

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Ruprecht, N., 2015. Prehajanje rib v ribji stezi na Ambroževem trgu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Brilly, M., somentor Vidmar, A.): 81 str.

Datum arhiviranja: 28-10-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
Civil and Geodetic
Engineering



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Ruprecht, N., 2015. Prehajanje rib v ribji stezi na Ambroževem trgu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Brilly, M., co-supervisor Vidmar, A.): 81 pp.

Archiving Date: 28-10-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidatka:

NATALIJA RUPREHT

**PREHAJANJE RIB V RIBJI STEZI NA AMBROŽEVEM
TRGU**

Diplomska naloga št.: 265/VKI

**THE CROSSING OF FISH THROUGH THE FISH
LADDER AT AMBROŽ SQUARE**

Graduation thesis No.: 265/VKI

Mentor:

prof. dr. Mitja Brilly

Somentor:

mag. Andrej Vidmar

Ljubljana, 26. 10.2015

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

**Podpisana Natalija Ruprecht izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom
»Prehajanje rib v ribji stezi na Ambroževem trgu«.**

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, _____

Natalija Ruprecht

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	626.882(043.2)
Avtor:	Natalija Ruprecht
Mentor:	prof. dr. Mitja Brilly
Somentor:	mag. Andrej Vidmar
Naslov:	Prehajanje rib v ribji stezi na Ambroževem trgu
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	81 str., 9 preg., 31 sl., 1 graf.
Ključne besede:	habitat, pregrade, ribji prehod, migracije, sulec, blistavec, platnica, pretok, hitrost vode, funkcionalnost ribje steze

Izvleček:

Zadnje stoletje je sladkovodni ekosistem najbolj podvržen človeškim posegom zaradi izkoriščanja vodne energije. Posledica posegov je, da so številne ribje vrste postale ogrožene in zaščitene z rdečimi sezname ali izginile. Zagotavljanje prehodnosti vodotokov je nujno za prehajanje rib, za ohranjanje ogroženih in ostalih ribjih populacij. Ribe za svoje življenje potrebujejo različne habitate za drst, rast, prehranjevanje, gibanje. Vsaka neprehodna ovira na vodotokih bi morala imeti urejen naraven, sonaraven ali tehnično grajen ribji prehod.

Do izliva v reko Savo ima Ljubljana kar nekaj neprehodnih ovir, zaradi katerih se je bistveno spremenila kvaliteta habitatov za ribe in tudi za ostale vodne organizme. V okviru projekta Ljubljana povezuje – Obnovitev koridorja Ljubljanice in izboljšanje rečnega vodnega režima je bila obnovljena ribja steza ob Plečnikovi zapornici na Ambroževem trgu. Namen projekta je izboljšati in povezati habitate ciljnih ogroženih vrst rib v Ljubljani, to so sulec, platnica in blistavec, ki so zaščiteni z uredbami in pravilniki. V diplomski nalogi je predstavljena problematika prehajanja rib oziroma nefunkcionalnost ribje steze pred obnovo. Povzela sem obnovitvene ukrepe in izboljšave na stezi ter z meritvami pretoka in hitrosti vode na vtoku in v notranjosti ribje steze ugotavljali funkcionalnost le-te. Namen projekta Ljubljana povezuje je tudi osveščanje ljudi o nujnosti vzpostavitve prehodnosti vodotokov za ribje populacije, tako iz spoštovanja do narave kot z vidika veljavne zakonodaje, ki narekuje obnovo vseh obstoječih ribjih stez in gradnjo novih na območjih, kjer se bo posegalo v vodotoke.

BIBLIOGRAPHIC AND DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	626.882(043.2)
Author:	Natalija Ruprecht
Supervisor:	Prof. Mitja Brilly, Ph. D.
Cosupervisor:	Andrej Vidmar, M. Sc.
Title:	The crossing of fish through the fish ladder at Ambrož square
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	81 p., 9 tab., 31 fig., 1 graph.
Keywords:	habitat, barriers, fish ladder, migration, endangered fish species, flow, the speed of the flow of water, the functionality of the fish ladder

Abstract:

The freshwater ecosystem has mostly been susceptible to human interventions due to the exploitation of hydropower in the last century. The consequences of these interventions are increased numbers of endangered fish species and species categorized by the International Union for Conservation of Nature (IUCN) Red List as likely to become extinct or even extinct species. Ensuring the smooth transfer of watercourse is essential for fish to pass, for conservation of endangered as well as other fish populations. Fish need various habitats for living; for example, for spawning, growing, nourishment, movement. Where there is an impassable obstacle in the watercourse, there should be an organised natural or a technically built fish ladder. On the way to the Sava River estuary, there are a few impassable obstacles in the Ljubljanica River and because of that; the quality of habitats has changed fundamentally for fish and other water organisms. As a part of the project “Ljubljanica Connects – The Restoration of the Corridor of the Ljubljanica River and the Improvement of the River Regime”, the fish ladder next to the Plečnik sluice at Ambrož square has been restored. The purpose of the project is to improve and connect the habitats of the endangered species in the Ljubljanica River; such as Danube Salmon (*Hucho hucho*), Danube Roach (*Rutilus pigus*), Striped Chub (*Leuciscus souffia*); that is species, protected by regulations. The thesis presents the problem of the migration of fish, or non-functionality of fish ladders before the renewal. Fish had not been able detect the passage. I summed up the renovation measures and the improvements in the fish ladder as well as established the functionality of the ladder with measuring the flow and the speed of the water flow at the entrance as well as in the middle of the fish ladder. The purpose of the project “Ljubljanica Connects” is also to raise awareness among people that the establishment of the smooth transfer of watercourse is essential for fish populations. It is vital we do this out of respect for nature and legislation that dictates the renewal of all the existing fish fishways and the construction of new areas where people will interfere with watercourses.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Mitju Brillyju za vso strokovno pomoč in napotke pri pisanju diplomskega dela ter somentorju mag. Andreju Vidmarju in Mateju Sečniku za pomoč pri pridobivanju podatkov in opravljanju terenskih meritev.

Posebna zahvala gre mojim staršem in fantu, ki so mi ves čas stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	PRINCIPI PRI GRADNJI RIBJIH PREHODOV	3
2.1	Migracije rib.....	3
2.1.1	Obdobja in razdalje migracij.....	3
2.1.2	Oblike gorvodnih in dolvodnih migracij.....	5
2.2	Vpliv abiotskih dejavnikov na življenje rib v vodi.....	6
2.3	Migratorne ovire oziroma negativni dejavniki, ki vplivajo na prehajanje rib.....	10
2.3.1	Konflikt oziroma neuskkljenost predpisov.....	11
2.3.2	Neustrezne ureditve vodotokov.....	11
2.3.3	Pregrade.....	12
2.3.4	Hidroelektrarne (HE) in male hidroelektrarne (mHE).....	12
2.3.5	Raba vode za druge namene.....	15
3	PROJEKTI IN ZAKONODAJA	16
3.1	Zakonodaja v Evropski Uniji.....	16
3.2	Zakonodaja v Sloveniji.....	18
3.3	Natura 2000.....	19
4	RIBJI PREHODI	21
4.1	Naravne rešitve za gorvodne migracije rib.....	21
4.2	Sonaravne rešitve za gorvodne migracije rib.....	22
4.3	Tehnične rešitve za gorvodne migracije rib.....	23
4.4	Ključni elementi pri dimenzioniranju ribjega prehoda.....	28
4.4.1	Ustrezna lokacija ribjega prehoda.....	29
4.4.2	Vhod za ribe oziroma iztok vode iz ribjega prehoda.....	29
4.4.3	Izhod za ribe oziroma vtok vode v ribji prehod.....	30
4.4.4	Prehajanje v ribjem prehodu.....	30
5	RIBJA STEZA NA AMBROŽEVEM TRGU IN PREHAJANJE RIB	33
5.1	Reka Ljubljanica in projekt Ljubljanica povezuje.....	33
5.2	Opis in namen ribje steze na Ambroževem trgu.....	35
5.3	Evidenca ribjih vrst v Ljubljani.....	37
5.3.1	Ciljne ribje vrste v projektu Ljubljanica povezuje.....	39
5.3.2	Hidrološka opazovanja.....	45
5.4	Funkcionalnost in problematika ribje steze na Ambroževem trgu.....	46
5.5	Prejšnja ureditev steze med letoma 2003 in 2005.....	48
5.6	Postopki obnove ribje steze.....	49

5.6.1	Sanacija iztoka vode iz ribje steze na dolvodni strani	49
5.6.2	Sanacija vtoka vode v ribjo stezo na gorvodni strani	50
5.6.3	Ureditev notranjosti ribje steze.....	52
5.7	Monitoring ribje steze	54
6	MERITVE V RIBJI STEZI NA AMBROŽEVEM TRGU	56
6.1	Merska oprema.....	56
6.1.1	Merilnik pretočnih hitrosti Flow Tracker Handheld ADV	56
6.1.2	Merilnik pretoka Flo-Tracer.....	57
6.2	Metoda dela.....	59
6.2.1	Postopek dela z merilnikom Flow Tracker Handheld ADV	59
6.2.2	Postopek dela z merilnikom Flo-Tracer	60
6.3	Rezultati meritev	61
6.3.1	Rezultati meritev pretoka v ribji stezi	61
6.3.2	Rezultati pretoka na vtoku v ribjo stezo.....	70
6.3.3	Rezultati hitrosti vode v bazenu v ribji stezi	72
6.3.4	Ugotovitve.....	73
7	ZAKLJUČEK.....	75
VIRI.....		77

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Delitev vodotokov po Illiesu za potok (rhithron).....	9
Preglednica 2: Delitev vodotokov po Illiesu za reko (potamon).....	9
Preglednica 3: Hidroenergetske pregrade in ribji prehodi v Sloveniji	13
Preglednica 4: Dimenzije za prehod z vertikalnimi režami.....	25
Preglednica 5: Ribje vrste v Ljubljani.....	38
Preglednica 6: Rezultati meritev pretoka v ribji stezi	69
Preglednica 7: Meritve pretoka na vtoku v ribjo stezo.....	70
Preglednica 8: Rezultati meritev na vtoku v ribjo stezo.....	71
Preglednica 9: Hitrosti vode v bazenu v ribji stezi.....	72

KAZALO SLIK

Slika 1: Neprehodne pregrade na odsekih znotraj in izven Natura 2000 območij	20
Slika 2: Primer vertikalnih rež v ribji stezi.....	24
Slika 3: Območja, na katerih se izvajajo ohranitveno-obnovitvena dela pri projektu Ljubljana povezuje	34
Slika 4: Zapornica in ribja steza (označena na sliki) na Ambroževem trgu	35
Slika 5: Nahajališče sulca v Sloveniji	41
Slika 6: Blistavec na območju avtohtonosti	43
Slika 7: Najdba platnice	44
Slika 8: Mašenje vtoka vode v ribjo stezo.....	46
Slika 9: Stopnja v ribji stezi.	47
Slika 10: Natega za močnejši iztok vode iz ribje steze	50
Slika 11: Deflektor na vtoku v ribjo stezo.....	51
Slika 12: Dodana prečna pregrada z režo na vtoku v ribjo stezo	51
Slika 13: Notranjost ribje steze pred obnovo	53
Slika 14: Notranjost ribje steze po obnovi	53
Slika 15: Monitoring rib s kamero, nameščeno pri izhodu iz ribje steze	54
Slika 16: Posnetek sulca, ki prehaja skozi ribjo stezo na Ambroževem trgu	55
Slika 17: Flow Tracker Handheld ADV.....	56
Slika 18: Merilec pretoka Flo-Tracer	58
Slika 19: Priprava instrumenta Flow Tracker Handheld ADV.	59
Slika 20: Injeciranje sledila za merjenje pretoka z instrumentom Flo-Tracer.....	60
Slika 21: Skica preлива na vtoku v ribjo stezo.....	61
Slika 22: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 50$ cm.....	62
Slika 23: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 42$ cm.....	63
Slika 24: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 27$ cm.....	64
Slika 25: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 25$ cm.....	65
Slika 26: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 31$ cm.....	66
Slika 27: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 20$ cm.....	67
Slika 28: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 10$ cm.....	68
Slika 29: Meritve z merilnikom Flow Tracker.....	70
Slika 30: Grafični prikaz rezultatov meritev na vtoku v ribjo stezo.....	71
Slika 31: Bazen v ribji stezi.....	72

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Pretočna krivulja za vtočni preliv v ribjo stezo.	73
--	----

OBRAZLOŽITEV OKRAJŠAV IN SIMBOLOV

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
h	globina [m]
HE	hidroelektrarna
I	naklon steze [%]
mHE	mala hidroelektrarna
MKO	Ministrstvo za kmetijstvo in okolje
Q	pretok [m^3/s]
Qes	ekološko sprejemljiv pretok [m^3/s]
WFD	Water Framework Directive 2000/60/EC (Vodna direktiva)
ZSRib	Zakon o sladkovodnem ribištvu
PZI	Projekt za izvedbo
RS	Republika Slovenija

Ta stran je namenoma prazna.

1 UVOD

Življenjski prostor rib je voda, ki s svojimi lastnostmi vpliva na njihov življenjski cikel. Ribe so bioindikatorji, pokazatelji stanja vodnega okolja, naseljenost in vrstna sestava pa sta odvisni od človekovega delovanja oziroma vpliva na neko območje. Za življenje, prehranjevanje in razmnoževanje potrebujejo ribe zdrave habitate in njihovo povezanost, da lahko nemoteno prehajajo gorvodno in dolvodno. Utrjevanje brežin in ekološko nesprejemljiv pretok zaradi vedno večjega števila hidroelektrarn in malih hidroelektrarn povzročata oviranje ali onemogočenje migriranja vodnih organizmov, posledica tega je izolacija habitatov ali celo izumrtje nekaterih ribjih vrst. Zato je izrednega pomena, da vodnim organizmom omogočimo primerne življenjske pogoje in nemoteno prehajanje v druge habitate.

Z ribjimi prehodi privabljamo vodne organizme skozi ribji prehod, kjer nadaljujejo svojo migracijsko pot gorvodno od ovire.

Dobro razumevanje dinamike ribjih vrst je ključnega pomena za pravilno ukrepanje in pravilno izbiro ribjega pomagala. Treba je poznati karakteristike posameznih ribjih vrst, obdobja migracij, njihove habitate, poznati je treba tudi značilnosti vodotokov, na katerih je načrtovan ribji prehod. Največji problem je gorvodno migriranje, ribe priplavajo do ovire in iščejo pot naprej. Rešitve za gorvodne migracije so lahko naravne: odstrani se ovire ali obnovi strugo v prvotno stanje. Pri sonaravnih rešitvah ribje steze posnemajo naravno strugo. Ko ni možnosti za naravno ali sonaravno rešitev, je treba zgraditi bazene, dvigala ali lestve (tehnična rešitev).

V Sloveniji so leta 2012 začeli izvajati projekt Ljubljana povezuje, da bi izboljšali habitat rib, ki so v območju Nature 2000. S projektom želijo obnoviti koridor Ljubljanice in povezati območja Ljubljansko barje in Sava–Medvode–Kresnice. Cilj projekta je odpraviti ovire za migracijo, obnovitev ribjih stez in izboljšanje vodnega režima. Trenutno najbolj ogrožene ribe v reki Ljubljani so sulec (*Hucho hucho*), platnica (*Rutilus pigus*) in blistavec (*Leuciscus souffia*), za katere je projekt Ljubljana povezuje tudi namenjen.

V diplomski nalogi smo najprej povzeli ekološka načela pri gradnji ribjih prehodov, vrste rečnih odsekov in različne negativne vplive na migracije rib. Predstavili smo možne naravne, sonaravne in tehnične tipe prehodov in hidravliko v prehodih. Opisali smo tudi zakonodajo, odredbe in pravila za zaščito ciljnih vrst rib, katerim se bo s projektom Ljubljana povezuje izboljšalo življenje v vodi.

V nadaljevanju bomo predstavili ribjo stezo na Ambroževem trgu, ki so jo v okviru projekta Ljubljana povezuje obnovili in izboljšali. Z relativno preprostimi obnovitvenimi ukrepi je ribja steza

postala funkcionalna in povezala rečni habitat. Ciljne vrste rib, ki so zaščitene z odredbami in pravilniki, imajo tako možnost migriranja in preživetja v Ljubljani na tem odseku.

V empiričnem delu smo opravili meritve hitrosti toka vode in pretoka v ribji stezi po obnovi ter ugotavljala funkcionalnost ribje steze in možnosti prehajanja rib.

Namen projekta Ljubljana povezuje pa je tudi osveščanje ljudi o problematiki prehajanja rib. Pomembno je, da se obnovijo ribji prehodi, ki so nekoč bili zgrajeni in danes ne delujejo, ter zgradijo novi, kjer jih ni in so nujno potrebni.

2 PRINCIPI PRI GRADNJI RIBJIH PREHODOV

2.1 Migracije rib

Migracije rib v celinskih vodah so splošno znani vedenjski vzorci, ki omogočajo številnim ribjim vrstam preživetje. So aktivna gibanja med dvema različnima habitatoma (pasiščem in drstiščem) in se praviloma pojavljajo vsako leto ob istem času zaradi iskanja hrane ali prostora za drst, bega pred spremembami okolja kot so onesnaženje vode, sprememba temperature, nižanje koncentracije kisika, sprememba pretokov. Za sprejemanje pravih odločitev za neprekinjeno prehajanje rib je potrebno celovito razumevanje biologije in migracij rib, potrebne so raziskave na področju ribjih vrst in njihovih habitatov. Potrebne so raziskave značilnosti vodotokov, tehničnih posegov in obstoječih omejitev za prosto dolvodno in gorvodno prehajanje rib (Kroes in sod., 2006).

Na splošno lahko migracije razdelimo na:

- sezonske, kjer je zajeta življenjska sprememba habitata zaradi drstenja (lateralno), begom pred zamrznitvijo dolvodno po reki in prehajanje v druge habitate zaradi iskanja hrane;
- prehajanje ob naravnih katastrofah, ob poplavih ali zaradi slabih pogojev (npr. povečanje temperature v poletju ali padec vode zaradi suše);
- dnevne migracije zaradi premikov med zatočiščem ali zaradi iskanja hrane (AG-FAH, 2012).

2.1.1 Obdobja in razdalje migracij

Migracije posameznih vrst rib in starostnih stopenj potekajo v vseh letnih časih. Zunanji dejavniki, ki vplivajo na migracije so: abiotiski dejavniki (svetloba, temperatura vode, odtok, kakovost vode, vsebnost kisika v vodi, razpoložljivost rib), antropogeni dejavniki (dejavniki človeka, ki vplivajo na spremembe v okolju), razpršenost, plenjenje in razpoložljivost hrane. Notranji dejavniki so potrebe po drstenju, hrani in ugodnem življenjskem prostoru. Notranji dejavniki močno vplivajo na zunanje dejavnike v primeru pretočnih razmer, letnega temperaturnega gradienta, oskrbe habitata in človeškega vpliva.

Selitev večine avtohtonih rib poteka od meseca marca do novembra, od decembra do januarja ali februarja pa lahko pričakujemo bistveno manjše število rib zaradi nizkih temperatur vode (AG-FAH, 2012).

Ribe med selitvijo preplavajo različne razdalje, odvisno od vrste, njihovih zmogljivosti in plavalnih sposobnosti. Razdalje prehajanja lahko razdelimo na:

- kratke razdalje, kjer ribe prehajajo lokalno. Plavajo manj kot 30 km v eno smer na leto. Na kratkih razdaljah se ribe gibljejo hitreje, umaknejo se zaradi neustreznih pogojev za življenje iz enega habitata v drugega;
- srednje razdalje, kjer ribe potujejo med 30 do 300 km v eno smer na leto. Selitve niso nujno povezane z drstenjem;
- dolge razdalje, kjer ribe preplavajo več kot 300 km in uporabljajo normalno hitrost plavanja.

Specifične plavalne sposobnosti različnih ribjih vrst, ki so odvisne primarno od oblike telesa, velikosti in temperature vode, je treba upoštevati pri načrtovanju in gradnji ribjih prehodov. Plavalna hitrost rib se pogosto navaja kot dolžina telesa na sekundo (BL/s »body length per second«) (AG-FAH, 2012).

Dokazano je tudi, da je hitrost plavanja ribe določljiva s pomočjo frekvence nihanja repa. Razdalja, za katero se riba premakne z vsakim tako imenovanim valom telesa, je enaka 0,7 dolžine telesa ribe.

Podana je splošna enačba, ki povezuje največjo hitrost plavanja z dolžino:

$$U = \frac{0,7L}{2}$$

kjer je U največja hitrost plavanja, L je dolžina ribe in t čas krčenja mišice (Beach, 1984).

Razdalja, ki jo ribe preplavajo oziroma morajo preplavati, da pridejo preko fizične ovire na vodotoku, je kritična spremenljivka pri gradnji objektov za prehajanje rib (Kolman in Mikoš, 2006). Za konstrukcijo ribjih prehodov sta posebej pomembni maksimalna hitrost oziroma kritična maksimalna hitrost. Pri tem je treba maksimalne in srednje pretočne hitrosti v ribjem prehodu uskladiti s plavalnimi sposobnostmi tipičnih ribjih vrst na tistem odseku, kjer se načrtuje ribji prehod. Če riba plava na daljših območjih, je preobremenjena s previsokim pretokom brez možnosti za počitek in tega območja ne more preplavati. Potrebuje daljše odmore, preden lahko spet poskusi splavati. Kritične maksimalne hitrosti za različne ribje vrste, velikost rib in vodna temperatura tvorijo osnovo za načrtovanje ribjih prehodov (AG-FAH, 2012).

Glede na trajnost lahko razlikujemo naslednje plavalne hitrosti:

- Normalna plavalna hitrost (»sustained swimming speed«): tista hitrost, ki služi normalnemu napredovanju v vodotokih in jo je možno izvajati v daljšem obdobju (> 200 min) brez utrujenosti rib. V to kategorijo spadajo diadromne ribje vrste.

