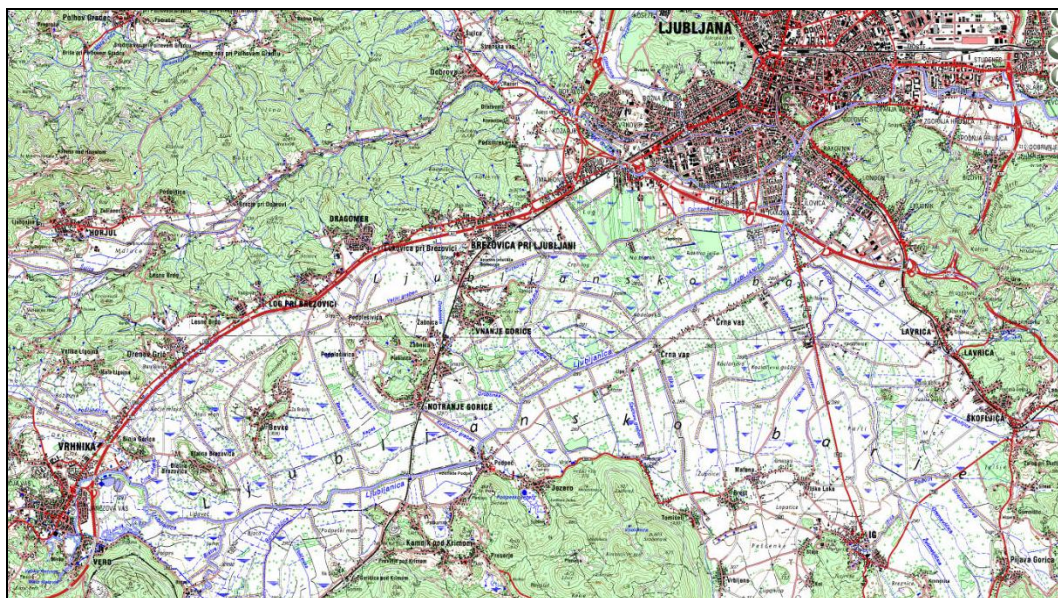
Slika 1: Obravnavano območje Ljubljanice in pritokov od izvira na Vrhnikih do zapornice v Ljubljani na Ambroževem trgu (vir: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja)	1
Slika 2: Ocenjeni karakteristični pretoki v obdobju 1926-2012 jan-dec in apr-okt. (povzeto po študiji IzVRS, maj 2014)	2
Slika 3: Shema kraškega zaledja Ljubljanice (vir: sl.wikipedia.org)	3
Slika 4: Najmanjši in največji zabeleženi pretoki Ljubljanice v m ³ /s v obdobju 1971-2000 (vir: www.arso.gov.si)	3
Slika 5: Obravnavano območje Ljubljanice in pritokov (MIKE 11)	4
Slika 6: Hidrološki vhodni podatki vnešeni v hidravlični model Mike 11	4
Slika 7: Lokacije hidroloških prerezov (povzeto iz hidrološke analize IzVRS, maj 2014)	5
Slika 8: Rezultati modela MIKE – vzdolžni prerez Ljubljanice	6
Slika 9: Rezultati modela MIKE – vzdolžni prerez Iščice	6



1.0 UVOD

Za potrebe priprave Strokovnega mnenja za spremembo Uredbe o uporabi plovil na motorni pogon na reki Ljubljanici je bilo potrebno s hidravlično analizo določiti višine gladine Ljubljanice na območju od izvira na Vrhniki do zapornice v Ljubljani na Ambroževem trgu, v skupni dolžini 26,4 km.

Na omenjenem območju so bili poleg Ljubljanice obravnavani še naslednji njeni pritoki: Mala Ljubljanica, Ljubija, Bistra, Borovniščica, Iška, Išica in Mali Graben. Obravnavano območje je prikazano na sliki 1.



Slika 1: Obravnavano območje Ljubljanice in pritokov od izvira na Vrhniki do zapornice v Ljubljani na Ambroževem trgu (vir: <http://gis.arso.gov.si/atlasokolja>)

Reka Ljubljanica je bila plovna za manjše ladje do sredine prejšnjega stoletja. Rečna plovba je takrat predstavljala pomembno transportno sredstvo. Pred prvo svetovno vojno so Ljubljanico uporabljali za plovbo od Ljubljane do Vrhnike. Del Ljubljanice med Vrhniko in Ljubljano so regulirali že stari Rimljani.