- Pospešena plavalna hitrost (*»prolonged swimming speed«*): to hitrost uporabljajo ribe le na krajši čas (20 sekund do 200 min), saj se ribe pri tem načinu plavanja utrudijo. Ribe pospešeno plavalno hitrost dosežejo pri večjih ali v iskanju bolj ugodnih pretokov.
- Maksimalna hitrost (*»burst swimming speed«*) je hitrost, ki jo riba lahko izvaja z uporabo anaerobne presnove mišičevja in samo krajši čas (≤ 20 sekund), pri plavanju za plenom ali begu pred plenilcem.
- Kritična maksimalna hitrost (*»critical burst swimming speed«*) je tista hitrost, ki jo doseže po 20 sekundah. To hitrost upoštevajo pri ekohidravličnem načrtovanju, kjer izračunajo ustrezne plavalne sposobnosti ribjih vrst, velikost ribe in vodno temperaturo.
- Najvišja maksimalna hitrost pa je tista, ki jo riba lahko doseže teoretično maksimalno (AG-FAH, 2012).

2.1.2 Oblike gorvodnih in dolvodnih migracij

Migracije sladkovodnih rib se delijo glede na migratorne razdalje, ki jih premagajo ribe.

- 1.) Diadromne migracije so migracije, kjer ribe v svojem ciklusu migrirajo med habitatih v celinskih vodah in morju v razdaljah nekaj 1000 kilometrov, da dosežejo primerna območja za drstenje in prehranjevanje. Glede na namen prehajanja se ločijo anadromne, katadromne in amphidromne migracije.
Anadromne migracije so migracije, kjer diadromne ribe, ki živijo večinoma svojega življenja v morju, zaradi drstenja prehajajo v celinske vode. Primer anadromnega migriranja je atlantski losos, ki se izleže v rekah in jezerih, nato pa se kot odrasel seli v morje.
Katadromne migracije so migracije, kjer diadromne ribe, ki preživijo večino svojega življenja v celinskih vodah, zaradi drstenja migrirajo v morje. Katadromna vrsta pri nas je jegulja (*Anguilla anguilla*), ki priplava v celinske vode kot mladica in se zaradi drstenja vrača v morje.
Amfidromne migracije so migracije, kjer diadromne ribe redno prehajajo iz sladke vode v morje in obratno zaradi potreb po iskanju hrane in zavetišča in ne zaradi potreb drstenja.
- 2.) Pri potamodromnih migracijah ribe migrirajo samo v celinskih vodah. Selijo se lokalno ali regionalno, selitve pa so lahko lateralne (med glavno strugo in stranskimi pritoki) ali longitudinalne (po glavni strugi) (Kolman in Mikoš, 2006).
- 3.) Ocenaodromne migracije pa so migracije, kjer ribe migrirajo samo v morju (AG-FAH, 2012).

2.2 Vpliv abiotских dejavnikov na življenje rib v vodi

Hidromorfološki, kemijski in fizikalni dejavniki (abiotски dejavniki) se spreminjajo s prostorom in časom ter regulirajo življenjske procese organizmov v vodi (Šumer in sod., 2004).

Najpomembnejša elementa za življenje rib sta ustrezen vodostaj in pretok vode, saj ribam omogočata prosto premikanje in razporejanje po vodotoku ter s tem obstoj prehranjevalnih, drstnih in drugih habitatov rib. Poleg ustreznega vodostaja in pretoka na obstoj ribjih vrst vplivajo tudi sama fizična zgradba vodnega habitata, struktura sedimenta in substrata, ki ribam omogoča drst in skrivanje pred plenilci (Zajc, 2013). Od teh dejavnikov pa sta odvisni tudi vsebnost kisika v vodi in temperatura vode, ki z večjo globino narašča.

Na hidromorfološke značilnost vodotokov močno vpliva oblikovanost pokrajin. Najpomembnejši dejavnik je naklon terena, ki določa padec in s tem oblikovanost struge, hitrost vodnega toka in substrat. Raznolikost strukture rečnega dna, hitrosti vodnega toka in globine vode so predpogoji za prisotnost različnih življenjskih prostorov, kar je ključnega pomena za vrstno raznolikost vseh vodnih organizmov. Tudi rib, ki so kot najvišje razvite vodne živali in končni člen prehranjevalne verige pomemben del vodnega prostora (cit. po Šumer in sod., 2004).

Hitrost vode kot najpomembnejši dejavnik v tekočih vodah deli ribje pasove na postrvji pas, lipanski pas, pas mreže in pas ploščiča. Poznana sta še izlivni in braktični pas. Vodni organizmi so se prilagodili hitrosti vode, da jih tok ne odnaša dolvodno ali pa so se hitrosti vode sposobni upreti. Hitri in ekstremni pretoki lahko odplaknejo zarod in mladice, kjer nimajo več možnosti za preživetje. Vodni organizmi glede na vodni tok prilagodijo obliko telesa, vedenje, se pritrjujejo na podlago, skrivajo v bolj mirnih vodah ali pod skalami v vodi (FAO/DVWK, 2002).

Voda z erozijo in sedimentacijo materiala ustvarja različne vrste dna, vodne tokove in brežine. Odlaganje sedimentov na notranji strani ovinkov znižuje globino vode in povzroči pojav plitvin, kar povzroči raznovrstnost habitatov, prilagojenih na različne pogoje v vodi. Na zunanji strani ovinkov voda material odnaša in povzroči večjo globino vode, nastanek bazenov in lukenj (Kroes in sod., 2002).

Temperaturne spremembe v vodotokih so posledica klimatskih sprememb, ki se pojavljajo sezonsko ali kot dnevno-nočne spremembe. Ribe imajo enako telesno temperaturo kot voda, v kateri živijo. Že manjša sprememba lahko povzroči vedenjske spremembe (odvisno od vrste do vrste rib), migracije ali celo smrtnost rib. Od temperature vode pa je odvisno drstenje rib. Na višanje in nižanje temperature vplivata obrežna vegetacija in globina vode (Povž, 2005).

Posegi v vodotok povzročijo spremembo optimalnih temperaturnih pogojev za življenje določenih vrst rib. Odstranjevanje obrežne vegetacije ali nižanje globine vode višata temperaturo vode. Za postrvi je usodna sprememba temperature za 8 °C, za krapovce za 12 °C. Ribe, ki živijo v majhnih temperaturnih razponih, se težko prilagodijo spremembam in jih po zajezitvi pogosto najdemo nižje pod akumulacijo, kjer je stanje za njih ugodno. Manjše spremembe se pojavijo na populacijah, ki živijo v okolju z višjim temperaturnim razponom (Povž, 2005).

Optimalna temperatura za postrvi je 7–19 °C, stres se pojavi pri 20 °C. Za krapa in nekatere druge vrste krapovcev, ki so predstavniki toplih vod, je optimalna temperatura vode od 22–28 °C, stres pa se pojavi pod 15 °C ali nad 28 °C (Povž, 2005). Če je voda toplejša od 15 °C več kot dva tedna, je smrtnost rib do 100 %, to velja predvsem za manj kot leto dni stare ribe (Janc, 2014).

Vsebnost raztopljenega kisika (O₂) v vodi je neposredno odvisna od temperature vode. V hladnejših vodah je več raztopljenega kisika kot v toplejših vodah.

Koncentracija raztopljenega kisika v vodi pod 5 mg/L ima negativen vpliv na življenje vodnih organizmov, vrednosti pod 2 mg/L pa povzročajo smrt rib (Urbanič in Toman, 2003).

V zgornjem toku vodotoka je zaradi močnega in turbulentnega vodnega toka visoka koncentracija raztopljenega kisika. Vsebnost kisika pada z vzdolžno potjo vodotoka kjer se zmanjša hitrost vode in je temperatura vode višja kot v zgornjem toku (FAO/DVWK, 2002).

Zajezitev vode zaustavi samoočiščevanje vodotokov in obogatitev s kisikom zaradi kopičenja mulja z ogromno odmrliimi organskimi snovmi in s tem povzroči umiranje ribjih vrst (Zajc, 2013). Zaradi povečane količine drobnih usedlin, ki nastanejo zaradi pregrad, je lahko ogroženo drstenje rib, saj ikre ne dobijo dovolj kisika za razvoj (Žaberl, 2014).

Tipi rečnih odsekov

Glede na indikatorsko vrsto rib, ki se na določenem odseku pojavlja, delimo vodotok na različne ribje pasove.

Za postrvi pas je značilen strm padec s hitrim hudourniškim vodnim tokom. Dno prekriva prod, večje in manjše skale. Voda redko preseže 10 °C, vsebuje visoko koncentracijo kisika in malo organsko razgradljivih snovi (MKO, 2012). Kot že ime samo pove, pas naseljujejo potočne postrvi (*Salmo trutta*), pri nas soška postrv (*Salmo marmoratus*), potočni piškurji (*Lampetra planeri*) in kapelj (*Cottus gobio*), babica (*Brabatula barbatula*) in pisanec (*Phoxinus phoxinus*).

Lipanski pas označuje vodotoke z večjimi širinami in globino vode do 2 m. Vodni tok se nekoliko umiri, značilno je izmenjavanje tolmunov in brzic. Dno je manj grobo, pogosto je na dnu izpran gramoz, temperatura vode pa je do 15 °C. Lipanski pas poleg lipana (*Thymallus thymallus*) naseljujejo še postrvi in nekatere cipridne vrste. Vsebnost kisika je v poletnem času nižja, ampak še vedno zadovoljiva za vodne organizme (AG-FAH, 2012).

Kjer vodotoki prehajajo v ravninski del, se struga razširi in poglobi. V tem predelu prevladuje vrsta ribe mrena (*Barbus barbus*). Dno prekrivajo prod, pesek, na mirnejših predelih mulj. Mrenski ribji pas pa naseljujejo še cipridne ribe, kot so: klen, platnica, podust, ščuka, ostriž, redkeje sulec (*Hucho hucho*) (FAO/DVWK, 2002).

V spodnjih tokovih vodotokov pa govorimo o pasu ploščiča. Zaradi nizkih hitrosti se na dno usedajo fini delci rečnih naplavin, zato je dno blatno in zamuljeno. Temperatura vode je višja kot v drugih delih (tudi do 25 °C), vsebnost kisika je majhna, dno pa je zaraščeno z vodnimi rastlinami (MKO, 2012). V pasu ploščiča najdemo cipridne ribe, poleg ploščiča so to še: androga (*Blicca bjoerkna*), linj (*Tinca tinca*), krap (*Cyprinus carpio*), ostriž, ščuka (*Esox lucius*), smuč (*Sander lucioperca*), som (*Silurus glanis*) (FAO/DVWK, 2002).

Kjer se manjši vodotoki izlivajo v večje reke ali jezera, je izlivni pas.

Braktični pas pa opredeljuje izliv rek v morje ali kjer se mešata sladka in slana voda (Ribji pas, 2013).

Enotna delitev vodotokov po vsem svetu

Mednarodna nomenklatura je razdelila vodotoke na dve kategoriji: potok (rhithron) in reko (potamon), ki se deli še na tri različne pasove, kjer se spreminjajo samo indikatorske ribje vrste (FAO/DVWK, 2002). Ta enotna delitev se uporablja po vsem svetu.

Preglednica 1: Delitev vodotokov po Illiesu za potok (rhithron) (Vir: FAO/DVWK 2002, str. 13).

Rhithron (potok)		
Zgornji tok	Zgornji postrvji pas	Epi-rhithron
Srednji tok	Spodnji postrvji pas	Meta-rhithron
Spodnji tok	Lipanski pas	Hypo-rhithron

Preglednica 2: Delitev vodotokov po Illiesu za reko (potamon) (Vir: FAO/DVWK 2002, str. 13).

Potamon (reka)		
Zgornji tok	Mrenski pas	Epi-potamon
Srednji tok	Ploščičev pas	Meta-potamon
Spodnji tok	Izlivni in braktični pas	Hypo-potamon

2.3 Migratorne ovire oziroma negativni dejavniki, ki vplivajo na prehajanje rib

Migratorne ovire, ki preprečujejo prehajanje rib gorvodno in dolvodno, imajo na populacije rib izredno negativen vpliv, posledice so vidne v hidrologiji in kvaliteti habitatov. Človek zaradi svojih potreb vedno bolj posega v okolje, povečalo se je število različnih objektov oziroma fizičnih ovir na vodotokih, s katerimi je ovirano longitudinalno in lateralno migriranje rib. Največjo grožnjo za prehajanje rib predstavlja gradnja jezov in visokih pregrad. Ovire v longitudinalni smeri predstavlja problem prehajanja v obeh smereh, dolvodni in gorvodni (Kroes in sod., 2006). Prekinitev migracij rib ima močno negativne posledice, ki lahko sčasoma privede do upada ali celo izgube celotnih populacij in izumrtje nekaterih vrst rib. S spremembo vodnega režima se uničijo naravna drstišča, globine, prosojnosti vode in sestava dna vodotoka. Prehodnost rib je predpogoj za stalno populacijo in s tem doseganje in ohranjanje dobrega ekološkega stanja ali dobrega ekološkega potenciala v rekah. Za vrste rib, kot so diadromne, ki potujejo med morjem in sladkimi vodami, so prekinitve dolgotrajnih longitudinalnih vodnih poti lahko usodne. Obnova vodnih poti za lokalne ribe v naravnem habitatu je prednostna naloga in eden ključnih ukrepov (AG-FAH, 2012).

Gorvodno prehajanje ogrožajo (Kolman in Mikoš, 2006):

- Ovire, ki povzročajo spremembe v višinski razliki in močan tok. Nekatere ribe lahko to višino premagajo, za druge to pomeni prekinitev migracij.
- Če je vhod v ribjo stezo premajhen in je vabljivi tok neustrezen in šibek, ribe ne zaznajo vhoda. Ribe sledijo glavnemu toku proti oviri in pomembno je, da je tok, ki privablja ribe v stezo, v neposredni bližini glavnega toka.
- Močan in turbulenten vodni tok dolvodno. V ekstremnih razmerah ribe ne zaznajo vhoda v ribjo stezo.

Dolvodno prehajanje ogrožajo (Kroes in sod., 2006):

- hidroelektrarne in črpalke, kjer so procenti smrtnosti rib med 5 in 40 %, lahko pa dosežejo skoraj 100 %;
- veliki padci vode pri pregradah in prelivih, kjer se lahko ribe poškodujejo;
- sprememba temperature vode.

Med trajne fizične ovire spadajo visoke pregrade, jezi, zapornice, objekti za zadrževanje vode za potrebe kmetijstva, nasipi, prepusti, cevi, kanalizirani vodotoki, erozijska zaščitna dela in druge regulacije vodotokov, katerih posledica je sprememba ribje populacije zaradi prekinjenega gorvodnega prehajanja (cit. po Kolman in Mikoš, 2006).

2.3.1 Konflikt oziroma neuskklajenost predpisov

Članice Evropske unije, med njimi tudi Slovenija, so sprejele dve direktivi s popolnoma različnima ciljema. Habitatna direktiva in Direktiva 2009/28/ES (direktiva o obnovljivih virih energije) povzročata konflikte. Na eni strani predpisi habitatne direktive zahtevajo varstvo in ohranjanje habitatov, na drugi strani pa Sloveniji z Direktivo 2001/77/ES predpisujejo večje izkoriščanje obnovljivih virov energije (MKO, 2012).

2.3.2 Neustrezne ureditve vodotokov

Na populacije rib in njihovo vrstno sestavo vplivata kakovost vode in habitata, ki se spremenita s posegi v vodotoke. Pri regulaciji vodotokov reka nima več samočistilne sposobnosti zaradi odstranjenega obrežja ribe nimajo skrivališč pred visokimi vodami in ribjimi plenilci. Zmanjša se biološka produkcija (MKO, 2012).

Evropske direktive predpisujejo ohranjanje ribjih habitatov s praviimi posegi v vodotoke, s sonaravnim urejanjem, da je sprememba okolja čim manjša. Vendar pa je sonaravno urejanje vodotokov drago, saj te rešitve zahtevajo več prostora. Problem pa predstavlja tudi redno vzdrževanje, ki je v večini izvedeno neustrezno (MKO, 2012).

Nekatere pogoste posledice posegov v vodotoke

- Izvedba prodnega zadrževalnika kot kratkoročne posledice med gradnjo povzroči kaljenje vode in uničenje obstoječih brežin. Posledice na dolgi rok se kažejo v zmanjšani ali popolnoma prekinjeni prehodnosti vodotoka za ribe. Zaradi spremenjene prodonosti se spremeni substrat dna dolvodno od prodnega zadrževalnika.
- Odstranitev obrežne vegetacije zmanjša osenčenost struge, viša temperaturo vode in uniči skrivališča rib pred plenilci. Zaradi odstranjene vegetacije se poveča erozija brežin.
- Pri betoniranju struge prodirajo strupene betonske odplake v vodo, kar povzroči pogin rib zaradi onesnaženja in kaljenja vode. Hitrost vode se po betoniranju poveča. Habitati rib in obstoječa drstišča se uničijo, vrstna pestrost ribjih združb se osiromaši.
- Širjenje struge vodotoka zniža vodostaj ali povzroči presuševanje struge, zato se voda bolj segreva.
- Izravnavanje struge poveča hitrost vodnega toka in zmanjša površino skrivališč (Čarf in sod., 2014).

2.3.3 Pregrade

Najbolj problematične so visoke pregrade, ki ribje populacije razdelijo in izolirajo, velikokrat jim tudi preprečijo možnost reprodukcije, saj jim onemogočijo dostop na drstišča (cit. po MKO, 2012).

Pod pregradami se spremeni dinamika pretoka vode, pogostost pretokov, hitrost toka se zmanjša. Rečni habitat se spremeni v jezero. Visoke pregrade imajo različne izpuste v vodo, pri talnih izpustih so dolvodne poletne temperature nižje, zimske pa višje od temperatur pred zaježitvijo. Gorvodne spremembe se kažejo s toplejšo poletno površinsko vodo. Včasih pride do posledic šele po nekaj letih, ko se pokažejo zakasneli vplivi (cit. po Naglič in Juran, 2008).

V evidenci ribiškega katastra je v Sloveniji trenutno evidentiranih 450 pregrad, ki ovirajo in preprečujejo prehajanje rib in prosto razporejanje le teh.

2.3.4 Hidroelektrarne (HE) in male hidroelektrarne (mHE)

Vplivi HE na ribje populacije so kratkoročni v času gradnje (kaljenje vode, spremenjen pretok vode, strojna dela v strugah) in dolgoročni v času obratovanja, posledice se pokažejo šele čez leto ali dve. Preoblikovanje nekega ekosistema pa lahko traja tudi 30 let in več. Hidroelektrarne z nihanjem vode, spremembo vodnega režima, prosojnosti vode povzročijo negativen vpliv v obdobju drstenja rib/negativne vplive na drstenje rib. Takrat pride do pogina iker, zaroda in mladice (MKO, 2012).

Zaježitve hidroenergetskih pregrad povzročijo antropogene spremembe vodnega okolja, vplivajo na rečno hidrologijo in sezonsko spremenljivost pretoka. Nad jezom nastane akumulacija, kjer je voda izpostavljena segrevanju, kar povzroči nižjo raven razredčenega kisika (Kolman in sod., 2010). Izrazito rečni habitat se spremeni v jezerski in mešani habitat (Štraus, 2011). Gorvodno od pregrade se zaradi manjše hitrosti vodnega toka začnejo nalagati sediment in plavine. S tem se spremeni sestava dna struge, dolvodno od pregrad se zmanjša količina vode, kar močno vpliva na pestrost habitatov (Kolman in sod., 2010). S spremembo brežin in gradbeno preoblikovanim dnem se zmanjšajo viri prehranjevanja. Ribe se lahko pri padcu prek pregradnih objektov na trde elemente ali delovanja turbine poškodujejo (Štraus, 2011).

Iz preglednice 3 je razvidno kritično stanje ribjih prehodov v Sloveniji. Večina hidroenergetskih pregrad ribjih prehodov nima ali pa niso funkcionalni.

Preglednica 3: Hidroenergetske pregrade in ribji prehodi v Sloveniji (Kolman in sod., 2010: str. 19).

Ime pregrade	HE	Vodotok	Ribji prehod	Ime pregrade	HE	Vodotok	Ribji prehod
Dravograd		Drava	Betoniran ribji prehod.	Cajhnov jez		Sava Bohinjka	Obnova.
Vuzenica		Drava	Status nejasen. V kolikor ni porušen, je nedelujoč.	HE Soteska		Sava Bohinjka	/
Vuhred		Drava	/	Jez papirnica Vevče		Ljubljana	/
Ožbalt		Drava	/	Zapornica Ambrožev trg		Ljubljana	Ni funkcionalna.
Fala		Drava	Ob rekonstrukciji elektrarne je bil ribji prehod porušen.	Podvinski jez		Savinja	/
Mariborski otok		Drava	Ne deluje, predvidena obnova.	Zgornji letuški jez		Savinja	/
Melje		Drava	/	Delejev jez		Savinja	/
Zlatoličje		Drava	/	Gračinski jez		Savinja	/
Markovci		Drava	/	Grušoveljski jez		Savinja	/
Formin		Drava	/	Mlinarjev jez		Savinja	/
Moste		Sava	/	Marinčkov jez		Savinja	/
Mavčiče		Sava	Prehod spremenjen v drstišče.	Ivanov jez v Lučah		Savinja	/
Medvode		Sava	/	Jez pri Rogovilcu		Savinja	/
Vrhovo		Sava	Neuporabno umetno drstišče.	Jez v Krški vasi		Krka	/
Boštanj		Sava	/	Jez pri Mačkovcu		Krka	/
Blanca		Sava	Obvodni kanal.	Seidlov jez pri Novem mestu		Krka	/
Krško		Sava	Večkrat neuspešno sanirana.	Zajčev jez pri Novem mestu		Krka	/
Podsela		Soča	/	Jez v Dvoru		Krka	/
Ajba		Soča	/	Jez pri Norbedu		Rižana	/
Solkan		Soča	/	Jez na Portonu		Rižana	/

Treba je omeniti, da poleg velikih HE predstavljajo problem tudi male HE (mHE) z manj kot 10 MW instaliranih moči, ki pogosto niso omenjene. V Sloveniji je bilo leta 2007 evidentiranih 425 malih hidroelektrarn (Kolman in Mikoš, 2006).