Z regulacijo Ljubljanice in izgradnjo Gruberjevega prekopa (1780), je center Ljubljane postal otok. Zapornica na Gruberjevem kanalu je bila zgrajena leta 1912, zapornica na Mestni Ljubljanici pa leta 1955. Zajezitev Ljubljanice z zapornicami je pogojena z vzdrževanjem določenega vodnega stanja Ljubljanice na Ljubljanskem Barju. Gladina zajezitve se je z leti spreminjala, od leta 1966 naprej pa je zahtevana kota gladine Ljubljanice na Špici 285,60 m.n.m.



2.0 HIDROLOŠKE OSNOVE

Hidrološke količine za potrebe izvedbe hidravličnega izračuna so bile predhodno določene s hidrološko analizo »Določitev ocenjenih vrednosti karakterističnih srednjih in malih pretokov za posamezne hidrološke prereze od izvira Ljubljanice do Špice«, IzVRS, maj 2014. V spodnji tabeli so prikazane pri hidravlični analizi uporabljene ocenjene srednje vrednosti malih (sQnp) in srednjih letnih pretokov (sQs) za obdobje 1926-2012 z upoštevanjem celoletnega obdobja in z upoštevanjem obdobja april-oktober.

Vrednosti za obdobje 1926-2012			jan-dec	jan-dec	apr-okt	apr-okt
Šifra	Hidrološki prerez	ozn.	sQnp	sQs	sQnp	sQs
v.p.		pr.	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
5130	Velika Ljubljanica v.p. Mirke I		1,35	15,7	1,48	12,5
5150	Mala Ljubljanica v.p. Mirke		0,34	7,3	0,39	5,8
	Ljubljanica pod M. in V. Ljubljanico	1	1,69	22,9	1,87	18,3
	območje pod M. Ljubljanico do v.p. Vrhnika	1-2	0,52	1,05	0,50	1,05
5030	Ljubljanica v.p. Vrhnika	2	2,21	24,0	2,37	19,3
	območje med v.p. Vrhniko in Ljubijo	2-3	0,26	1,0	0,25	0,8
	Ljubljanica do Ljubije	3	2,47	24,9	2,62	20,1
5240	Ljubija v.p. Verd I		0,83	6,3	0,93	5,4
	Ljubija do Ljubljanice	3-4	0,83	6,3	0,93	5,4
	Ljubljanica pod Ljubijo	4	3,30	31,3	3,55	25,6
	območje med pod Ljubijo do Bistre	4-5	0,03	0,5	0,04	0,3
	Ljubljanica do Bistre	5	3,33	31,8	3,59	25,9
5270	Bistra v.p. Bistra I		2,10	7,7	2,16	6,9
	Bistra do Ljubljanice	5-6	2,10	7,7	2,16	6,9
	Ljubljanica pod Bistrom	6	5,43	39,5	5,75	32,8
	Ljubljanica do Borovnišnice	7	5,43	39,5	5,75	32,8
5330	Borovniščica v.p. Borovnica		0,14	1,1	0,16	1,0
	Borovniščica do Ljubljanice	7-8	0,20	1,59	0,22	1,44
	Ljubljanica pod Borovniščico	8	5,62	41,1	5,97	34,2
	območje med Borovniščico in Iško	8-9	0,08	3,2	0,05	1,8
	Ljubljanica do Iške	9	5,71	44,3	6,01	36,1
5420	Iška v.p. Iška		0,31	1,8	0,31	1,4
	Iška do Ljubljanice	9-10	0,31	1,76	0,31	1,40
	Ljubljanica pod Iško	10	6,02	46,0	6,32	37,5
	območje med Iško in Ižico	10-11	0,03	0,5	0,04	0,3
	Ljubljanica do Ižice	11	6,05	46,5	6,37	37,7
5441	Ižica v.p. Ig I		0,42	1,7	0,47	1,8
	območje med v.p. Ig in izlivom v Ljubljanico		0,27	1,7	0,25	1,3
	Ižica do Ljubljanice	11-12	0,69	3,46	0,72	3,05
	Ljubljanica pod Ižico	12	6,74	50,0	7,08	40,8
	območje med Ižico do Malega grabna	12-13	0,15	0,7	0,16	0,6
	Ljubljanica do Malega grabna	13	6,89	50,7	7,25	41,4
5480	Gradaščica v.p. Razori		0,47	2,7	0,47	2,3
5540	Šujica v.p. Razori		0,33	1,4	0,35	1,2
	Mali Graben do Ljubljanice	13-14	0,80	4,14	0,81	3,45
	Ljubljanica pod Malim grabnom	14	7,69	54,8	8,06	44,9
5080	Ljubljanica v.p. Moste		7,69	54,8	8,06	44,9