Na vprašalnik Ribiške zveze Slovenije o stanju MHE na njihovem območju je odgovorilo 41 ribiških družin. Po anketi naj bi imelo izmed 276 mHE nekaj manj kot 4 % imelo delujoče ribje prehode, nekaj manj kot 18 % prehode mimo turbin in nekaj manj kot 8 % upoštevalo ekološki pretok vode (cit. po Janc, 2014).

Odvzem vode lahko povzroči presušenje ali osiromašenje struge, ti odseki so neprimerni za vodne organizme. Uredba za čas, ko je pretok manjši od ekološko sprejemljivega pretoka Q_{es} , zahteva, da se odvzem vode prekine, kar pa pri starih mHE ni omogočeno. Največjo problematiko pri mHE predstavljajo nasprotja v evropski direktivi, vodni direktivi in direktivi za pridobivanje električne energije iz obnovljivih virov. V Sloveniji je skupni doprinos malih hidroelektrarn okoli 3 % skupne proizvodnje elektrike na račun uničenja vodotokov in vodnih organizmov.

Za pregrade se vseskozi zagotavlja predpisan ekološko sprejemljiv pretok (Q_{es}). Režim spuščanja vode iz akumulacije je takšen, da pretoki nihajo, vendar nikoli pod mejo Q_{es} . Od količine izpuščene vode sta odvisna hitrost vode in hitrost dviga gladine vode. Če pride do prevelike hitrosti dviga spodnje vode v kratkem časovnem intervalu, se pojavi povečano izpiranje materiala ter posledično poglobljanja vodotoka in odplakovanje vodnih organizmov. Z ukrepom se kontrolirano regulirajo hitrosti dviga spodnje vode, da ne pride do negativnih vplivov na morfologijo struge in vodne organizme. Ukrep se izvaja na zadnjih pregradah v verigi hidroelektrarn ali na zadrževalnikih (Kolman in sod., 2010)

Najbolj izpostavljene negativne posledice gradnje mHE so (Štraus, 2011):

- nižanje gladine vode v strugi,
- hitrost toka vode se zmanjša in s tem se poveča odlaganje proda in mulja,
- povečana obremenitev vodotoka z odpadnimi snovmi,
- sprememba količine kisika v vodi,
- sprememba brežin,
- nivo podtalnice se zniža,
- kvalitativna in kvantitativna sprememba favne in flore.

2.3.5 Raba vode za druge namene

Odvzem vode za pitno vodo, industrijsko rabo in namakanje poslabšuje vodno bilanco, odvzema pa se v najbolj kritičnem obdobju ob že nizkih naravnih pretokih vodotokov. Hladnovodne ribogojnice, kjer poteka vzreja postrvi, so viri organskega onesnaževanja voda, toplovodne ribogojnice pa so vir biološke obremenitve oziroma širjenja invazivnih tujerodnih vrst, ki ogrožajo ekosisteme. V Sloveniji med invazivne vrste prištevamo sončnega ostriža, ameriškega somiča, psevdorazboro in srebrnega koreslja (MKO,2012).

Kako močne so posledice teh ovir na prehajanje rib, je odvisno od plavalne sposobnosti in oblike migracij posamezne ribje vrste. Te karakteristike se razlikujejo glede na vrsto, starostni razred, velikosti rib, temperaturo vode in vodnega toka med časom selitve (Kroes in sod., 2006).

3 PROJEKTI IN ZAKONODAJA

3.1 Zakonodaja v Evropski Uniji

Direktiva Sveta EU 92/42/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst – Direktiva o habitatih

Direktivo o habitatih je sprejel Ministrski svet Evropske skupnosti 21. maja 1992 in je bila večkrat dopolnjena, nazadnje leta 1995 ob pridružitvi Avstrije, Finske in Švedske. V direktivi so naštetih habitatni tipi (198 habitatnih tipov) in vrste (230 živalskih in 483 rastlinskih vrst), ki so v določenih posebnih varstvenih območjih. Direktiva opredeljuje merila in postopke določevanja varstvenih območij (SAC – Special Areas of Conservation). V 6. členu so napisane glavne obveznosti glede območij Nature 2000: ustrezni načrti upravljanja ter zakonski in upravni ukrepi, preprečevanje slabšanja razmer, preverjanje načrtov, financiranje.

Direktiva Evropskega Parlamenta in Sveta EU 2000/60/ES (Water Framework Directive 2000/60/ES) – Vodna direktiva

Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta EU z dne 23. oktobra 2000 določa okvir za delovanje Skupnosti na področju vodne politike.

Namen te direktive je določiti smernice za varstvo celinskih površinskih voda, somornic, obalnega morja in podzemne vode:

- a) preprečevanje nadaljnje/-ga slabšanja stanja vodnih ekosistemov ter, glede na njihove potrebe po vodi, stanja kopenskih ekosistemov in močvirij, ki so neposredno odvisni od vodnih ekosistemov, to stanje varuje in ga izboljšuje;
- b) vzpodbujanje trajnostne rabe vode, ki temelji na dolgoročnem varstvu razpoložljivih vodnih virov;
- c) večje varstvo in izboljšanje vodnega okolja, ki se med drugim lahko doseže s posebnimi ukrepi za dostopno zmanjšanje odvajanja, emisij in uhajanja prednostnih snovi, ter ustavitve ali postopno odpravo odvajanja, emisij in uhajanja prednostnih nevarnih snovi;
- d) zagotavljanje postopnega zmanjševanja onesnaženosti podzemnih voda in preprečevanje njenih nadaljnjih onesnaževanj, in
- e) blažitev učinkov poplav in suš ter s tem prispevanje k:
 - zagotavljanju zadostnih zalog kakovostne površinske in podzemne vode, potrebne za trajnostno, uravnoteženo in pravično rabo vode,
 - znatnemu zmanjšanju onesnaževanja podzemne vode,

- varstvu teritorialnih in morskih voda ter
- uresničevanju ciljev ustreznih mednarodnih sporazumov, skupaj s tistimi, katerih cilj je preprečiti in odpraviti onesnaževanje morskega okolja, z ukrepanjem Skupnosti, da se ustavijo ali postopno odpravijo odvajanje, emisije in uhajanje prednostnih nevarnih snovi, s končnim ciljem, da se v morskem okolju za naravno prisotne snovi dosežejo koncentracije, ki so blizu vrednostim naravnega ozadja, in za sintetične snovi čim bližje vrednostim nič.

Evropska vodna direktiva in po njej povzet Zakon o vodah vsebujeta dve določili, ki sta bistveni za vodne habitate. Zahtevata dobro kemijsko in ekološko stanje površinskih voda v Evropski uniji do leta 2015 oziroma najkasneje do leta 2027, kjer je to še mogoče doseči in prehodnost voda za vodne organizme.

Vsi na novo zgrajeni objekti, ki predstavljajo oviro ribjim migracijam, morajo imeti urejene in funkcionalne ribje steze, saj le-te omogočajo prehajanje vodnih organizmov. Postopoma je treba graditi ribje steze tudi na tistih pregradah, ki jih še (Janc in Jerše, 2009).

3.2 Zakonodaja v Sloveniji

Povzeto po Zakonu o sladkovodnem ribištvu (ZSRib) (Uradni list RS, št. 61/2006)

Zakon ureja sladkovodno ribištvo kot upravljanje ribolovnih virov v celinskih vodah in vsebinsko povzema Direktivo sveta 92/43/EGS z dne 21. 5. 1992 o ohranjanju habitatnih tipov ter prostoživečih živalskih in rastlinskih vrst (Uradni list št. 206: 7).

Cilji tega zakona so (Zakon o sladkovodnem ribištvu, 5. člen):

- celostno načrtovanje in upravljanje rib na teritorialno zaokroženih območjih;
- omogočanje trajnostne rabe rib in etike ribolova;
- načrtovanje, pospeševanje in nadzor gojitve rib za porabljanje voda.

Cilji tega zakona so prispevati k:

- ohranjanju in varovanju naravnih populacij rib, njihovi vrstni pestrosti, starostni strukturi in številčnosti, varstvo ogroženih ribjih vrst in njihovih združb;
- preprečevanju vnosa tujerodnih ribjih vrst v celinske vode in njihovega širjenja;
- varovanju in ohranjanju narave salmonidnih in cipridnih voda.

V Zakonu o sladkovodnem ribištvu je 19. člen (gradnje in drugi posegi na območju ribiškega okoliša) namenjen objektom za prehajanje rib, ki ohranjajo populacije rib.

Vsak poseg v ribiški okoliš mora biti načrtovan in izveden na način, ki v največji meri zagotavlja ohranjanje rib, številčnost in starostne strukture. Za gradnjo objektov je treba predhodno pridobiti soglasje zavoda, ki v sodelovanju z izvajalcem ribiškega upravljanja izda mnenje o vplivu posega na stanje rib. Investitor mora zagotoviti ustrezen prehod za ribe, lastnik oziroma najemnik objekta mora zagotavljati funkcionalnost prehoda (Zakon o sladkovodnem ribištvu, 19. člen).

Povzeto po Pravilniku o ribiškem katastru in evidencah v ribištvu (Uradni list RS, št. 18/2008)

Pravilnik v 3. členu (evidenca o ribiških območjih, okoliših in revirjih) določa, da mora evidenca o ribiških okoliših vsebovati seznam vseh vodnogospodarskih objektov s karto v merilu 1 : 50.000, ki otežujejo ali preprečujejo migracijo rib.

3.3 Natura 2000

Projekt Evropske unije Natura 2000 je ekološko omrežje posebnih varstvenih območij, ki so jih določile države članice Evropske unije. V maju 1992 so vlade držav Evropske unije sprejele zakonodajo, ki ščitijo najbolj resno ogrožene habitate in vrste v Evropi. Območja Nature 2000 tvorijo posebna varstvena območja, opredeljena na podlagi določil Direktive o ohranjanju prostoživečih vrst ptic (79/409/EEC), in posebna ohranitvena območja, določena na podlagi Direktive o ohranjanju naravnih habitatov ter prostoživečih živalskih in rastlinskih vrst (92/43/EEC). Med kvalifikacijske vrste, zaradi katerih so bila določena območja v Naturi 2000, spada tudi 29 vrst rib, med katerimi so nekatere ribolovno zanimive vrste (Natura 2000).

Projekt Natura 2000 je namenjen ohranjanju območij mednarodno pomembnih habitatov, živalskih in rastlinskih vrst. Po enotnih merilih območja sleherne države skupaj tvorijo mrežo, ki je temelj čezmejnega varstva in ohranjanja naravne dediščine. Območja Natura 2000 ali posebna varstvena območja so ekološko pomembna območja, ki so na ozemlju Evropske unije pomembna za ohranitev ali doseganje ugodnega stanja ptičjih vrst (posebno območje varstva) in drugih živalskih ter rastlinskih vrst, njihovih habitatov in habitatnih tipov (posebno ohranitveno območje), katerih ohranjanje je v interesu Evropske skupnosti (Natura 2000).

Oblikovanje mreže posebej varovanih območij Natura 2000 v Sloveniji pravno ureja Zakon o ohranjanju narave (Uradni list RS, št. 56/99, 31/00-popr., 119/02 in 41/04). Območja določi Vlada Republike Slovenije po predhodnem mnenju lokalnih skupnosti.

Vlada Republike Slovenije je 29. aprila 2004 določila območja Natura 2000 v Sloveniji z Uredbo o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (Uradni list RS, št. 49/2004, 110/2004, 59/2007, 43/2008, 08/2012).

Določenih je 368 območij, od tega jih je 338 določenih na podlagi direktive o habitatih in 30 na podlagi direktive o pticah. Območja zajemajo 37 odstotkov površine Slovenije. Območja se pretežno prekrivajo, saj je več kot polovica površin, predlaganih na podlagi direktive o habitatih, znotraj predlaganih posebnih varstvenih območij po direktivi o pticah.

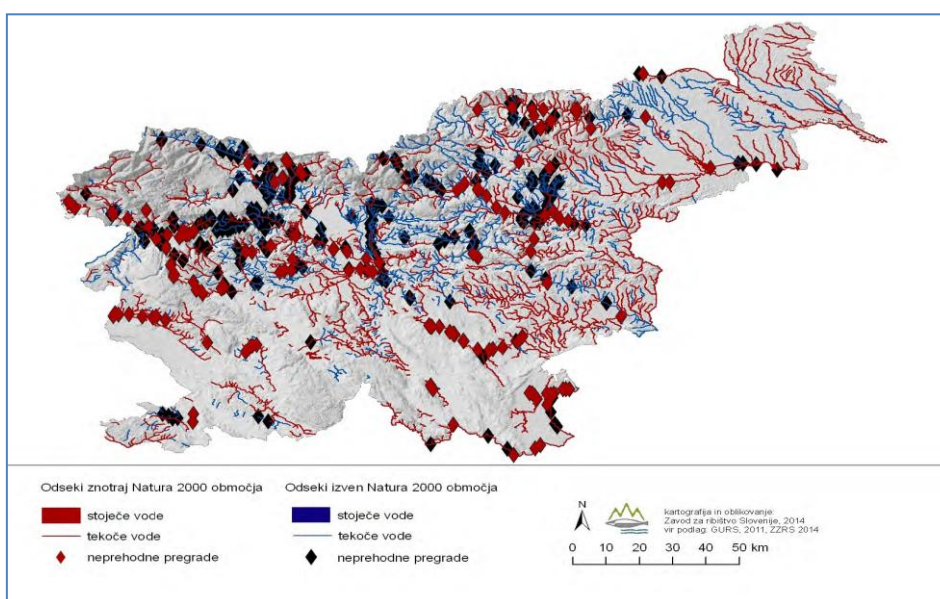
V zavarovanih območjih (Triglavski narodni park, regijski in krajinski parki ter rezervati in naravni spomeniki) je četrtnina skupne površine Natura 2000 območij (Natura 2000).

Območja Natura 2000 po Direktivi o pticah (2013):

- število skupnih območij je 31;
- skupna površina 5.077 km², to je 24,6 odstotka površine Slovenije.

Območja Nature 2000 po obvezah iz Direktive o habitatih (2013):

- število območij: 323;
- skupna površina: 6.639 km², to je 32,1 odstotka površine Slovenije (Natura 2000).



Slika 1: Neprehodne pregrade na odsekih znotraj in izven Natura 2000 območij (Čarf in sod., 2014).

Z rdečo so označene stoječe ali tekoče vode in neprehodne pregrade na odsekih znotraj območja Natura 2000. Modre oznake prikazujejo stoječe ali tekoče vode in neprehodne pregrade na odsekih izven območja Natura 2000. Na sliki 1 je razvidno, da je neprehodnih pregrad v Sloveniji zelo veliko in ohranjanje ribjih populacij je ogroženo (Čarf in sod., 2014).

4 RIBJI PREHODI

Ribji prehodi so posebne konstrukcije, ki omogočajo ribam, da s plavanjem ali skakanjem čez številne stopnje obidejo objekte, ki prekinjajo naravno migracijo. Prehod je zgrajen na način, da zagotavlja primerne hidravlične pogoje za ribe. Kljub najpomembnejšemu elementu pri gradnji, to je funkcionalnost, si je treba prizadevati za čim manj sprememb v pokrajini. Če je možno, se prehajanje rib uredi z naravnimi ali sonaravnimi ukrepi. Če ta dva ukrepa nista možna, se uporabi tehnične ukrepe.

Rešitve za gorvodno prehajanje rib je možno razdeliti na:

- naravne rešitve (obnovitev struge v prvotno stanje, odstranitev migracijske ovire),
- sonaravne rešitve (gradnja ribjih prehodov, ki posnemajo naravno strugo),
- tehnične rešitve (ribji prehodi z bazeni, ribja dvigala, ribje lestve) (Kroes in sod., 2006).

Pri izbiri primerne tipa ribje steze moramo upoštevati vedenjske vzorce ciljnih vrst rib ter hidrološke in okoljske parametre. Funkcionalnost ribje steze je tesno povezana s količino vode, hitrostjo in značilnostmi toka v ribji stezi. Hitrost mora biti prilagojena plavalnim sposobnostim in obnašanju rib (cit. po Naglič in Juran, 2008).

4.1 Naravne rešitve za gorvodne migracije rib

Ekološko optimalna rešitev za maksimalno učinkovitost prehajanja rib je seveda odstranitev ovire, ki povrne strugi naravno dinamiko in diverzitetu. Seveda pa je to ena dražjih izvedb. Z naravnimi rešitvami se lahko zagotovi nadomestni habitat, kjer so uporabljeni naravni materiali. Možne naravne rešitve so:

1. odstranitev jezov in pregrad: uporaba na manjših potokih in rekah, občasno tudi na večjih rekah;
2. odstranitev jezov v kombinaciji z obnovo naravnega habitata (npr. obnovo reke): po odstranitvi jezov in pregrad se občasno pojavi prostorski problem, saj je treba na mestu odstranitve podaljšati strugo in obnoviti naravne meandre. Uporaba na manjših rekah, potokih in nižinskih vodotokih;
3. odstranitev nasipov in obnova na poplavnih območjih: po odstranitvi nasipov se poplavna območja povežejo z glavno strugo v obdobjih visokega vodostaja. Uporaba na večjih nižinskih rekah, depresijah;
4. obnova rečnega ustja: z odstranitvijo, stalnim delovanjem ali upravljanjem plimovalne zapornice se lahko doseže obnova rečnega ustja (Kroes in sod., 2006).

4.2 Sonaravne rešitve za gorvodne migracije rib

Če ni možno v celoti povrniti struge v naravno stanje, je rešitev sonaravna ureditev, kjer so umetni material in razmere v ustvarjenem kanalu podobne naravni strugi.

Obtočni kanal

Obtočni kanal je podoben naravni strugi, ki povezuje gorvodno in dolvodno prehajanje preko ovire in omogoča povezovanje habitatov. Ta tip prehoda zavzame veliko prostora zaradi sinusoidne oblike in je uporaben na potokih in rekah z veliko prostora. Še ena od pomanjkljivosti pa je nujno potreben dotočni objekt v primeru velikih nihanj zgornje vode. Glavna značilnost obtočnega kanala je padec med 1–5 %, kjer se energija toka disipira skozi brzice in kaskade (Kolman in Mikoš, 2006). Obtočni kanal omogoča prehajanje vseh vodnih organizmov, medtem ko tehnične rešitve omogočajo samo prehajanje rib. Stroški vzdrževanja kanala pa so nizki v primerjavi z drugimi rešitvami (AG-FAH, 2012).

Talna drča

Drče so uporabne pri nižjih ovirah, preprečujejo pa tudi erozijo. So preproste in cenovno ugodne rešitve. Naklon drč je najmanj 1 : 15–1 : 20, večje razporejene skale tvorijo prečne bazene, ki si sledijo na 2 m (Kolman in Mikoš, 2006). Skalnata (nasuta) konstrukcija je bolj primerna, prehajajo lahko vse vrste vodnih organizmov (FAO/DVWK, 2002). Ribja steza s skalnimi policami oziroma kaskadna ribja steza je zgrajena v obliki kaskad, ki jih ustvarjajo skale. Namesto skal pa je možno uporabiti tudi lesene oblice (Kroes in sod., 2006). Drče in klančine vsebujejo le naravni material, vzdrževanje je minimalno (FAO/DVWK, 2002).

Ribja klančina

Od drče se razlikuje po tem, da je samo na eni strani brežine, tam, kjer je količina vode večja. Podobne so brzicam ali strmejšim vodotokom. Primerna globina vode in hitrost vodnega toka v klančini se ureja z skalnatimi pragovi ali balvani (FAO/DVWK, 2002).

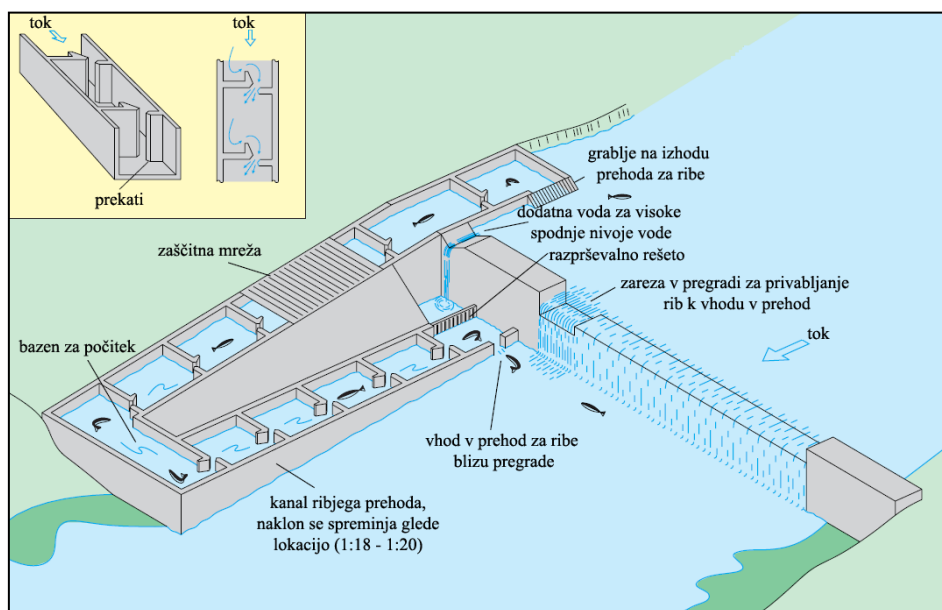
4.3 Tehnične rešitve za gorvodne migracije rib

Če prehajanja rib ne moremo doseči z naravnimi ali sonaravnimi prehodi, izberemo tehnično rešitev. To so umetno zgrajene konstrukcije, ki omogočajo lateralne kot tudi longitudinalne migracije. V nadaljevanju so predstavljeni različni tipi tehničnih rešitev, ki so najbolj funkcionalni (Kolman in Mikoš, 2006).