Slika 2: Ocenjeni karakteristični pretoki v obdobju 1926-2012 jan-dec in apr-okt. (povzeto po študiji IzVRS, maj 2014)



3.0 GEODETSKE PODLAGE

Za izdelavo 1D hidravličnega modela smo uporabili podatke geodetskega terestičnega snemanja prečnih prereзов vodotokov Ljubljanice, Ljubije in Iščice, snemanih leta 2009. Podatke smo pridobili iz arhiva IzVRS.

4.0 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

Porečje Ljubljanice meri ca 1900 km², njen celotni JZ del predstavlja Kras, zato je Ljubljanica na izviru tipični kraški vodotok. Reka ima dežno - snežni režim s prvim viškom spomladi, ki je posledica pozno jesenskih padavin, taljenja snega in spomladanskih padavin. Najnižji pretok ima Ljubljanica avgusta.

Reka Ljubljanica ima obsežno kraško zaledje, ki sega na jugu do Snežnika in slovensko - hrvaške meje. V kraških izvirih na jugozahodnem robu Ljubljanskega barja pritekajo na površje vode iz Notranjskega podolja in Pivške kotline, kjer se vode kraške Ljubljanice pod različnimi imeni pojavljajo na dnu kraških polj, zato je reka poznana kot reka sedmerih imen (Truhovica, Obrh, Stržen, Rak, Pivka, Unica, Logaščica in Ljubljanka).



Slika 3: Shema kraškega zaledja Ljubljanice (vir: sl.wikipedia.org)

Vodomerna postaja	Najmanjši pretok (datum)	Največji pretok (datum)	Povprečni letni pretok
Vrhnika II	0,95 (26.1.1992)	103 (5.11.1998)	24,1 (1971-2000)
Moste	2,66 (5.7.1991)	405 (20.3.1975)	55,6 (1971-2000)

Slika 4: Najmanjši in največji zabeleženi pretoki Ljubljanice v m³/s v obdobju 1971-2000 (vir: www.arso.gov.si)

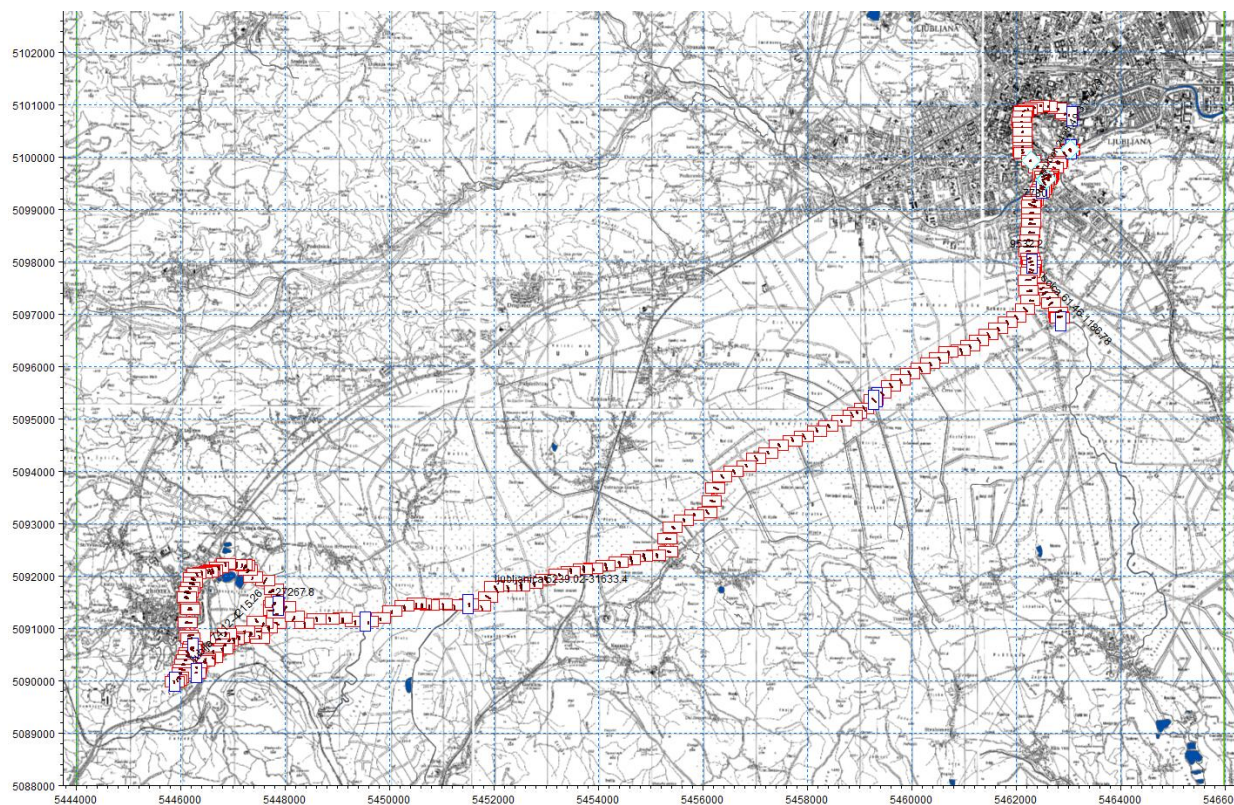
5.0 MATEMATIČNI MODEL

Za hidravlično modeliranje je bil uporabljen matematični program MIKE 11. V 1D modelu so bili torej uporabljeni geodetsko izmerjeni prečni profili struge in podatki o premostitvah in pragovih. Glede na karakteristike struge so bili podani koeficienti hrapavosti ($n_g=0.016-0.031$).

Vhodni podatki za model so bili konstantni pretoki posameznih vodotokov v določenih hidroloških prerezech. Lokacije posameznih hidroloških prereзов so prikazane na sliki 5 (modri kvadrati). Odtok iz neposrednih prispevnih površin posameznih potokov, ki prihajajo direktno v strugo (ne kot pritok), so bili v model vnešeni kot linijsko porazdeljeni



(dotok v strugo je z vsakega metra odseka struge enak t.j. vzdolž odseka linearno narašča).