Bazenski tip ribjega prehoda

Bazenski tipi ribjih prehodov so bili eni izmed prvih ribjih stez, zgrajeni iz nizov povezanih bazenov, in ne zahtevajo veliko vzdrževanja. Pri bazenskih tipih se zgornja ali spodnja voda porazdeli med stene v smeri stopničaste kotanje (cit. po Pemič in Mikoš, 2008). Pri nepravilni izvedbi sta hitrost vode in turbulenca prekomerni, ribja steza je zaradi tega nefunkcionalna. Hidravlično izračunane vrednosti se načeloma usmerjajo po plavalnih sposobnostih rib, ki so na odseku, kjer se načrtuje ribja steza (Pemič in Mikoš, 2008). Glavni element bazenskega tipa so dimenzije bazena in lastnost prekatov (hitrost vode, nivo vode) med bazeni (Kroes in sod., 2006). Bazeni ustvarjajo nadzor nad pretokom in omejujejo višino tako, da se ribe vzpenjajo iz bazena v bazen s skakanjem oziroma plavanjem preko odprtih in nagnjenih korit. Bazeni so namenjeni disipaciji energije toka zaradi kroženja vrtincev in ustvarjajo prostor, kjer lahko ribe počivajo, preden nadaljuje pot v naslednji bazen. Tok vode v bazenih je lahko direkten ali potopljen. Dno v kanalih mora bit hrapavo, iz grobega in naravnega materiala, da se prehajanje omogoči tudi drugim vodnim organizmom, ki imajo slabše plavalne sposobnosti. Grobo dno namreč dodatno zmanjša hitrost vodnega toka. Bazenski tip ribjih stez je primeren za naklone $I = 1 : 7$ do $1 : 15$. Ribja steza z bazeni potrebuje za delovanje majhen pretok vode od $Q = 0,05 \text{ m}^3/\text{s}$ do $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ vode in ni občutljiva na nihanje vodne gladine za jezom. Število bazenov se določi glede na višino razlike gladin (FAO/DVWK, 2002). V bazenih je določena volumetrična izguba moči na kubični meter glede na vrsto rečnega odseka. Prečna pregrada je postavljena pravokotno glede na smer toka vode v stezi. Odprtine so na različnih straneh zaradi boljšega pretakanja vode v bazenih. Skozi odprtine na dnu lahko riba plava, čez odprtine na vrhu lahko skače. V odprtini pri zarezah nastanejo zaradi učinka hrapavega dna manjše hitrosti pretoka, najvišja hitrost pretoka nastane šele pod odprtino, kjer tok prehaja v vodo. Hrapavo dno reducira hitrost pretoka ob dnu na tretjino hitrosti pretoka na zgornji odprtini. Na tem območju lahko ob dnu migrirajo tudi majhne ribje vrste oziroma mlade ribe (FAO/DVWK, 2002).

Ribja steza z vertikalnimi režami



Slika 2: Primer vertikalnih rež v ribji stezi (Kolman in Mikoš, 2006).

Ta tip prehoda je trenutno najbolj uporaben tehnični prehod za vodne organizme. Namesto prelivnih površin kot na običajnem bazenskem tipu prehoda so na prekatih med bazeni vertikalne reže čez celotno višino prečnega profila. Prednost prekatov z vertikalnimi režami je prehajanje rib ne glede na nivo zgornje in spodnje vode in so primerni za ovire, ki so visoke med 1 in 6 m. Bazeni so med seboj ločeni z eno ali dvema vertikalnima režama, to je odvisno od vodotoka in razpoložljivega pretoka vode (Kroes in sod., 2006). Če je na prekatu samo ena vertikalna reža, je vedno na isti strani kanala. Najpomembnejši element je širina vertikalne reže, ki se izračuna na podlagi vrste rib in pretoka vode na odseku, na katerem bo steza dimenzionirana (FAO/DVWK, 2002). Če se pretok vode poveča, se poveča višina vode, vendar je razlika v višini vode med bazeni približno konstantna zaradi vertikalne reže. Reže dovoljujejo relativno velika nihanja vodnega nivoja. Širino in dolžino bazena se natančno določi. Notranja dolžina bazena je trikratna dolžina največje dolžine ribe, za katero se dimenzionira, notranja širina pa dvakratna dolžina ribjega telesa. Zaradi nevarnosti nalaganja plavin in zagotavljanja funkcionalnosti pri širini pod 20 cm je posebej pomembno stalno in skrbno vzdrževanje. Najmanjša širina vertikalne reže je lahko 15 cm. Hrapavo dno mora biti oblikovano tako, da se oblikujejo območja z zmanjšano hitrostjo, pri kateri lahko prehajajo tudi manjše ribe. Priporočljiv je material iz naravne struge, kjer se načrtuje gradnja steze. V zarez se nanese 10–20 cm močno substratno prevleko iz robatega materiala, zrnca morajo biti večja od 50 mm. Srednja velikost zrn mora imeti premer $d_{50} = 60$ mm. Plast kamenja naj ne bi segala nad 15 cm. Če so zrna prevelika, se lahko začne ribji prehod polniti s plavinami, premajhna zrna pa tok vode odnaša in zmanjša se hrapavost dna. Dno

iz ribjega prehoda mora biti povezano z dnom struge vodotoka, to lahko uredimo tudi z gradnjo ustreznih ukrepov, npr. podvodno klančino (AG-FAH, 2012).

Preglednica 4: Dimenzije za prehod z vertikalnimi režami (Pemič in Mikoš, 2008: str. 326).

Rečna favna	lipan, podust, mrena, ploščič		jeseter
	potočna postrv	sulec, soška postrv	
Širina reže [m]	0,15–0,17	0,30	0,60
Širina bazena [m]	1,2	1,80	3,00
Dolžina bazena [m]	1,9	2,75–3,00	5,00
Dolžina roba [m]	0,16	0,18	0,40
Zamaknjenost [m]	0,06–0,10	0,14	0,30
Širina odbojnega bloka [m]	0,16	0,40	0,84
Razlika gladin med bazeni [m]	0,20	0,20	0,20
Minimalna globina vode [m]	0,50	0,75	1,30
Zahtevani pretok vode [m ³ /s]	0,14–0,16	0,41	1,40

Zapiralno ribje dvigalo, prehod z zapornicami ali splavnice

Najprej se ribe s tokovi privabi skozi vhod v bazen, kjer se zbirajo v zadrževalnem območju, ki se nato zapre s pomočjo zapornice in napolni z vodo. Višina vode se izenači z nivojem gorvodne vode, kjer se zapornica dvigne in ribe lahko odplavajo. Ribja dvigala so uporabna, kadar primanjkuje prostora za izgradnjo ribje steze in pri premagovanju večjih višinskih razlik/in ko morajo ribe premagovati večje višinske razlike. Slabost ribjih zapornic je omejena kapaciteta zajema in prekinjanje delovanja. Pri ribjem dvigalu »ujemi in transportiraj« se ribe privabi v začetni bazenski tip ribje steze. Ujame se jih v lijak in mehansko transportira čez pregrado (Kolman in Mikoš, 2006).

Denil ribji prehod z reduciranimi elementi

Denil prehod je bil prvotno namenjen prehajanju atlantskega lososa, razvil pa ga je belgijski inženir Denil. Tokovi, ki nastanejo med lamelami, ki so nagnjene za 45° glede na dno kanala, povzročajo učinkovito disipacijo energije. Denil ribji prehod ima raven kanal in nagnjena, gorvodno usmerjena korita v obliki "U" in širine do enega metra. Hitrost vode se ob dnu odprtine zmanjša in s tem omogoči ribam prehajanje. Zaradi te hidravlične lastnosti je Denil ribji prehod uspešni sanacijski ukrep v bolj strmih strugah in na nefunkcionalnih ribjih stezah. Naklon kanala je 1 : 5 do 1 : 10. Material, ki se uporabi za gradnjo, so vezane plošče, jeklo, aluminij in beton. Ribji prehod je namenjen samo ribam z dobrimi plavalnimi sposobnostmi, kar pa je seveda slabost ribje steze, saj manjše ribe ali nekateri bentoški nevretenčarji ne morejo prehajati (FAO/DVWK, 2002).

Ribja steza za jegulje in jegulje mladice

Za prehajanje jegulj in njihovih mladice do sedaj naštetih prehodi niso uporabni. Jegulje uspešno prehajajo na hrapavem substratu ob majhnem pretoku in hitrosti vode. Običajno se kot substrat uporabijo veje, trsje, trava, umetne ščetine iz različnih materialov. Ribje steze za jegulje temeljijo na sposobnosti plezanja, plazenja jegulj in njihovih mladice. Lahko se kombinirajo z ribjimi dvigali, sistemom ujemi in transportiraj ali fizičnim premeščanjem (Kolman in Mikoš, 2006).

Ribji prehodi za prepuste

Prepusti se pojavljajo kot betonske cevi pod cestami ali drugimi objekti in so povezani z dvema vodnima telesoma. Z ustvarjenimi hidravličnimi pogoji za prehajanje vseh vrst rib in vodnih organizmov morajo posnemati naravni vodotok (Gorečan, 2011).

Prehodi za dolvodno prehajanje rib

Če ribe pri plavanju dolvodno naletijo na hidroelektrarno, jih lahko močan tok odnese proti turbinam. Smrtnost rib je lahko v tem primeru visoka in s tem populacija ribjih vrst ogrožena. Ribe lahko usmerjamo stran od močnega toka in turbin z mehanskimi ovirami, ki fizično preprečujejo ribam dostop do zajema (primer: žične ograje) ali z vedenjskimi ovirami (primer: »louvre« zaščite, zavese iz zračnih mehurčkov, električne in zvočne ovire, svetlobni efekti). Uporabi se lahko tudi obvodne

sisteme, t. i. Bypass-e (primer: površinski obvod, talni obvod, preliv jezov, ribje steze za dolvodne migracije) (Kroes in sod., 2006).

4.4 Ključni elementi pri dimenzioniranju ribjega prehoda

Pred načrtovanjem ribje steze je treba pridobiti biološke, fizične in hidrološke podatke in izvesti analize. Treba je opraviti analize določenih vrst rib, ki se na tistem odseku nahajajo, s čimer se opredeli smiselnost gradnje ribje steze. Na tej stopnji je zelo pomembno interdisciplinarno sodelovanje več področij (ekologija, hidrologija, gradbeništvo) za optimalno rešitev oziroma za dosego zadovoljive rešitve za vsa področja. Prehod mora biti konstruiran tako, da ga lahko preplavajo tudi najmanjše oziroma najšibkejše ribe znotraj vrst, ki se pojavljajo na odseku, kjer se načrtuje ribja steza. S tem je omogočena izmenjava genetskega materiala, ki je pomembna za razvoj in ohranjanje ribjih vrst. Od ribjih vrst in njihovih vedenjskih lastnosti so odvisne dimenzije objektov (npr. velikost bazenov, število bazenov, minimalno globino, stopnje med bazeni) in lokacija ribje steze. Vsaka ribja vrsta ima drugačno plavalno sposobnost in značilni vedenjski vzorec. Plavalna sposobnost rib pa je odvisna od hitrosti plavanja, oblike telesa, fizične pripravljenosti in dolžine telesa. Nekatere vrste rib so zelo občutljive na režim pretoka in njegove značilnosti: višinska razlika med bazeni, turbulenca, prisotnost vrtincev, premajhna oziroma prevelika hitrost vode itd. (cit. po Naglič in Juran, 2008). Rešitve morajo vključevati tako gorvodne kot dolvodne migracije.

Pomembni biološki in vedenjski podatki, ki jih je treba pridobiti za pravilno načrtovanje, so:

- podatki o ciljnih ribjih vrstah dolvodnega in gorvodnega migriranja, za katere se prehod načrtuje in določitev količine teh vrst,
- obdobja in način migriranja rib,
- plavalna sposobnost rib,
- zadrževalna mesta rib in globino plavanja,
- odziv rib na različne razmere v vodotoku in na svetlobne razmere (Kolman in Mikoš, 2006).

Zaščititi se mora vse vrste rib v vodotoku, predvsem avtohtone vrste z namenom vzdrževanja in ohranjanja genske kontinuitete vodotoka. Preučiti je treba geologijo in dostopnost območja, fizične značilnosti ovire na vodotoku in podatke o visokih vodah. Potrebno je tudi analiziranje obnašanje vode ob različnih pretokih in globinah in globine vode ob različnih pretokih. (Bates, 2000).

Glede na podatke se izbere rešitev za kombinirano (dolvodno in gorvodno) funkcionalnost ali pa objekte za dolvodno ali gorvodno migriranje.

Funkcionalnost ribjega prehoda mora biti zagotovljena skozi celo leto, saj ribe prehajajo v različnih letnih časih in je nujna primerna zaščita pred poškodbami tudi v zimskem času. Vendar je ob ekstremnih razmerah tehnično težko zagotoviti funkcionalnost (AG-FAH, 2012).

4.4.1 Ustrezna lokacija ribjega prehoda

Pri načrtovanju so zelo pomembne umestitve ribje steze, vhoda in izhoda. Ribe pri plavanju proti smeri glavnega toka do spodnje vode zaporne konstrukcije iščejo možnost za nadaljevanje poti. Ribja steza mora biti na enem od bregov, saj začnejo ribe iskati pot na obrežni strani oziroma tam, kjer je tok najmočnejši. Glede na zadrževalna mesta rib se določi optimalno lokacijo za postavitve ribje steze. Vhod mora biti postavljen v bližini ovire, kjer ni mrtvih con in ga ribe lahko zaznajo oziroma ne izgubijo orientacije. Ena od prednosti je tudi, da se lahko dno ribje steze lažje poveže z dnom struge (Pemič in Mikoš, 2008).

Možne postavitve ribjih stez (FAO/DVWK, 2002):

- v primeru hidroelektrarn na isti strani kot strojnica HE;
- pri diagonalno postavljenih jezovih in pregradah čez vodotok mora biti steza ob zgornjem robu, ribe se večinoma zadržujejo na zgornjem robu;
- priporočljivo je zgraditi ribji prehod na strani elektrarne in ob bregu na jezu, kar pa je zelo redko, saj je to zelo draga izvedba.

4.4.2 Vhod za ribe oziroma iztok vode iz ribjega prehoda

Učinkovitost ribjega prehoda je v veliki meri odvisna od pravilne lokacije ribjega prehoda. Dva najpomembnejša elementa za funkcionalnost in zaznavanje ribje steze sta pravilno dimenzioniran vhod in prehod. Pomembno je, da ribe pri plavanju do ovire zaznajo vhod oziroma iztok vode iz ribje steze. To uredimo z ustrezno močnim iztokom vode, ki ga ribe zaznajo in jih usmerja k prehajanju skozi prehod, torej dovolj močan privlačnostni tok. Lokacija vhoda je optimalna tam, kjer se ribe zbirajo pred oviro, največkrat takoj pod pregrado ali na eni od brežin (Ruprecht, 2013).

Ustrezni pogoji za privabljanje rib v vhod ribjega prehoda (Ruprecht, 2013):

- optimalna lega vhoda v ribji prehod glede na prečno konstrukcijo in pretok,
- po možnosti vzporeden vhod, s tem za organizme ni spremembe potovalne smeri,
- ustrezno dovajanje toka glede na velikost pretoka,
- ustrezne karakteristike vodnega toka za privabljanje rib k prehajanju, najprimernejša hitrost vodnega toka je od 0,5 m/s do 2 m/s.

Problem nastane ob nizkih vodostajih, ko na vhodu ni zadostnega oziroma privlačnostnega pretoka in ribe ne morejo prehajati. Dlje kot curek potuje dolvodno, bolj učinkovito je privabljanje rib. Da lahko preko ribjega prehoda prehajajo tudi najšibkejši vodni organizmi, se zgradi podvodna klančina z

maksimalnim naklonom 1 : 2 (FAO/DVWK, 2002). V primeru, da z ribjo stezo ne dosežemo ekološko sprejemljivega pretoka (Q_{es}), se izvede dodatni vod, s katerim je zgornja voda dovedena neposredno v področje iztoka ribjega prehoda (cit. po Gorečan, 2011). Dodatni tok zagotovi in okrepi tok za privabljanje rib, vzdržuje želen tok in hitrost v kanalu ribjega prehoda. Za privabljanje rib pa je znano tudi dovajanje kisika v vodo z difuzerji, ki se pritrdijo na stene ali na dno ribjega prehoda ali razni mehanski in električni pripomočki. V kolikor teče čez vhodni del prehoda nizek pretok, potem mora biti vhod postavljen pravokotno na strugo, da se poveča učinek curka čim dlje v strugo. Pri visokih pretokih se vhodni del postavi pod kotom 30° (cit. po Kolman in Mikoš, 2006).

4.4.3 Izhod za ribe oziroma vtok vode v ribji prehod

Izhod za ribe oziroma vtok vode iz ribjega prehoda mora biti nameščen ob obrežni liniji vsaj 5 m od vtoka vode v turbino, da ribe vodi naprej gorvodno. Pri izhodu iz ribjega prehoda je treba upoštevati (FAO/DVWK, 2002):

- nihanje višine vode,
- primerno lego izhoda, vsaj 5 m od dotoka k rešetkam ali turbini,
- zaščito izhoda pred nanosom naplavin,
- dno izhoda ribjega prehoda se mora prilagajati dnu vodotoka, to uredimo s podvodno klančino.

Preiskave pa so pokazale, da je rešetke na izhodu najbolje postaviti pod kotom 45° , kjer se ustvari najbolj učinkovit vodni tok. Na izhodu se lahko namestijo tudi merilni instrumenti in pasti za prestrezanje, s katerimi se spremlja funkcionalnost ribjega prehoda, število rib, ki prehajajo skozi prehod, in preverja, če so potrebne izboljšave (Kolman in Mikoš, 2006).

4.4.4 Prehajanje v ribjem prehodu

Zagotovitev prehajanja vodnih organizmov v prehodu je odvisno od (Ruprecht, 2013):

- dimenzije ribjega prehoda,
- toka vode in pretoka v ribjem prehodu,
- ustrezne dimenzije bazenov in število le-teh,
- volumetrična izguba moči v ribjem prehodu ne sme preseči 150 W/m^3 do 200 W/m^3 ,
- ustrezno oblikovano dno in koeficient hrapavosti v prehodu,
- naklon ribjega prehoda.

Hidravlični pogoji v ribjem prehodu

Bistven element za prehajanje rib v samem ribjem prehodu je pretok, ki vodi ribe iz najnižje točke prehoda v najvišjo in s tem do izhoda naprej v strugo. Pretok vode se glede na tip ribjega prehoda spreminja, glede na dosedanje raziskave, izkušnje in meritve je nekako že določen, kar bom prikazala v naslednjih tabelah. Tok mora biti ustrezen za vse vrste rib, ki prehajajo na določenem območju. Pri deročem toku manjše ribe in mladice ne morejo prehajati. Po dosedanjih meritvah naj hitrost vodnega toka v ribjem prehodu ne bi presegala 2,0 m/s, zato so potrebni bazeni za uravnavanje hitrosti toka. Maksimalna hitrost toka $v_{\max} = 2,0$ m/s je odvisna od razlike gladin med bazeni in ne sme presegati 0,2 m. Volumetrična izguba moči v koritu ne sme preseči 150 W/m^3 do v nekaterih primerih tudi 200 W/m^3 , moč pa se razlikuje glede na tip rečnega odseka (FAO/DVWK, 2002).

Naklon v ribjem prehodu

Naklon dna v ribjem prehodu je odvisen od tipa rečnega odseka, vrednosti so prikazane v preglednici 5. Maksimalni naklon v sonaravnih konstrukcijah je določen z $I_{\max} = 1,5 \%$, za tehnične ribje prehode pa je lahko večji, od 1 : 5 do 1 : 10 (AG-FAH, 2012).

Dimenzije bazenov v ribjem prehodu

Zasnova dimenzioniranja ribjega prehoda in bazenov temelji izključno na plavalnih sposobnostih rib in njihovih velikosti. Pomembni so podatki o dimenzijah največjih telesnih velikosti ribjih vrst, ki se lahko pojavijo na tem odseku, za zagotovitev ustreznega, neturbulentnega vodnega toka in globine vode za prehajanje rib selivk in organizmov v 1. letu spolne zrelosti. Dimenzionirati se mora vsaj za sedem vrst rib, ki se lahko pojavijo na tem odseku. Bazeni so namenjeni počivanju rib med premagovanjem ovire. Bazeni morajo biti zgrajeni vsaj na vsake 2 m višinske razlike. Dolžina bazena vpliva na celoten kanal in na volumetrično izgubo moči. Ribe v posameznih bazenih plavajo z normalno hitrostjo, pri prehajanju čez ovire pa s pospešeno hitrostjo, zato so potrebni bazeni za počivanje. Riba mora preplavati ribji prehod brez poškodb in stresa. Gostota disipacije oziroma volumetrična izguba moči v bazenih ne sme presegati 50 W/m^3 (Gorečan, 2011).

Dno v ribjem prehodu

Grob material na dnu ribjega prehoda zmanjša pretok in omogoči prehajanje manjših in šibkejših vodnih organizmov. Najbolj naravno je dno, ki je odvzeto iz vodotoka in iz različnih granulacij, na katerih je ribji prehod. Določena je debelina grobega dna 0,2 m do 0,4 m. Dno mora biti grobo tudi na izhodu iz ribjega prehoda, prav tako med režami in odprtini, kjer se zaradi hrapavosti zmanjša hitrost. Pri prehodih z vertikalnimi režami mora biti 0,1–0,2 m grobega substrata, srednja velikost zrn mora biti $d_{50} = 50$ mm (AG-FAH, 2012).