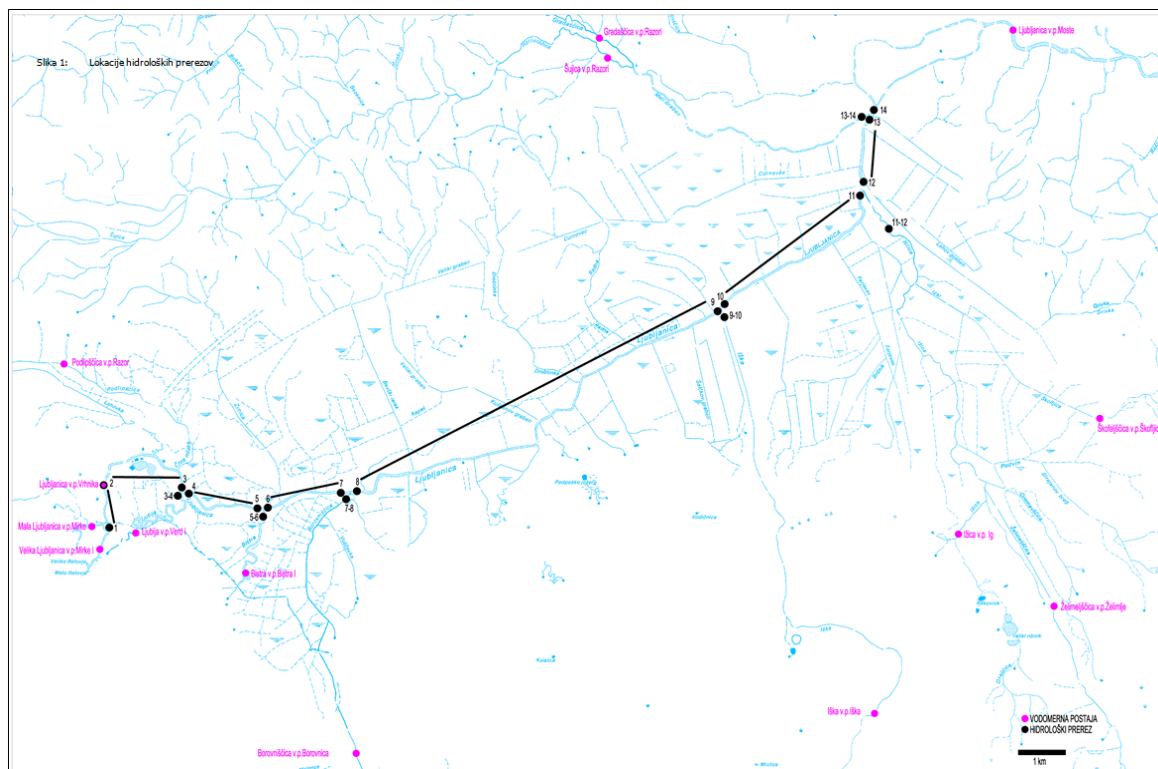
Slika 5: Obravnavano območje Ljubljanice in pritokov (MIKE 11)

MIKE Zero - [Ljubljana_maj_2014_AO_sQs.bnd11]							
File Edit View Tools Window Help							
Boundary Description Boundary Type Branch Name Chainage Chainage Gate ID Boundary ID							
1	Open	Water Level	LJUBLJANIC	5239.016	0		zapornica_ambrozev trg
2	Open	Water Level	gruber	2428.494	0		zapornica_gruber
3	Open	Inflow	ljubljana	31633.41	0		Vrhnik
4	Point Source	Inflow	ljubljana	30875.136	0		vtok Male Ljubljanice
5	Distributed Source	Inflow	ljubljana	30875.2	27382.39		1-3
6	Open	Inflow	ljubija	4215.26	0		Ljubija
7	Distributed Source	Inflow	ljubljana	27243.69	25467.29		4-5
8	Point Source	Inflow	ljubljana	25377.117	0		vtok Bistre
9	Point Source	Inflow	ljubljana	23332.802	0		vtok Borovnicice
10	Distributed Source	Inflow	ljubljana	23332	13930.92		8-9
11	Distributed Source	Inflow	ljubljana	13708.05	9604.15		10-11
12	Open	Inflow	iscica	1186.781	0		Iscica
13	Distributed Source	Inflow	ljubljana	9422.73	7995		12-13
14	Point Source	Inflow	ljubljana	7900.663	0		Mali Graben
15	Point Source	Inflow	ljubljana	13793.711	0		vtok Iske