5 RIBJA STEZA NA AMBROŽEVEM TRGU IN PREHAJANJE RIB

5.1 Reka Ljubljanica in projekt Ljubljanica povezuje

Reka Ljubljanica je tipična kraška reka ponikalnica in znana kot reka sedmerih imen. Izvira na več mestih v okolici Vrhnike in je dolga 41 km, gostota rečne mreže je 0,98 km/km². Ljubljanica je vodnata reka, saj zbira vodo s površine pribl. 1890 km² (podatek je približen zaradi ne povsem poznane kraške razvodnice). Od izvirov teče reka preko Ljubljanskega barja s počasnim in umirjenim tokom skozi Ljubljano in nato po južnem obrobju Ljubljanskega polja kot desni pritok do izliva v reko Savo. Ljubljanico oblikuje nekaj večjih pritokov, kot so Podlipščica, Borovniščica, Iška, Zidarjev graben, Iščica z Želimeljščico in Gradaščica, ki ji dajejo tudi hudourniški značaj (Brilly in sod., 2013). Gladino vode uravnava zapornica na Gruberjevem prekopu (zgrajena leta 1912) in zapornica na Ambroževem trgu (zgrajena leta 1955), saj je tok Ljubljanice zelo spremenljiv. Od leta 1995 je določena kota gladine na Ambroževem trgu 285,60 cm n. v. Dolvodno od zapornic sta postavljena še dva jezova, prvi je v Vevčah in drugi ob Elektrarni Fužine. Na Ljubljanici je nekdanje delovalo več vodomernih postaj, ki so se pozneje obnovile, posodobile, dogradile, nekatere pa so bile ukinjene. Povprečni letni pretok Ljubljanice na Vrhniki je 24,5 m³/s, v Ljubljani pa 55,4 m³/s (Moste). Na Ljubljanici so aktivne hidrološke postaje Moste v Ljubljani (od leta 1952), Vrhnika (od leta 1961) in Kamin (od leta 1954), ki merijo gladine (pretoke) in temperaturo vode (ARSO, 2015).

Projekt Ljubljanica povezuje (angl. Ljubljanica connects) – obnovitev koridorja Ljubljanice in izboljšanje rečnega vodnega režima se je začel izvajati s prvim januarjem leta 2012, njegov namen je izboljšanje ekološke funkcije degradiranega območja in izboljšanje življenjskih pogojev ogroženih vrst rib v Ljubljanici. Projekt, ki ga v okviru LIFE+Nature & Biodiversity 2000 sofinancira Evropska komisija, bo povezal dva območja Nature 2000: gorvodno območje Ljubljansko barje in območje Sava–Medvode–Kresnice. S povezavo območij bi se povezale populacije ribjih vrst, to je posebej pomembno za ogrožene ribje vrste. Nosilec projekta je Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, kot partnerja sodelujeta pri projektu še podjetje Geateh d. o. o. in Purgator d. o. o. Eden od ciljev projekta je z enostavnimi obnovitvenimi ukrepi zadostiti pogojem Okvirne direktive o vodah. Ukrepi bodo obsegali:

- rekonstrukcija drče v Zalogu (na sliki 3 označeno s točko C1),
- obnova ribje steze na Fužinskem jezcu (na sliki 3 označeno s točko C2a),
- obnova in izboljšava zapornice na Ambroževem trgu (na sliki 3 označeno s točko C3),
- obnova ribje steze na zapornici na Ambroževem trgu (na sliki 3 označeno s točko C2b) (Brilly in sod., 2013).

Za izboljšanje razmer v sušnem obdobju se bo zatesnil vodni prag pred železniškim mostom v Zalogu, ki bo preprečil nižanje vode. Dvig vode bo olajšal migracijo rib in ohranjal habitate tudi v sušnem obdobju. Nadzor vodne gladine je pogojen z ohranjanjem biotske raznovrstnosti v vodotoku. Na Fužinskem jezcu je trenutno obnova ribje steze v delu in bo kmalu obnovljena. Na Ambroževem trgu pa so jo pred kratkim obnovili. Ribja steza na Ambroževem trgu in prehajanje rib. Obnovev zapornice z namestitvijo regulacijske zaklopke bo omogočala boljši nadzor reguliranja vodostajev vode v Ljubljani, kar je bistvenega pomena, saj je režim reke Ljubljance izključno odvisen od delovanja zapornice. S tem se bo povečal tudi vnos kisika v vodo, kar je za ribe zelo pomembno. Prvotni cilj obnove zapornice je ohranjanje ribjih vrst, poleg tega pa še izboljšanje vodnega režima, ki vpliva na dejavnosti ribištva, turistične plovbe, kanalizacijske sisteme, kmetijstvo in tudi na infrastrukturo Ljubljanskega barja. Za zagotovitev optimalnega delovanja zapornice se bo v času projekta izdelal tudi nov hidrološko-hidravlični model reke Ljubljance (Brilly in sod., 2013).



Slika 3: Območja, na katerih se izvajajo ohranitveno-obnovitvena dela pri projektu Ljubljana povezuje (Brilly in sod., 2013)

5.2 Opis in namen ribje steze na Ambroževem trgu

Zapornica na Ambroževem trgu je bila postavljena v obdobju med letoma 1939 in 1944 za potrebe vzdrževanja stalnega vodostaja reke Ljubljanice in je zgrajena tako, da ni videti mehaničnih sklopov za njeno dviganje in spuščanje ter ostalih tehničnih elementov. Skupaj z zapornico na Grubarjevem prekopu vzdržuje zajezen nivo gladine Ljubljanice gorvodno od zapornic. Zapornice se dvignejo, ko pretok preseže $120 \text{ m}^3/\text{s}$, to je pri nastopu visokih voda v porečju Ljubljanice. S tem je omogočen odtok po strugi. V Ljubljani živi veliko vrst rib, ki jim življenjski cikel prekinja zapornica na Ambroževem trgu. Za ta namen je zgrajena ribja steza, ki je vkopana za obrežnim opornikom jezua na desni strani brežine. Namenjena je migriranju rib pri zapornicah, da obidejo oviro na vodotoku. Funkcionalne ribje steze so nujno potrebne za ustrezne življenjske pogoje in ohranjanje habitatov rib in ostalih organizmov v vodotokih. Z neprehodnimi vodotoki je za ribe prekinjeno prehajanje in posledično zmanjšanje populacij, ker se ribe ne morejo drstiti, skriti pred plenilci ali prehranjevati. Ribja steza na Ambroževem trgu je v lasti Republike Slovenije, nosilec koncesije za upravljanje in vzdrževanje je Hidrotehnik, Vodnogospodarsko podjetje d.d. Ljubljana. Z objektom vodne infrastrukture upravlja Ministrstvo za okolje in prostor preko Agencije Republike Slovenije za okolje, Urada za upravljanje z vodami, Oddelka območja srednje Save (Kočar, 2014).



Slika 4: Zapornica in ribja steza (označena na sliki) na Ambroževem trgu (Kočar, 2014).

Ribja steza je klasičnega stopničastega tipa z režami in je ukrivljena. Prednost rež na kaskadah oziroma prekatih je prehajanje vodnih organizmov ne glede na nivo zgornje in spodnje vode. Bazenski tip ribjih stez je eden najstarejših tehničnih modelov. Bazene med seboj ločujejo prekati z režo,

izmenično na levi in desni strani. Ribjo stezo na Ambroževem trgu sestavljajo trije deli, vtočni del (gorvodno od zapornice), osrednji del (fiksni armiranobetonski kanal z bazeni, ki je širok 1,0 m, pomični del z gibljivim jeklenim žlebom) in iztočni del (dolvodno od zapornice). Z žlebom se je prvotno s pomočjo ročnega vretenskega pogona uravnavala višinska razlika med zgornjo in spodnjo vodo na zapornici s spreminjanjem nagiba, danes za to skrbi hidravlični pogon (dodano med letoma 2003 in 2005 med menjavo žleba) (Kočar, 2014). Jeklen nagibni žleb dimenzij 0,80 širine in 8,0 m dolžine s hidravličnim pogonom je zvarjen iz pločevine in valjanih profilov iz konstrukcijskega jekla:

- referentni nivo vode: 285,60 cm
- dimenzije prečničnega žleba: 0,8 m × 8,0 m
- dvižna sila: 80 kN
- hitrost dviganja in spuščanja: 0,3 m/min
- pogon zapornice: hidravlični
- instalirana moč: 1,1 kW (Rojnik, 2005).

Za primerno osvetljenost ribje steze so nameščeni trije vertikalni jaški, ki so zaščiteni s pohodnimi rešetkami, skozi katere lahko v notranjost steze dostopa pooblaščen osebje. Eden je na gorvodni in dva na dolvodni strani zapornice. Na izhodu iz ribje steze oziroma vtoku v ribjo stezo so nameščene jeklene palice. Rešetke, ki preprečujejo zamašitev ribje steze s plavinami, so bile postavljene pravokotno na smer vodnega toka. Upravljanje ribje steze je avtomatsko ali ročno, vrh žleba sledi določenemu nivoju vode 285,60 cm. Ob hidravličnem agregatu je postavljena elektrooprema oziroma elektroomarica s stikali za upravljanje (Kočar, 2014).

5.3 Evidenca ribjih vrst v Ljubljani

Novejših podatkov o vrstah rib v Ljubljani še ni. V reki Ljubljani od Podpeči do izliva v Savo živi 41 ribjih vrst, od tega je 32 domorodnih vrst (vključno s piškurjem) in 9 tujerodnih vrst iz 13 družin. 4 vrste so iz družine postrvi (*Salmonidae*), 23 iz družine krapovcev (*Cyprinidae*), 3 iz družine činkelj (*Cobitidae*), 2 iz družine pravih ostrižev (*Percidae*) in po ena prsta iz družin lipanov (*Thymallidae*), kapljev (*Cottidae*), ščuk (*Esocidae*), somov (*Siluridae*), rečnih babic (*Barbatulidae*), sončnih ostrižev (*Centrarchidae*), ameriških somičov (*Ictaluridae*), trsk (*Gadidae*) in obloustk (*Petromyzontidae*). V preglednici 5 so navedene vse vrste rib, evidentirane leta 2007 v reki Ljubljani (Povž, 2007).

Preglednica 5: Ribje vrste v Ljublanici (Povž, 2007).

Klasifikacija (družina):	SALMONIDNE VRSTE (5 VRST):	
	potočna zlatovčica	Salvenilus fontinalis
	potočna postrv	Salmo trutta m. fario
	sulec	Hucho hucho
	šarenka	Oncorhynchus mykiss
THYMALLIDAE	lipan	Thymallus thymallus
	CIPRIDNE VRSTE (35 VRST):	
	rdečeoka	Rutilus rutilus
	platnica	Rutilus virgo
	podust	Chondrostoma nasus
	klen	Squalius cephalus
	blistavec	Leuciscus souffia
	rdečerepka	Scardinius erythrophthalmus
	linj	Tinca tinca
	pisanka	Alburnoides bipunctatus
	globoček	Gobio obstusirostris
	mrena	Barbus barbus
	pohra	Barbus balcanicus
	zelenika	Alburnus alburnus
	pisanec	Phoxinus phoxinus
	ploščič	Abramis brama
	amur	Rhodeus sericeus
	koreselj	Carassius carassius
	srebrni koreselj	Carassius gibelio
	krap	Cyprinus carpio
	ogrica	Vimba vimba
	beli amur	Ctenopharyngodon idella
	pseudorazbora	Pseudorasbora parva
PERCIDAE	navadni ostriž	Perca fluviatilis
	smuč	Lucioperca lucioperca
COTTIDAE	kapelj	Cottus metae
SILURIDAE	som	Silurus glanis
ESOCIDAE	ščuka	Esox lucius
COBITIDAE	navadna nežica	Cobitis elongatoides
	činklja	Misgurnus fossilis
	zlata nežica	Sabanejewia balcanica
BARBATULIDAE	babica	Barbatula barbatula
GADIDAE	menek	Lota lota
CENTRARCHIDAE	sončni ostriž	Lepomis gibbosus
ICTALURIDAE	somič	Ameiurus sp.
	CYCLOSTOMATA	
PETROMYZONTIDAE	rečni piškur	Eudontomyzon mariae

Prva ihtiološka raziskava v sklopu projekta Ljubljana povezuje

Prva ihtiološka raziskava v sklopu projekta LIFE10 NAT/SI/000142 Ljubljana povezuje je bila izvedena 21. 10. 2014, izvajali so jo člani hrvaškega ihtiološkega društva ob sodelovanju ribiške družine Vevče, ki razpolaga z 2 km dolgim revirjem od Plečnikove zapornice na Ambroževem trgu do jezua v Vevčah. Temperatura vode v času lova je bila 15 °C, lovili so na sedmih točkah. Namen ihtiološke raziskave je bil uloviti in markirati ciljne ogrožene ribje vrste, ki jih projekt Ljubljana povezuje želi zaščititi in rešiti pred zmanjšanjem populacije, to so sulec, platnica in blistavec. Poleg ciljnih ogroženih vrst so v raziskavo vključili še podust, s katero se sulec prehranjuje in je tako pomembna za njegovo preživetje in preživetje mladic. Glede na število ulovljenih posameznih vrst rib so ribe označili z oznakami posamič, redko, pogosto, zelo pogosto in masovno z injiciranjem rdečega in rumenega barvila v podkožje za očesom ali v hrbtno plavut. Subjektivna ocena o stanju populacij ihtiološke raziskave je dobra, saj so na 2 km dolgem območju ulovili kar 6 sulcev, 14 platnic in 27 podusti. V izlovu je bilo popisanih 15 različnih vrst rib. Velikost sulca kaže na to, da se na tem območju uspešno razmnožuje. V času trajanja izlova ni bil ujet noben blistavec, razlogi za to so v neustreznem habitatu za to ribjo vrsto zaradi globine in počasi tekoče reke. Raziskavo bo treba po obnovitvenih ukrepih večkrat ponoviti, da se preveri, ali markirane ribe uspešno prehajajo po ribji stezi čez zapornico na Ambroževem trgu in na Fužinskem jezua (Brilly in sod., 2014).

5.3.1 Ciljne ribje vrste v projektu Ljubljana povezuje

Cilj projekta Ljubljana povezuje je obnovitev rečnega koridorja vodotoka in s tem izboljšati ogroženo habitatno povezanost, ki je bistvena za ohranjanje ribjih populacij (Brilly in sod., 2013). Do izliva v Savo je Ljubljana pregrajena z zapornicami na Ambroževem trgu in zapornicami na Gruberjevem kanalu pod Karlovškim mostom, pregrado v Fužinah (HE Fužine) in jezom pri papirnici Vevče (mHE) (MKO, 2012). Zapornice na Gruberjevem prekopu in jez pri papirnici Vevče nimajo zgrajenega ribjega prehoda, v Fužinah in na Ambroževem trgu sta bili do nedavnega nedelujoči. Obnovitev ribje steze na zapornici na Ambroževem trgu je bil eden od glavnih projektov ohranitveno-obnovitvenih ukrepov za ogrožene ciljne vrste rib, to so sulec *Hucho hucho*, platnica (*Rutilus pigus*) in blistavec (*Leuciscus souffia*). Vključno s temi tremi ciljnimi vrstami je Ljubljana življenjski prostor 26 avtohtonim ribjim vrstam, osem jih je vključenih v habitatno direktivo. Ostale vrste rib, ki so vključene v habitatno direktivo, so: ukrajinski potočni piškur (*Eudontomyzon mariae*), pohra (*Barbus meridionalis*), pezdirk (*Rhodeus sericeus amarus*), nežica (*Cobitis taenia*), glavač (*Cottus gobio*) (Brilly in sod., 2013).

5.3.1.1 Sulec (*Hucho hucho*)

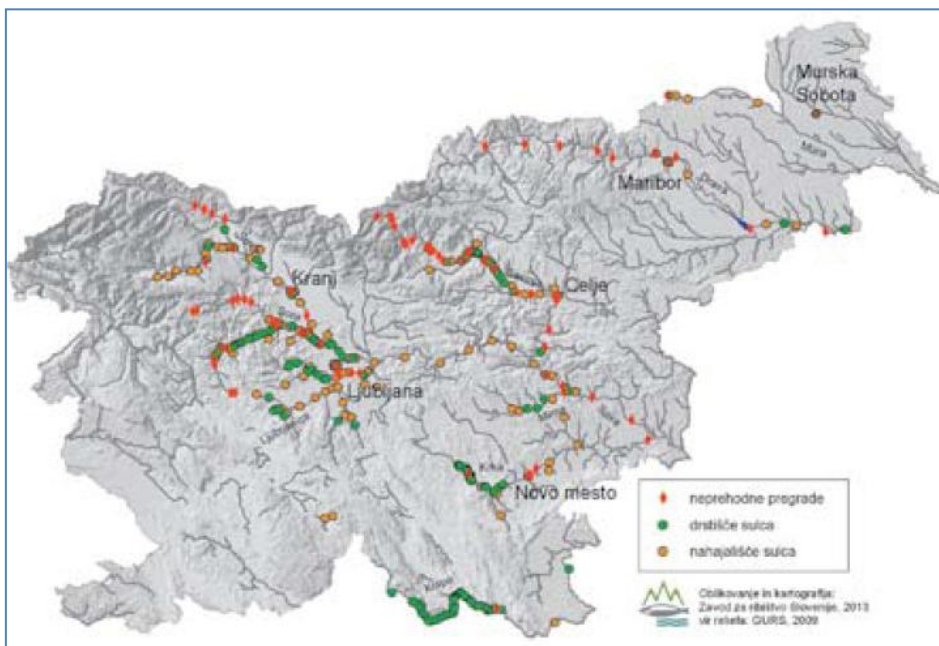
Sulec je reofilna, izključno sladkovodna ribja vrsta, ki redko zaide v jezera in akumulacije, živi v hitro tekočih in s kisikom bogatih vodah. Je endemit donavskega povodja, največji sladkovodni salmonid v Evropi in edini predstavnik rodu *Hucho* pri nas. Naseljuje vodotoke med postrvjim pasom in pasom lipana, kar je posledica posegov v vode. Nekdaj je poseljeval pas mreine, odkar se je zmanjšala populacija podusti (*Chondrostoma nasus*), ki je zanj glavna hrana, ga tam ne najdemo več. Možnost migracij za sulce je življenjskega pomena, saj iščejo ustrezne razmere za drst, preplavajo pa od 10 do 25 km. Drstenje poteka podnevi v vodi s temperaturo od 5 do 10 °C (Povž, 2004).

Največja problematika so tehnični posegi v vodotoke, zaradi katerih se zmanjšujejo populacije ribjih vrst in s tem je tudi hrane za sulca manj. V Sloveniji je le še nekaj odsekov, kjer lahko sulec prosto prehaja. Ogrožen je zaradi uničenja populacij rib, s katerimi se hrani. Posledica upada je tudi, da je sulec zadnji v prehranjevalni verigi, kar pomeni večjo verjetnost zastrupitve. Ogrožal ga je tudi prepogosti ulov v preteklosti in sulec dejansko v biotopu nikoli ni dosegel velike številčnosti (Žaberl, 2014).

Sulec naseljuje hitro tekoče reke z globokimi tolmoni in dnom, pokritim z majhnim prodom. Ustreza mu voda z veliko vsebnostjo kisika (vsebnost kisika nad 8,5 mg/l) in temperatura vode, ki ne preseže 20 °C. Ustrezen naklon struge je od 2 do 8 % (Zabrc, 2013).

Po podatkih iz zgodovine je bil sulec nekdan pogost v vseh rekah donavskega povodja. Zaradi intenzivne industrializacije, regulacij, posledičnega onesnaževanja voda so se marsikje prekinile selitvene poti in povzročile upadanje velikosti populacij v vseh večjih rekah po Evropi. Sulec je nekdan naseljeval 11.126 km vodotokov, sedaj se pojavlja le še na 27,5 % /prvotnega območja (Povž, 2004).

V Sloveniji je sulec naseljeval porečja Save, Drave in Mure. Danes je sulec najštevilčnejši v porečju Save, v Muri je popolnoma izginil, drastično pa se je zmanjšalo tudi število v porečju Drave. Glede na ulov je populacija sulca največja na območju Save od Medvod do Kresnic ter v njenih pritokih: Poljanska Sora od Hotavelj do sotočja Poljanske in Selške Sore, Ljubljana od sotočja Male in Velike Ljubljane do zapornic pri Ambroževem trgu, Savinja od Grušoveljskega jezua do Letuškega jezua, Krka od Žužemberga do Mršeče vasi in Kolpa od sotočja s Čabranko do Slavskega laza (cit. po Zabrc, 2013).



Slika 5: Nahajališče sulca v Sloveniji (Zabrc, 2013).

Nahajališča sulca v Sloveniji so označena z oranžnimi oznakami. Rdeče oznake kažejo na neprehodne pregrade na vodotokih, kjer sulec ne more prehajati, zelene oznake nakazujejo drstišča sulca (Zabrc, 2013).

Populacije sulca so tako v Sloveniji kot tudi po Evropi zaradi nesonaravnih posegov v vodotoke in njihov areal na robu preživetja. Ker je zelo ogrožena vrsta, ki potrebuje habitatno varstvo, je v Sloveniji zavarovan z uredbo in določenimi pravili:

- Uredba o ribjih vrstah, ki so predmet ribolova v celinskih vodah (Uradni list RS, št. 46/2007), kjer je sulec uvrščen v skupino A (domorodne ribe črnomskega povodja).
- Uredba o zavarovanju prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS št. 46/04, 109/04, 84/05, 115/2007, 96/2008, 36/2009, 102/2011) uvršča sulca v Poglavlje A priloge 2, kjer so navedene domorodne živalske vrste na območju Republike Slovenije, za katere so določeni ukrepi varstva habitatov in smernice za ohranitev ugodnega stanja njihovih habitatov. Uvrščen je tudi v Poglavlje A priloge 6, kjer so določene živalske vrste, ki so predmet odgovornosti za preprečevanje oziroma sanacijo okoljske škode, v skladu s predpisi o varstvu okolja. Sulec ima oznako H, kar pomeni, da je tudi njegov habitat predmet okoljske odgovornosti.
- Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS št. 82/02, 42/2010), in sicer v kategorijo prizadetih vrst (E), kar pomeni, da obstanek ni mogoč, če bodo negativni dejavniki, ki ogrožajo to vrsto, še naprej delovali.

- Pravilnik o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah (Uradni list RS 99/07), kjer je določena najmanjša ribolovna mera (70 cm), varstvena doba sulca (15. 2. do 30. 9.) (Povž, 2004).

5.3.1.2 Blistavec (*Telestes souffia*)

Blistavec ima status domorodne vrste v jadranskem povodju in donavskem porečju. Je najmanjši predstavnik rodu *Leuciscus* v Sloveniji, zraste od 15 do največ 25 cm. Za blistavca ni registriranih drstišč, ker ni lovna vrsta, potencialna drstišča pa so na drstiščih reofilnih cipridnih vrst. Drsti se od marca do maja na plitvih drčah s hitrim vodnim tokom, kjer temperatura ne preseže 12 °C (Brilly in sod., 2013).

V Sloveniji njegov obstoj najbolj ogrožajo negativni posegi v vodotoke, ki zmanjšujejo število ustreznih drstišč in lokacij prehranjevanja. Blistavec je zavarovan z uredbo in pravilnikom:

- Uredba o zavarovanju prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS št. 46/04, 109/04, 84/05, 115/2007, 96/2008, 36/2009, 102/2011) uvršča blistavca Poglavlje A priloge 1 (v seznam živalskih vrst, katere živali so zavarovane) in v Poglavlje A priloge 2 med domorodne živalske vrste na območju Republike Slovenije, za katere so določeni ukrepi varstva habitatov in smernice za ohranitev ugodnega stanja njihovih habitatov. Uvrščen je tudi v Poglavlje A priloge 6, kjer so določene živalske vrste, ki so predmet odgovornosti za preprečevanje oziroma sanacijo okoljske škode, v skladu s predpisi o varstvu okolja. Blistavec ima oznako H, kar pomeni, da je tudi njegov habitat predmet okoljske odgovornosti.
- Uvrščen je v Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS št. 82/02, 42/2010), in sicer v kategorijo prizadetih vrst (E), kar pomeni, da obstanek ni mogoč, če bodo negativni dejavniki, ki ogrožajo to vrsto, še naprej delovali.

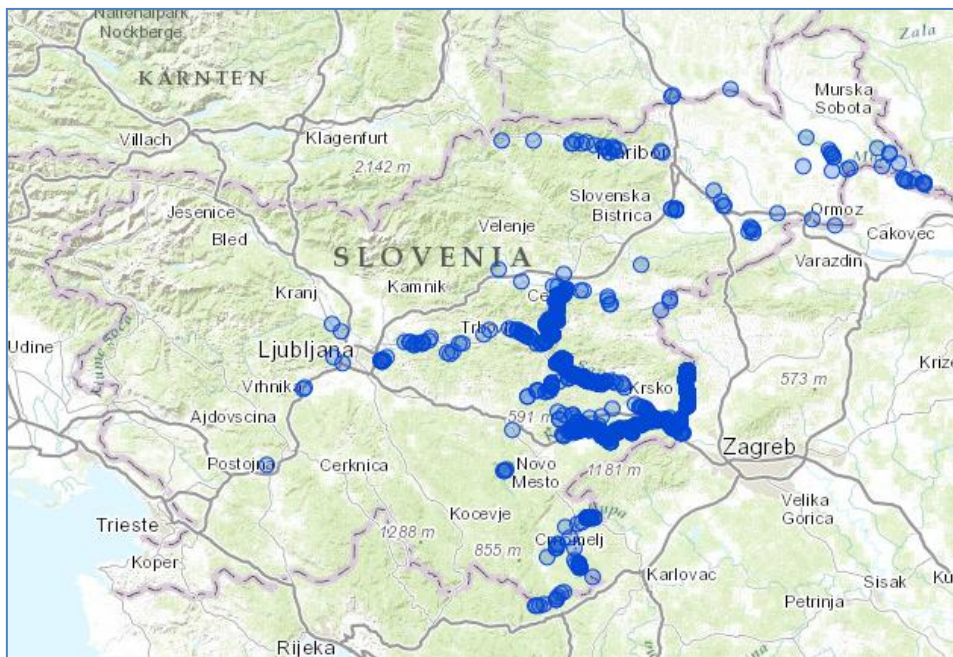


Slika 6: Blistavec na območju avtohtonosti (Zavod za ribištvo Slovenije, 2015).

5.3.1.3 Platnica (*Rutilus virgo*)

Platnica je endemit donavskega porečja, zadržuje se v močnem toku pod jezovi in rečnimi pragovi, ustreza ji kamnito dno. Je reofilna vrsta. V Sloveniji poseljuje Savo, Muro, Krko, Ljubljanico s pritoki in spodnji tok Drave. Najbolj številčna je v Ljubljani. Negativni posegi v vodotok uničujejo dristišča platnice, ki se drsti v bolj zaraščenih in prodnatih predelih. Črpanje gramoza iz strug zmanjšuje območja ustreznih dristišč. Varstveni cilji platnice so (Brilly in sod., 2013).

- Uredba o zavarovanju prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS št. 46/04, 109/04, 84/05, 115/2007, 96/2008, 36/2009, 102/2011) uvršča platnico v Poglavlje A priloge 1 (v seznam živalskih vrst, katere živali so zavarovane) in v Poglavlje A priloge 2 med domorodne živalske vrste na območju Republike Slovenije, za katere so določeni ukrepi varstva habitatov in smernice za ohranitev ugodnega stanja njihovih habitatov. Uvrščena je tudi v Poglavlje A priloge 6, kjer so določene živalske vrste, ki so predmet odgovornosti za preprečevanje oziroma sanacijo okoljske škode, v skladu s predpisi o varstvu okolja. Platnica ima oznako H, kar pomeni, da je tudi njen habitat predmet okoljske odgovornosti.
- Uvrščena je v Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS št. 82/02, 42/2010), in sicer v kategorijo prizadetih vrst (E), kar pomeni, da obstanek ni mogoč, če bodo negativni dejavniki, ki ogrožajo to vrsto, še naprej delovali.



Slika 7: Najdba platnice (Zavod za ribištvo Slovenije, 2015).

5.3.2 Hidrološka opazovanja

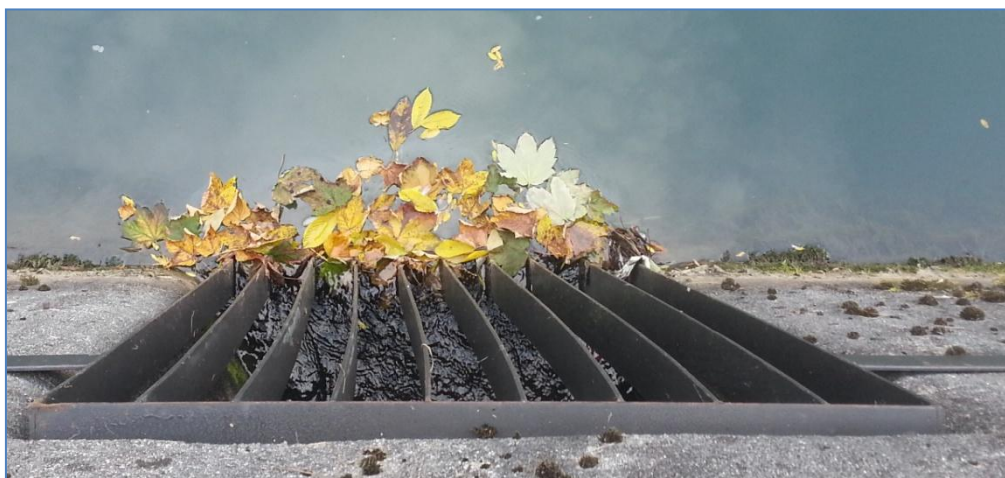
Na Ljubljani je postavljenih 17 hidrometričnih mest, ki delujejo v sklopu projekta Ljubljana povezuje. Gre za merjenje pretoka, nasičenosti vode s kisikom, temperature vode in tlaka, iz katerega lahko izračunamo vodostaj. S temperaturo vode se preverja medsebojen vpliv podtalne in rečne vode. Z vsebnostjo kisika se oceni ustrezno vodno okolje za različne ribje vrste. Hidrološki model, ki se bo oblikoval s pomočjo merjenja gladin, bo zagotavljal optimalne življenjske pogoje na rečnem koridorju Ljubljane. Model bo služil za neprekinjeno kontrolo in uravnavanje gladine na reki Ljubljani. Pri zapornici na Ambroževem trgu sta dva merilnika (gor- in dolvodno od zapornice), ki merita vsebnost raztopljenega kisika v vodotoku. Poleg omogočenega prehajanja preko ovir je za preživetje ribjih populacij pomembna tudi količina raztopljenega kisika. Količina kisika v vodi je odvisna od temperature vode, turbulence, zračnega tlaka, vodnega toka, globine vode, slanosti in od vodnih organizmov (Brilly in sod., 2013).

Podatki iz let 2013 in 2014 kažejo, da je povprečna koncentracija raztopljenega kisika dolvodno od zapornic višja kakor gorvodno (pred zapornico). Analiza kaže, da je poleti in v sušnih obdobjih, ko so zapornice spuščene, večja razlika v koncentracijah raztopljenega kisika zaradi ustvarjanja preliva dolvodno od zapornic, kjer voda pada. Merilca za merjenje vodostaja in merjenje koncentracije raztopljenega kisika v vodi poleg tega merita še temperaturo vode. Za temperaturo vode je ugotovljeno, da se z nižanjem temperature vsebina raztopljenega kisika v vodi viša in z višanjem temperature vsebnost koncentracije kisika pada. Tako je v zimskem času vsebnost kisika večja kot v poletnem času. V dosedanjih meritvah je bilo ugotovljeno, da Ljubljana na tem odseku vsebuje zadosti raztopljenega kisika za preživetje ciljnih ribjih populacij, ki so zaščitene z rdečim seznamom (sulec, platnica in blistavec). Meritve se bodo izvajale tudi v prihodnje (Brilly in sod., 2015).

5.4 Funkcionalnost in problematika ribje steze na Ambroževem trgu

Ribja steza pred obnovo ni bila funkcionalna in ribe so lahko na zapornici prehajale le v času naraslih vod, ko se je zapornica delno ali v celoti dvignila. Takoj po izgradnji zapornice in začetku obratovanja so projektirani nivo zaježitve spustili na 2,10 m in ribja steza je postala nefunkcionalna. Leta 2005 naj bi med sanacijo spet vzpostavili funkcionalnost steze, vendar naj bi ribe in drugi vodni organizmi raje prehajali kar pod samo zapornico, kjer na pragu zapornic ni dobrega tesnjenja. Zato je bila nujno potrebna sanacija ribje steze. Prav tako je potrebna obnova in izboljšanje zapornice. Pri prehajanju rib so se pojavljale še naslednje težave (Grajš, 2013):

- Na izhodu iz ribje steze oziroma vtoku vode v stezo so se na vertikalno oziroma pravokotno na smer vodnega toka postavljenih rešetkah nabirale plavine, ki so mašile vtočno odprtino in preprečevale ribam plavanje gorvodno. Tako so lahko ribe zaplavale v ribjo stezo, onemogočeno pa jim je bilo prehajanje iz nje. Osnovna naloga rešetk je preprečevanje plavin v ribji stezi, vendar je bilo v tem primeru ravno nasprotno. Potrebno bi bilo vsakodnevno odstranjevanje naplavin. Rešitev so rešetke pod kotom 45°, še boljši pa je deflektor plavin, ki ima poleg odstranjevanja plavin še druge funkcije.



Slika 8: Mašenje vtoka vode v ribjo stezo.

- Na dnu, takoj za iztokom iz nagibnega žleba, se je nahajala visoka stopnja 45 cm, ki je ribe niso mogle preskočiti in nadaljevati pot iz bazenskega dela v del z nagibnim žlebom. Hitrost vode na tem delu je bila preveč povečana in neustrezna za določene ribe, sploh za ciljne ogrožene in manjše ribe. Voda se je penila, nastajale so turbulence in hitrost vode je bila previsoka. Nekatere večje ribe so jo seveda lahko preskočile, ampak za manjše in šibkejše ribe je bilo to nemogoče.



Slika 9: Stopnja v ribji stezi.

- Ko je bil vodostaj ob sušnih obdobjih na dolvodnem odseku struge nizek, vodna gladina ni segala do spodnjega roba vhoda v ribjo stezo in je ribam onemogočala prehajanje, ker prehoda niso zaznale. Za zaznavanje vhoda je potreben zadosten privlačnostni tok vode, ki privablja ribe v notranjost steze. Rešitev je dodatni privlačnostni tok, ki ga ribe lahko zaznajo.
- Vtoka vode v ribjo stezo ni bilo mogoče zapreti in v tem primeru se obnovitvena in vzdrževalna dela niso mogla opraviti. Dostop je bil sicer možen preko jaškov, ki so namenjeni osvetljevanju notranjosti, vendar dela v suhem niso bila možna.

5.5 Prejšnja ureditev steze med letoma 2003 in 2005

Med letoma 2003 in 2005 je bila izvedena sanacija na zapornici na Ambroževem trgu in hkrati tudi sanacija jaška gibljivega dela v ribji stezi. Armiranobetonska konstrukcija ribje steze in leva stran jaška v smeri toka Ljubljanice sta bila popolnoma dotrajana in deformirana z razpokami tudi do 10 cm. Da bi lahko v ribjo stezo montirali novo izdelan žleb s hidravličnim pogonom, je bilo treba popolnoma obnoviti gradbeni del steze zaradi neenakomernih dimenzij. Pred sanacijo je bilo treba zatesniti vhod, vtok vode v ribjo stezo, kar je tudi ena od težav ribje steze pri vzdrževalnih in remontnih delih ter pregledih le-te. Porušili so deformirano betonsko steno na vodni strani jaška (t. i. vodno steno) in jo nadomestili s steno v debelini 0,30 m iz armiranega vodotesnega betona. Zato dodatna hidroizolacija med sanacijo ni bila potrebna. Med sanacijo pa se je delno porušilo tudi dno, ki so ga nadomestili z armiranim betonom MB 30, prilagojenim dnu ribje steze. Novi dotrajani venec (krona) in preklada sta bila izvedena iz MB 30 in armirana z mrežno armaturo MA 50/56–Q785 in gladko armaturo GA 24/36, obnovljena pa je bila tudi neravna zaledna stena. Po tej sanaciji med letoma 2003 in 2005 je bila ribja steza še vedno deloma nefunkcionalna, visoka stopnja v stezi in rešetke na vtoku vode so še vedno predstavljale problem za prehajanje rib (Rojnik, 2005).

5.6 Postopki obnove ribje steze

Rekonstrukcija oziroma obnova ribje steze na zapornici na Ambroževem trgu na Mestni Ljubljani je bil eden glavnih del ohranitveno-obnovitvenih ukrepov projekta Ljubljana povezuje – Obnovitev koridorja Ljubljane in izboljšanje rečnega vodnega režima. V Ljubljani pri zapornici dolvodno je bilo opaziti veliko rib, ki na žalost niso mogle prehajati preko ovire na vodotoku in njihova migracijska pot se je tukaj zaključila. Posebno za manjše in šibkejše ribe, ki niso mogle preskočiti visoke stopnje v ribji stezi ali prehajati pri zapornici. Večje ribe so lahko prehajale samo pri visokih vodah pod zapornico, kjer ni popolnoma zatesnjen prag (Brilly in sod., 2015).

5.6.1 Sanacija iztoka vode iz ribje steze na dolvodni strani

Pri načrtovanju ribje steze je najbolj pomembna izbira ustrezne lokacije ribje steze in s tem tudi umestitev ustreznega vhoda in izhoda za ribe. Ribe pri plavanju v smeri glavnega toka iščejo možnost za nadaljevanje poti, ko naletijo na oviro, kot je v tem primeru zapornica na Ambroževem trgu. Zato je idealna lokacija za ribjo stezo na enem od bregov, saj začnejo ribe iskati pot na obrežni strani, kjer je tok najmočnejši. Ribja steza na Ambroževem trgu je zgrajena na desnem bregu struge, za obrežnim opornikom jezua. Pomembno je, da lahko ribe zaznajo vhod oziroma iztok vode iz ribje steze. To se uredi z ustrezno močnim iztokom vode, ki ga ribe zaznajo in jih privablja v notranjost ribje steze. Pri nizkih vodostajih, kjer je iztok vode prešibek, se namesti dodatni vod (natega), ki povečuje privlačnostni tok, da ga ribe lahko zaznajo. Na ribji stezi na Ambroževem trgu so na betonsko steno na vodni strani ribje steze namestili vodovodno cev PE 80 za izdatnejši in hitrejši dotok vode oziroma privlačnostni tok (natega). Vodovodna cev poteka od zaježitvenega bazena na gorvodni strani nove zajezne stene do vhoda za ribe oziroma iztoka vode iz ribje steze. Namen vodovodne cevi je privabiti večje število rib k prehajanju. Da se prepreči vnos plavin v vtočni del cevi, ki bi jo zamašile, je ta obrnjen navzdol z 90° PP kolenom. V cevi je nameščen navojni krogelni zasun, ki je iz nerjavečega jekla (DN 100), s katerim se regulira pretok skozi cev. Ker je vhod zgrajen skoraj vzporedno z vodotokom, za ribe ni večjih sprememb smeri pri prehajanju skozi ribji prehod. Pred iztokom je vgrajen tudi vertikalni jašek za osvetljevanje, ki je zaščiten s pohodnimi rešetkami (Kočar, 2014).



Slika 10: Natega za močnejši iztok vode iz ribje steze (Brilly in sod., 2015).

5.6.2 Sanacija vtoka vode v ribjo stezo na gorvodni strani

V poglavju 5.4 smo opisali problematiko na vtoku v ribjo stezo, kjer rešetke niso opravljale svoje funkcije, torej preprečevale mašenje vtoka in nabiranja plavin. Pred rešetkami so se nabirale plavine in mašile izhod za ribe. Na vtoku v ribjo stezo je vertikalne rešetke, postavljene pravokotno na smer vodnega toka, nadomestil demontažni deflektor plavin, ki je nameščen v vodilih, pritrjenih na obrežni zid. Namen deflektorja je tudi vzdrževanje vtoka vode in izvajanje monitoringa ribje steze. Pravokotno nameščene rešetke bi lahko zamenjale tudi rešetke pod kotom 45° , ki so prav tako učinkovite, vendar je deflektor plavin v tem primeru boljši, saj omogoča dostop v notranjost ribje steze na vtoku. Višinsko nastavljiva kaskada na začetku pa omogoča reguliranje pretoka v ribji stezi (Kočar 2014).



Slika 11: Deflektor na vtoku v ribjo stezo (Brilly in sod., 2015).



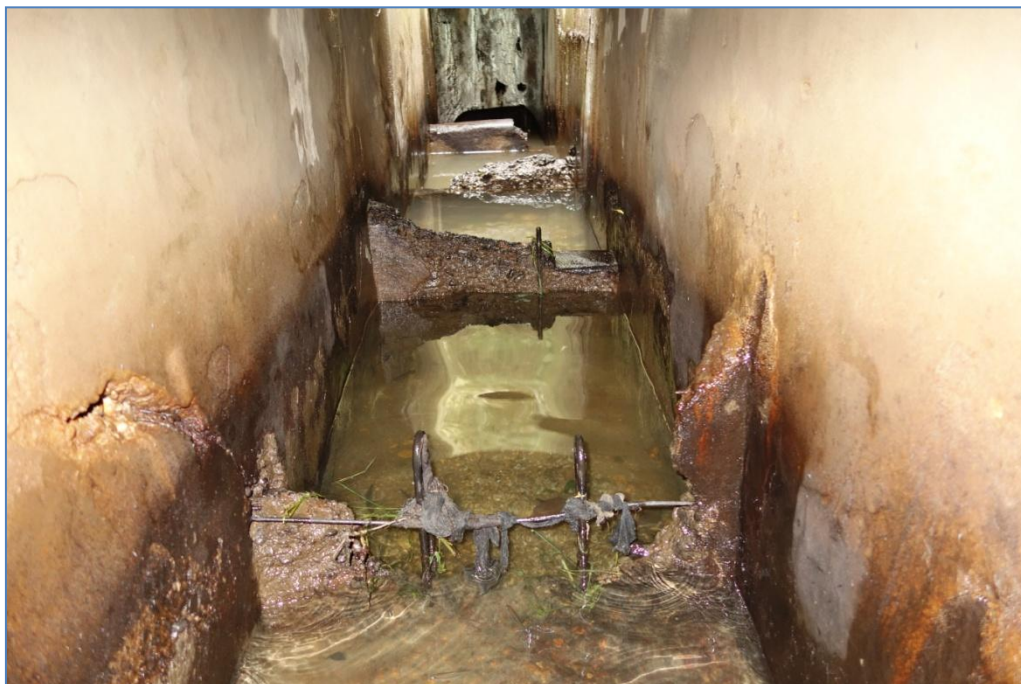
Slika 12: Dodana prečna pregrada z režo na vtoku v ribjo stezo (Brilly in sod., 2015).