☐ Include AD boundaries
--

	Data Type	TS Type	File / Value	TS Info
1	Water Leve	Const	285.6	

Slika 6: Hidrološki vhodni podatki vnešeni v hidravlični model Mike 11



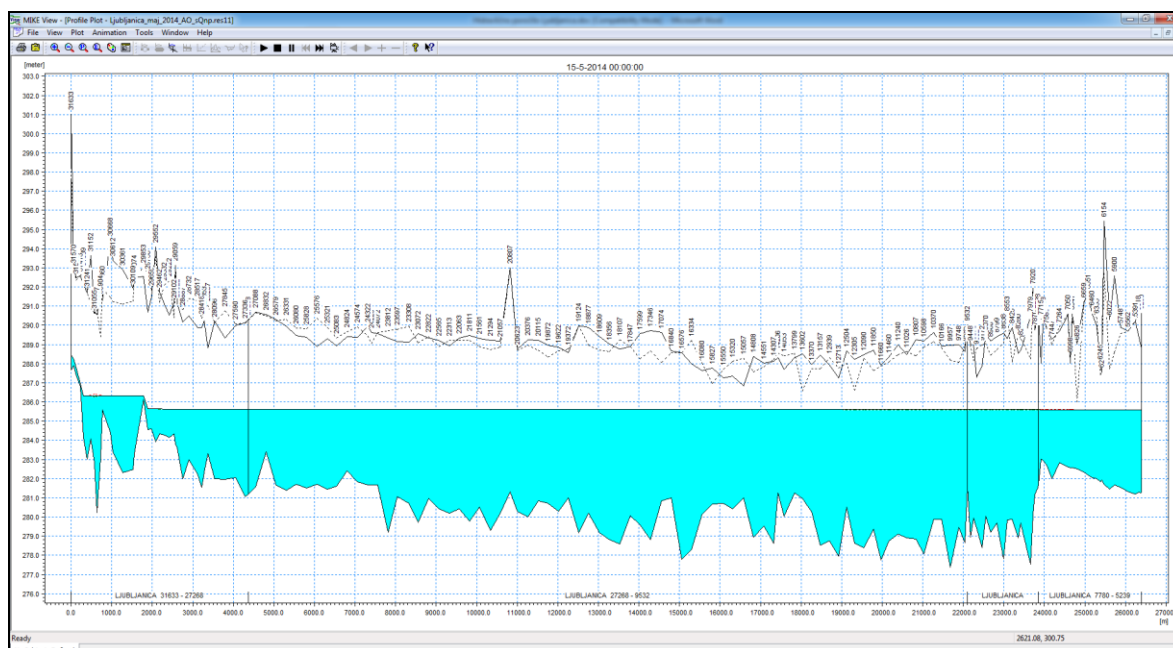
Slika 7: Lokacije hidroloških prerezov (povzeto iz hidrološke analize IzVRS, maj 2014)

6.0 HIDRAVLIČNI IZRAČUNI

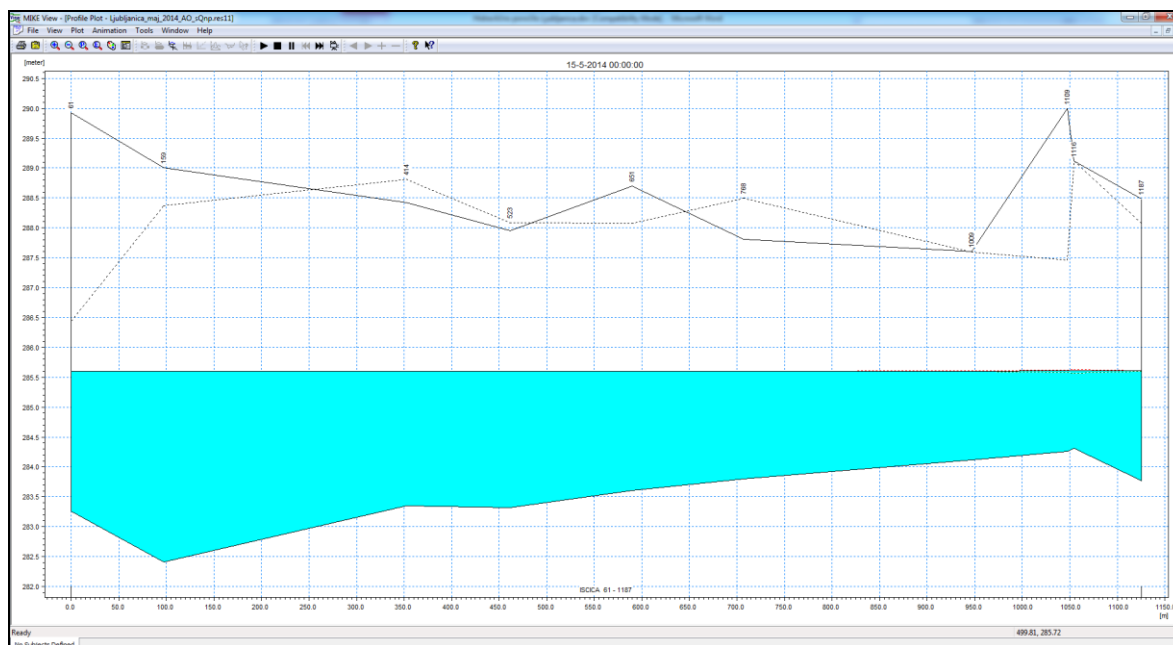
Hidravlične izračune smo izvedli za pretoke sQs in sQnp z upoštevanjem obdobja april-oktober (glej poglavje 2.0).