Zaradi deflektorja rešetke niso več potrebne in so bile v času obnove odstranjene. Deflektor je izdelan iz krivljene ladijske pločevine, debeline 5 mm in nosilne konstrukcije iz pravokotnih jeklenih cevi. Zaščita pred korozijskimi vplivi je bila izvedena z vročim cinkanjem. Zunanji rob deflektorja, ki je na vodni strani, je od obrežnega zidu oddaljen 105 cm. Deflektor na vodni tok gorvodno od zapornic nima vpliva. Zdaj lahko vzdrževalno osebje neovirano vstopi v notranjost deflektorja, kar pred obnovo ni bilo izvedljivo. Gorvodna stranica deflektorja je nameščena pod kotom 45° , dolvodna stranica pa pod kotom 120° glede na smer Ljubljaničice, kar še dodatno zmanjša vpliv deflektorja na tok vode. Na sliki 12 je prikazana prečna pregrada ($1,35 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$) s prelivno odprtino ($0,25 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$), skozi

katero prehajajo ribe v gorvodni del Ljubljanice. Prečna pregrada je višinsko nastavljiva, lahko se regulira pretok v ribji stezi. Pri različnih višinah gladine oziroma višinah preliva (h) pri odprtini na prečni pregradi smo merili pretok (Q) in hitrosti vode (v) skozi ribjo stezo, rezultati in ugotovitve so prikazane v poglavju 6.3. Glede na dosedanje ugotovitve, je tehnični prehod z vertikalno režo tudi na izhodu iz ribje steze najbolj funkcionalen, posebej za stopnje nihanja vodne gladine od 0,5 do 1,0 m. Ribe lažje izplavajo v vodotok, če hitrosti vode zanje niso previsoke (Kočar, 2014).

5.6.3 Ureditev notranjosti ribje steze

V poglavju 5.4 smo opisali nefunkcionalnost ribje steze zaradi previsoke stopnje, ki je povzročala deroči tok s turbulencami in predstavljala visoko prepreko za prehajanje rib. Bazeni za prehajanje rib oziroma prekatni med bazeni so bili popolnoma dotrajani, uničeni in z ostrimi robovi, ki so lahko povzročali poškodbe rib (slika 15). Sanacija notranjosti ribje steze se je izvedla v drugi fazi del, na suhem, zato je bilo treba zapreti dotok vode ter odstraniti plavine v notranjosti steze. Dotok vode se je zaprl z zidarskim opažem in gradbeno folijo neposredno na vtoku vode v stezo. V notranjosti so namestili dve demontažni zajezni steni z odprtino ($0,25 \times 0,25$ m) ob dnu dolvodno od prehoda pri nagibnem žlebu. Namen demontažnih zajeznih sten je ustrezen dvig vodne gladine in povezanost vodnih gladin skozi stezo. Ribe lahko nemoteno prehajajo preko stopnje v dnu oziroma iz fiksnega v gibljiv del ribje steze. Pri obnovitvi so vgradili nove zajezne stene med bazeni z odprtinami ($0,25 \times 0,15$ m) izmenično v levem oziroma desnem kotu zgoraj, skozi katere prehajajo ribe. S prečnimi pregradami se ustvarja bazene za počivanje rib, energija se razprši iz bazena v bazen. Višinska razlika med koto zgornje in spodnje vode se je zmanjšala z dodanimi bazeni. Pri odprtinah izmenično v levem in desnem kotu se doseže dodatna razgibanost toka in disipacija energije. Ustvarjajo se večje hitrosti vode, ki jih ribe premagujejo in nato v bazenih, kjer je tok počasnejši, počivajo. Dejansko je režasti tip ribje steze najbolj učinkovit ribji prehod. Prednost prehodov z režami je lažje omogočanje prehajanja več ribjih vrst in ni občutljiv na nihanje globine vode v stezi. Tokovne razmere v bazenih se glede na gladino ne spreminjajo preveč. Vendar pa mora biti v ribji stezi zadosten pretok vode za prehajanje. Ribe lahko zdaj nemoteno prehajajo v nagibni žleb (Zabrc in sod., 2014).



Slika 13: Notranjost ribje steze pred obnovo (Ljubljana povezuje, 2015).



Slika 14: Notranjost ribje steze po obnovi (Ljubljana povezuje, 2015).

5.7 Monitoring ribje steze

Pred obnovo ribje steze se je izvedla prva ihtiološka raziskava na tem območju, opisana je v poglavju 5.3. V tem primeru je bil izveden monitoring z markiranjem rib. Izlove bo treba še večkrat ponoviti za dodatne raziskave in ugotavljanje funkcionalnosti. S tem se bo preverilo, ali markirane ribe prehajajo skozi obnovljeno ribjo stezo na Plečnikovi zapornici. Monitoring prehajanja rib skozi ribji prehod se lahko izvaja še na dva načina, ki ju bomo predstavili v nadaljevanju. V ribjo stezo je blizu izhoda za ribe nameščena Sony analogna kamera, ki se uporablja za monitoring. Kamera deluje tudi pri slabši svetlobi z infrardečo osvetlitvijo, kar je zelo pomembno, saj se večina rib seli v nočnem času. Tretji način monitoringa je z vršo oziroma ribjo pastjo. Blizu izhoda smo namestili vrše, v katere so ribe zašle. Z vršami imamo neposredni vpogled, katere ribje populacije prehajajo skozi prehod (Brilly in sod., 2015).



Slika 15: Monitoring rib s kamero, nameščeno pri izhodu iz ribje steze (Ljubljana povezuje, 2015).



Slika 16: Posnetek sulca, ki prehaja skozi ribjo stezo na Ambroževem trgu (Spletna kamera, 21. 7. 2015).

Na kameri (ki je nameščena na vtoku vode v ribjo stezo oziroma tik pred izhodom, kjer ribe prehajajo gorvodno v Ljubljano) je opaziti ribe, ki uspešno prehajajo skozi obnovljeno stezo. Posnetke kamere lahko spremljamo na internetni strani projekta Ljubljana povezuje. Kamera pa je ujela tudi prehajanje sulca po ribji stezi, kar pomeni, da lahko ribe uspešno prehajajo po obnovljeni ribji stezi na Ambroževem trgu oziroma skozi stezo prehaja ciljna ogrožena vrsta rib.

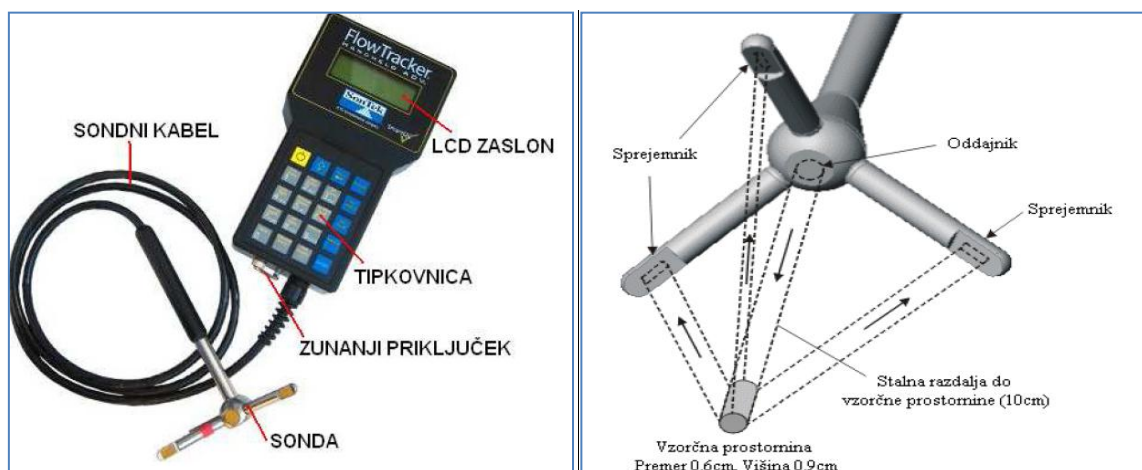
6 MERITVE V RIBJI STEZI NA AMBROŽEVEM TRGU

Z meritvami pretoka in hitrosti vodnega toka v ribji stezi smo preverjali funkcionalnost ribje steze na Ambroževem trgu. Za uspešno prehajanje rib skozi prehod morata biti zagotovljena zadosten pretok in hitrost vode v notranjosti steze.

6.1 Merska oprema

6.1.1 Merilnik pretočnih hitrosti Flow Tracker Handheld ADV

Za opravljanje meritev smo uporabili SonTek Dopplerjev merilec pretočnih hitrosti Flow Tracker Handheld ADV (Acoustic Doppler Velocimeter), s katerim lahko natančno izmerimo pretočne hitrosti.



Slika 17: Flow Tracker Handheld ADV (Mejak, 2010 in Merska oprema, 2015).

Flow Tracker Handheld ADV je sodoben instrument za merjenje pretočnih hitrosti vode na terenu. Upravljanje je preprosto, z ročnim upravljalnikom. Sonda vsebuje oddajnik in tri sprejemnike kratkih pulzov zvočnih valov določene frekvence ter temperaturni senzor. Sonda meri hitrost vode z merjenjem sprememb v frekvenci zvoka, ki se odbija od suspendiranih snovi v vodi (Slika 17). Med sondo in ročnim upravljalnikom je 200-centimetrski upogljiv kabel. Sonda se med izvajanjem meritev pritrdi na stojalo z merilno skalo, ki omogoča nastavitev sonde na zeleno globino merjenja. Flow Tracker Handheld ADV omogoča natančne meritve hitrosti, 2D (po x in y osi) in 3D (po x, y in z osi), ima kratek odzivni čas, deluje za nizke in visoke pretoke. Njegova natančnost meritve je na 1 % natančnosti. Ker ima instrument vgrajen poseben algoritem, lahko na podlagi merjenih pretočnih

hitrosti izračuna pretok. Pri tem postopku je potrebno merjenje hitrosti v različnih vertikalah po celem prečnem prerezu (Merska oprema, 2015).

Uporabimo ga lahko za:

- meritve pretokov v naravnih vodotokih,
- meritve pretokov v kanalih s prosto gladino,
- meritve v velikih cevovodih,
- večtočkovne meritve hitrosti,
- monitoring na napravah za oskrbo z vodo,
- meritve v rudniških rovih.

Tehnični podatki:

- razpon merskih hitrosti: 0,01–500 cm^3/s ,
- vzorčna prostornina: 0,25 cm^3 ,
- minimalna merska globina: 2 cm,
- točnost meritev: 1 %,
- frekvenca merjenja: 10 pulzov/s,
- frekvenca zapisa meritev: 1/s
- natančnost temperaturnega senzorja: 0,1 °C
- minimalni SNR: 3
- čas trajanja meritve na posameznem merskem mestu: 10–1000 s,
- interni spomin (možnost shranjevanje 64 datotek z do 100 merilnimi mesti) (Merska oprema, 2015).

6.1.2 Merilnik pretoka Flo-Tracer

Merilnik pretoka Flo-Tracer je zanesljiv in natančen instrument, ki meri pretoke po metodi razredčenja. Uporaben je na vodotokih s hitrim tokom, zaraščenih ali težko dostopnih profilih. Iz meritev elektroprevodnosti je možno posredno izračunati pretok vode. Je manj zahteven kot Flow Tracker. Kot sledilo za metodo razredčenja najpogosteje uporabimo kuhinjsko sol NaCl, ki je lahko dostopna, dobro topna (do 350 g/l) in ne pušča posledic na floro in favno. Sol se stehta na 1 % natančno, količino pa se določi glede na oceno pretoka v vodotoku. Običajno se odmeri nekje 2 do 12 g soli na liter/sekundo pretoka (Merska oprema, 2015).



Slika 18: Merilec pretoka Flo-Tracer (Merska oprema, 2015).

Tehnični podatki:

- slanost: 0 do 2000 mg/l,
- občutljivost: 0,1 mg/l,
- natančnost: $\pm 1 \%$,
- temperatura: 0 do 40 °C,
- natančnost temp. merjenja: $\pm 0,2 \text{ °C}$
- količnik elektroprevodnost/slanost: 1,780 $\mu\text{S}/(\text{mg/l})$ (Merska oprema, 2015).

Pri merjenju je treba upoštevati:

- pretok med izvajanjem meritev mora biti konstanten;
- sledilo mora biti popolnoma premešano;
- skozi merjen profil mora steči celotna količina sledila, brez izgub.

6.2 Metoda dela

6.2.1 Postopek dela z merilnikom Flow Tracker Handheld ADV

Na začetku smo čez prečni profil nad vtokom vode v ribjo stezo postavili merilno palico. Širino odprtine (1,0 m) smo razdelili na 7 odsekov. Globino vode smo odčitali s pomočjo merilne skale na stojalu. Sledila je priprava instrumenta. Sondo smo pritrdili na stojalo in jo povezali z ročnim upravljalnikom. Pri vnašanju podatkov smo izbrali interval zajema podatkov na 45 sekund in način DISCHARGE – pretok. Meritve smo izvajali iz leve proti desni strani in ves čas preverjali, če je sonda pravilno postavljena. Meritev je potekala pri gladini d , torej na globini $0,6 \times d$ od gladine. Instrument je po 45 sekundah izpisal izmerjene rezultate. Z merilnikom Flow Tracker Handheld ADV smo izmerili tudi hitrosti vode v enem od bazenov v notranjosti ribje steze, med petim in šestim prekatom vertikalno na različnih globinah.



Slika 19: Priprava instrumenta Flow Tracker Handheld ADV.

6.2.2 Postopek dela z merilnikom Flo-Tracer

Za uporabo merilnika Flo-Tracer smo morali pravilno pripraviti raztopino sledila, torej navadno kuhinjsko sol, ki je pri teh meritvah najpogosteje uporabljena. Za vsako meritev smo natančno stehtali približno 500 g soli, saj velja pravilo, naj se uporabi od 2 do 12 g sledila na 1 l/s pretoka. Pretok smo približno ocenili. V plastičnem vedru smo zmešali vodo in sol tako, da se je sol popolnoma raztopila.

Interval meritev smo nastavili na 1 s. Vstavili smo še podatke o trenutnem vremenu, ki ne vpliva na rezultate. Pri vnosu vodostaja smo pri vsaki meritvi nastavili novo višino gladine, ki smo jo sami regulirali s prečno pregrado na vtoku vode v ribjo stezo. Vodostaj omogoča korelacijo med pretokom in vodostajem. Merili smo pretok vode skozi ribjo stezo pri različnih gladinah čez preliv na vtoku vode v ribjo stezo. Najpomembnejši pa je natančen vnos količine soli, ki smo jo injecirali in oddaljenost točke injeciranja do merilnega mesta, ta je bila 10 m. Sondo instrumenta Flo-Tracer smo vstavili v premični del ribje steze, kjer so bazeni s prekati.



Slika 20: Injeciranje sledila za merjenje pretoka z instrumentom Flo-Tracer.

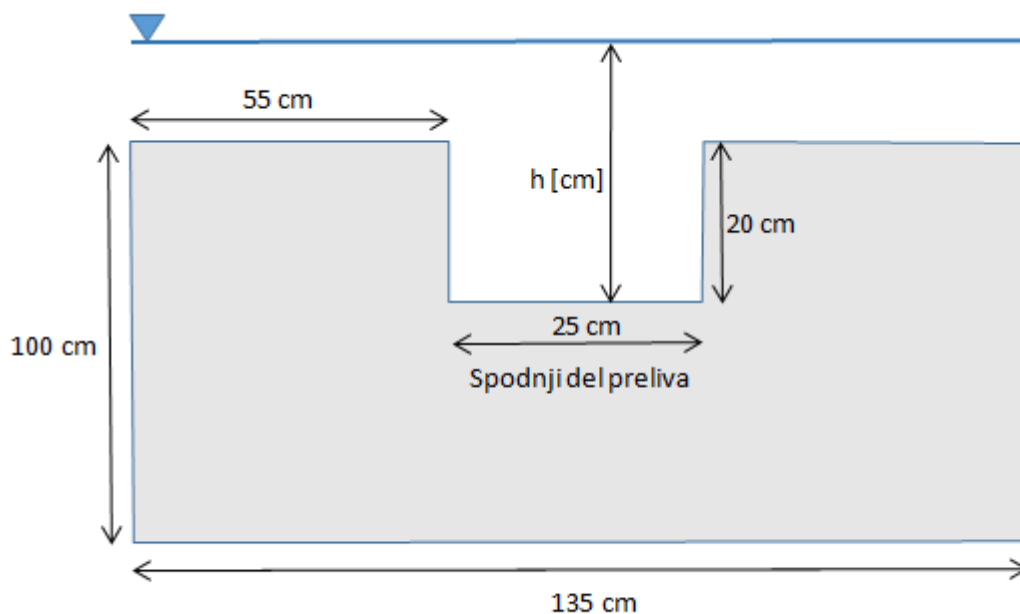
6.3 Rezultati meritev

Prve meritve smo opravili 9. 7. 2015. V noči pred meritvami je padla večja količina dežja, zato je bila gladina reke Ljubljanice višja kot ponavadi. Zapornice so bile zaprte. Višja gladina Ljubljanice ni vplivala na rezultate meritev. Druge meritve smo opravili 15. 7. 2015 ob sončnem vremenu, brez večjih padavin v predhodnih dneh. Najprej smo z merilnikom Flow Tracker izmerili pretok po prečnem profilu na vtočnem prelivu v ribjo stezo in hitrosti toka v ribji stezi oziroma v bazenu. Nato smo pri različnih gladinah čez preliv na vtoku merili pretok skozi ribjo stezo z instrumentom Flo-Tracer. V nadaljevanju so predstavljeni vsi rezultati meritev.

6.3.1 Rezultati meritev pretoka v ribji stezi

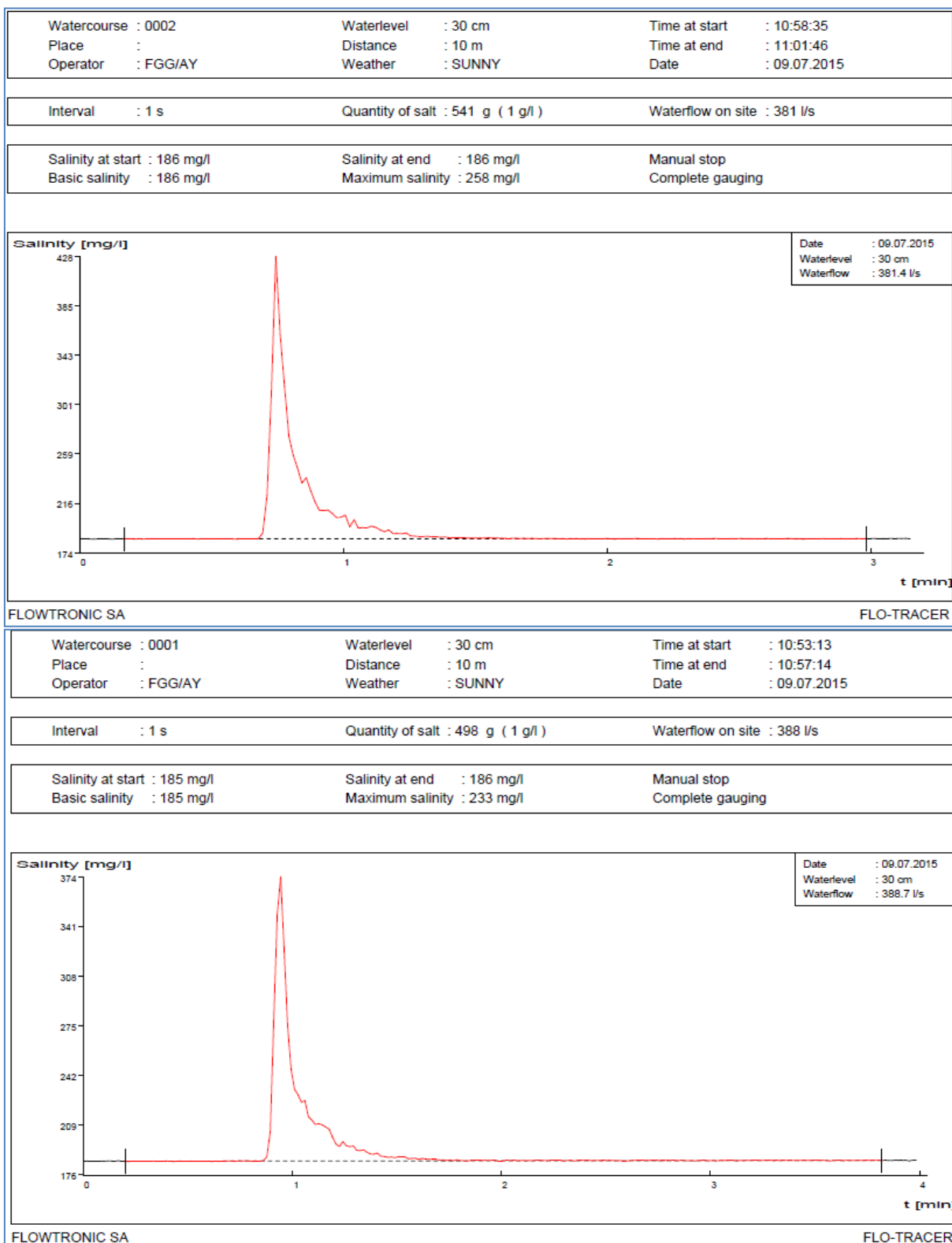
Meritve z instrumentom Flo-Tracer so potekale hitro, zato smo ga pri vsakem nizu meritev uporabili dvakrat. Meritve so potekale brez težav.