Iz rezultatov izračuna in prikazanega vzdolžnega prereza je razvidno, da je dno Ljubljanice na celotnem obravnavanem območju zelo valovito. Višina gladine Ljubljanice je odvisna od velikosti pretoka in od odprtosti zapornic na Ambroževem trgu in Gruberjevem kanalu. Odpiranje zapornic v Ljubljani je pogojeno s stanjem vodne gladine na Barju. Manipulacija z zapornicami ni predmet obravnavane naloge, zato smo kot spodnji robni pogoj privzeli dogovorjeno koto gladine Ljubljanice na zapornici t.j. 285,60 m.n.m.

Ljubljanica ima na odseku od Vrhnike do Ljubljane majhen vzdolžni padec struge, zato se pri pretoku sQs koto gladine Ljubljanice na območju od zapornice na Ambroževem trgu do mostu na Sternenu cesti na Vrhniki dvigne le za 1,23 m, pri pretoku sQnp pa za 0,73 m. Torej je koto gladine pri pretoku sQs je na Ambroževem trgu 285,60 m.n.m., na Vrhniki 286,83 m.n.m., pri pretoku sQnp na Ambroževem trgu prav tako 285,60 m.n.m., na Vrhniki pa 286,33 m.n.m. Na spodnjih slikah so prikazani vzdolžni prerezi Ljubljanice in Iščice z izračunanimi gladinami pri sQs in sQnp.



Slika 8: Rezultati modela MIKE – vzdolžni prerez Ljubljane



Slika 9: Rezultati modela MIKE – vzdolžni prerez Iščice



7.0 ZAKLJUČEK

Za potrebe priprave strokovnega mnenja za določitev plovne poti po Ljubljanici so bile obravnavane gladine Ljubljanice na območju od izvira na Vrhniku do zapornic v Ljubljani. Plovba preko zapornic ni možna, zato je obravnavano plovno območje na Ljubljanici definirano kot območje od zapornic v Ljubljani do Vrhnike.

Eden od omejitvenih faktorjev za plovbo predstavljajo visoki pretoki vode, saj so velike hitrosti reke za plovbo prenevarne. Pri nižjih pretokih se stalni nivo gladine Ljubljanice skozi Ljubljano vzdržuje z zapornicami in je plovba možna.

Minimalna globina vode v strugi je lahko omejitveni faktor za plovbo. S tega razloga so bila za hidravlično analizo vzeta hidrološka izhodišča pri katerih se pričakuje nizke gladine. Za namen določitve koridorja plovne poti smo tako izbrali izračunane gladine pri ocenjenih vrednostih malih (sQnp) in srednjih (sQs) letnih pretokov za obdobje 1926-2012, z upoštevanjem obdobja april-oktober. Izračunane globine Ljubljanice pri omenjenih pretokih, se od zapornic v Ljubljani do Sinje Gorice gibljejo od 2 do 5 m, gorvodno od Vrhnike pa so globine manjše. Globine Iščice se gibljejo od 3 m na sotočju z Ljubljanico do 1,5 m pri mostu s Peruzzijsvo cesto.

Oviro pri plovbi lahko predstavljajo tudi premostitve saj s spodnjo koto omejujejo plovilom prehod. Svetli profil mostu je omejen s spodnjo koto mostu in višino vodne gladine. Z večanjem pretoka se gladina dviguje in s tem se svetli profil mostu niža. V času nizkih in srednjih letnih pretokov je pod vsemi mostovi na obravnavanem odseku svetla višina vsaj 3 m.



PRILOGE

<i>1.0 Pregledna situacija</i>	<i>M 1:25000</i>
<i>2.0 Prečni prerezi Ljubljanice</i>	<i>M 1:200</i>
<i>3.0 Prečni prerezi Iščice</i>	<i>M 1:200</i>