Na sliki 21 je skica preлива čez višinsko nastavljivo pregrado z odprtino na vtoku v ribjo stezo, kjer smo za meritve prilagajali višino in merili pretok skozi ribjo stezo:



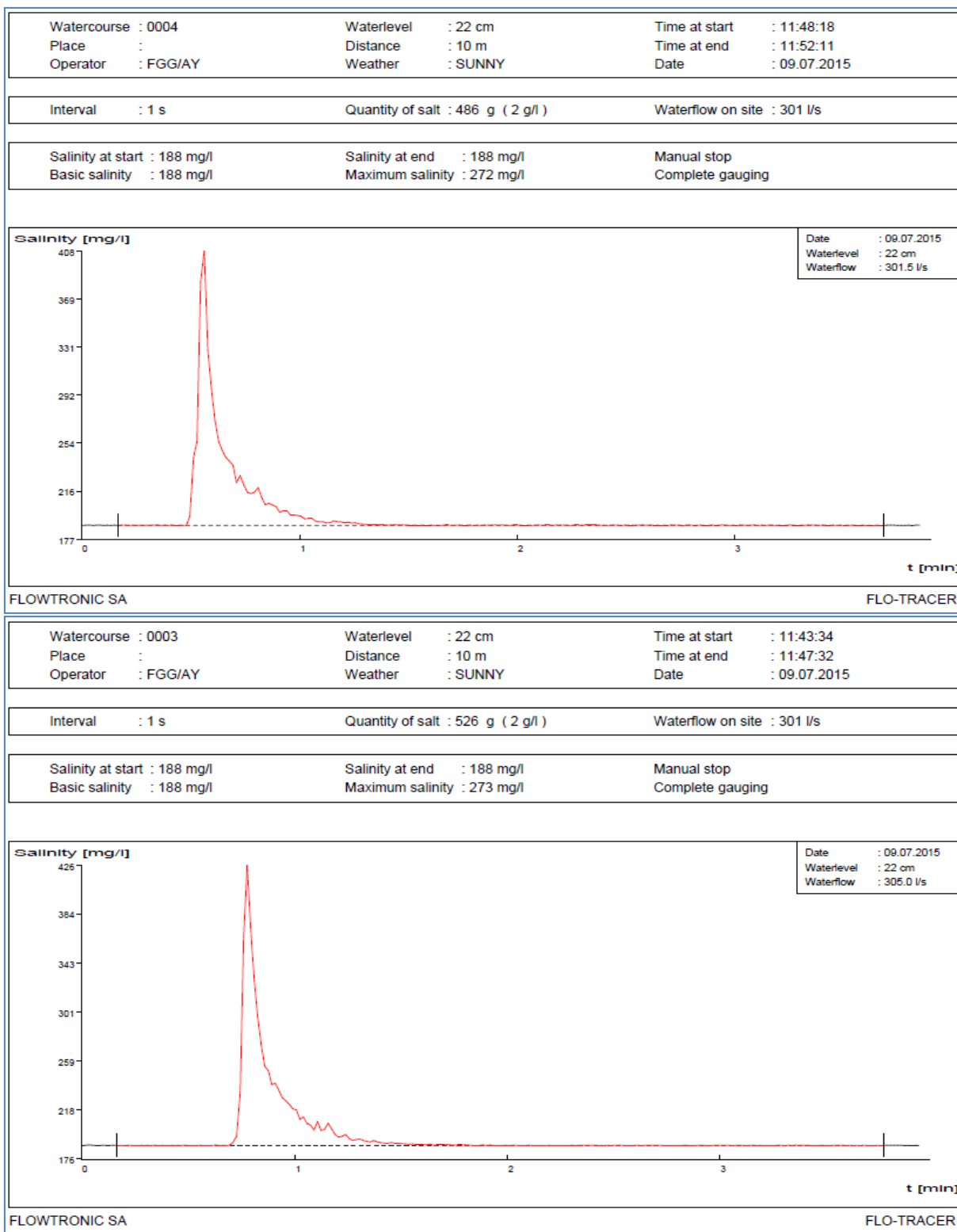
Slika 21: Skica preлива na vtoku v ribjo stezo.

Prva meritev je potekala pri višini vode $h = 50$ cm (30 cm nad zgornjim delom preliva) čez prečni preliv na vtoku v ribjo stezo. Pri prvi meritvi smo uporabili 498 g, pri drugi 451 g sledila (kuhinjska sol). Iz slike 22 sta razvidna rezultata pretoka $Q_1 = 388$ l/s in $Q_2 = 381$ l/s.



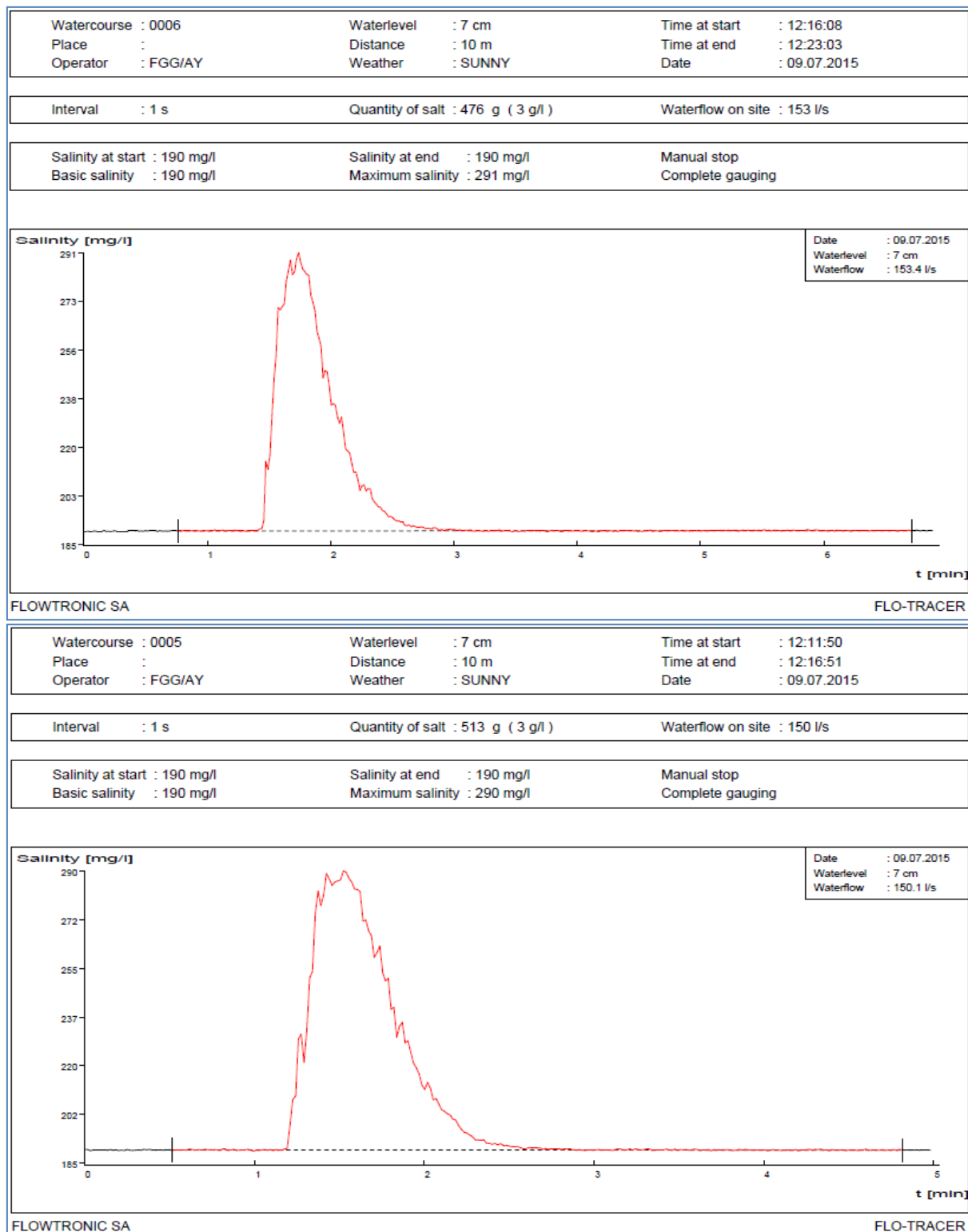
Slika 22: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 50$ cm.

Druga meritev je potekala pri višini vode $h = 42$ cm (22 cm nad zgornjim delom preliva) čez prečni preliv na vtoku v ribjo stezo. Uporabili smo 536 g in 486 g sledila. Iz slike 23 sta razvidna rezultata pretoka $Q_1 = 301$ l/s in $Q_2 = 301$ l/s.



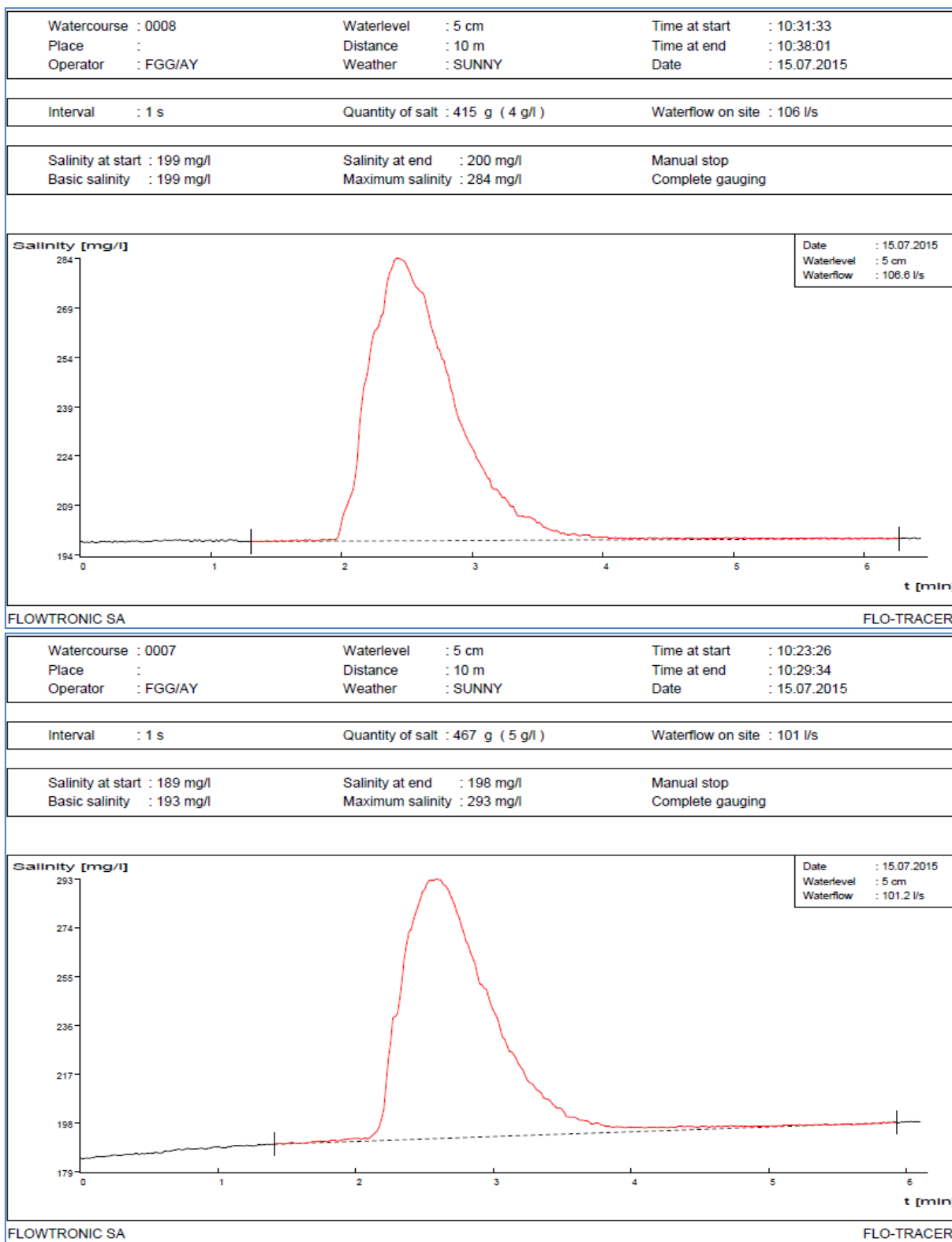
Slika 23: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 42$ cm.

Tretja meritev je potekala pri $h = 27$ cm (7 cm nad zgornjim delom preliva), uporabili smo 513 g in 476 g sledila. Dobili smo rezultata $Q_1 = 150$ l/s in $Q_2 = 153$ l/s, prikazana je na sliki 24.



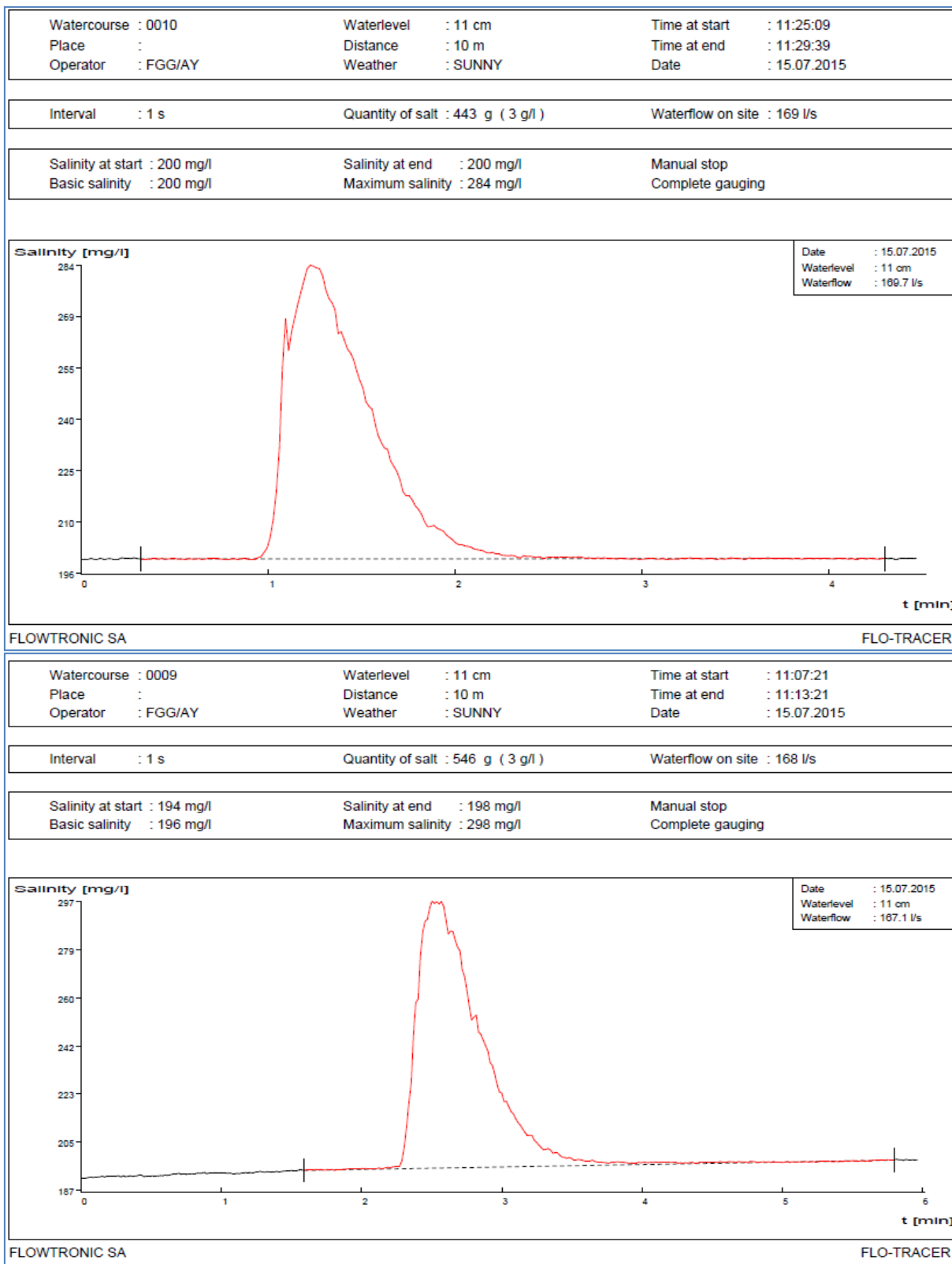
Slika 24: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 27$ cm.

Četrta meritev je potekala pri $h = 25$ cm (5 cm nad zgornjim delom preliva), uporabili smo 467 g in 415 g sledila. Dobili smo rezultata $Q_1 = 101$ l/s in $Q_2 = 106$ l/s, prikazana sta na sliki 25.



Slika 25: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 25$ cm.

Peta meritev je potekala pri $h = 31$ cm (11 cm nad zgornjim delom preliva), uporabili smo 546 g in 443 g sledila. Dobili smo rezultata $Q_1 = 168$ l/s in $Q_2 = 169$ l/s, prikazana na sliki 26.



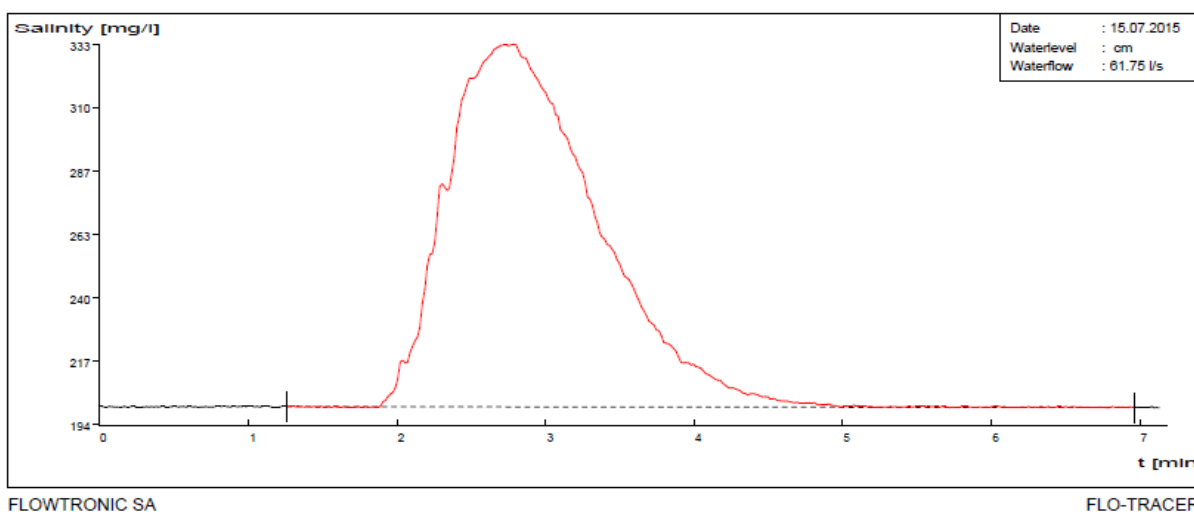
Slika 26: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 31$ cm

Šesta meritev je potekala pri višini vode $h = 20$ cm, torej čez zgornji del preliva voda ni tekla. Voda je tekla samo skozi odprtino na prelivu. Pri 585 g sledila smo dobili $Q = 62$ l/s.

Watercourse : 0012	Waterlevel : cm	Time at start : 11:45:15
Place :	Distance : 10 m	Time at end : 11:52:25
Operator : FGG/AY	Weather : SUNNY	Date : 15.07.2015

Interval : 1 s	Quantity of salt : 585 g (9 g/l)	Waterflow on site : 61,7 l/s
----------------	------------------------------------	------------------------------

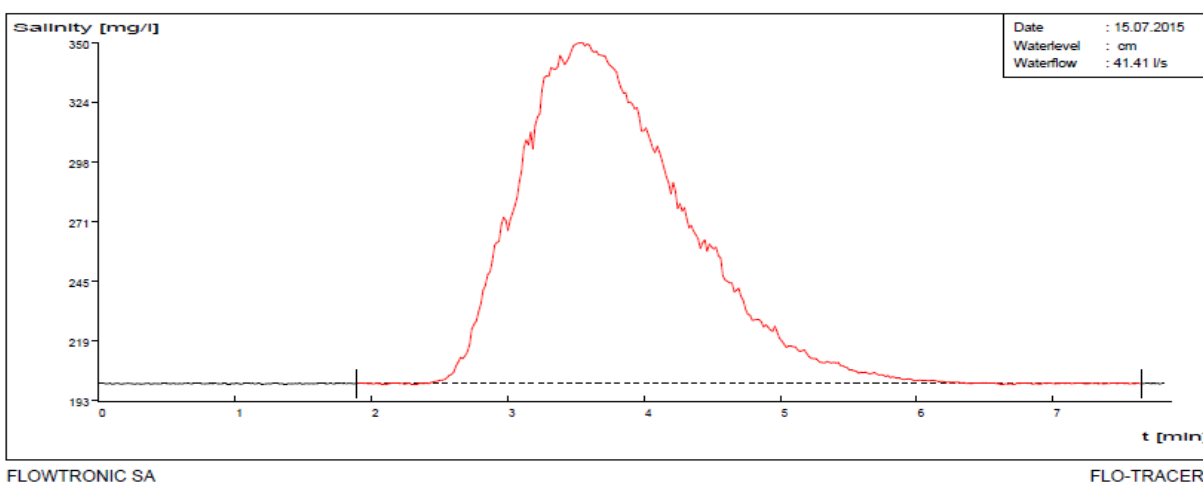
Salinity at start : 200 mg/l	Salinity at end : 200 mg/l	Manual stop
Basic salinity : 200 mg/l	Maximum salinity : 333 mg/l	Complete gauging



Slika 27: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 20$ cm.

Sedma meritev je bila izvedena pri višini vode $h = 10$ cm, torej čez zgornji preliv voda ni tekla, v reži na spodnjem prelivu pa je bila gladina vode 10 cm. Uporabili smo 526 g sledila in dobili rezultat $Q = 41,4$ l/s.

Watercourse : 0012	Waterlevel : cm	Time at start : 12:00:50
Place :	Distance : 10 m	Time at end : 12:08:41
Operator : FGG/AY	Weather : SUNNY	Date : 15.07.2015
Interval : 1 s	Quantity of salt : 526 g (13 g/l)	Waterflow on site : 41,4 l/s
Salinity at start : 200 mg/l	Salinity at end : 200 mg/l	Manual stop
Basic salinity : 200 mg/l	Maximum salinity : 350 mg/l	Complete gauging



Slika 28: Grafični prikaz meritev pretoka pri $h = 10$ cm.

V preglednici 6 so prikazani pretoki (Q) pri različnih višinah vode (h) nad spodnjo točko pri vtoku v ribjo stezo in količinah sledila, ki smo ga pri posamezni meritvi uporabili.

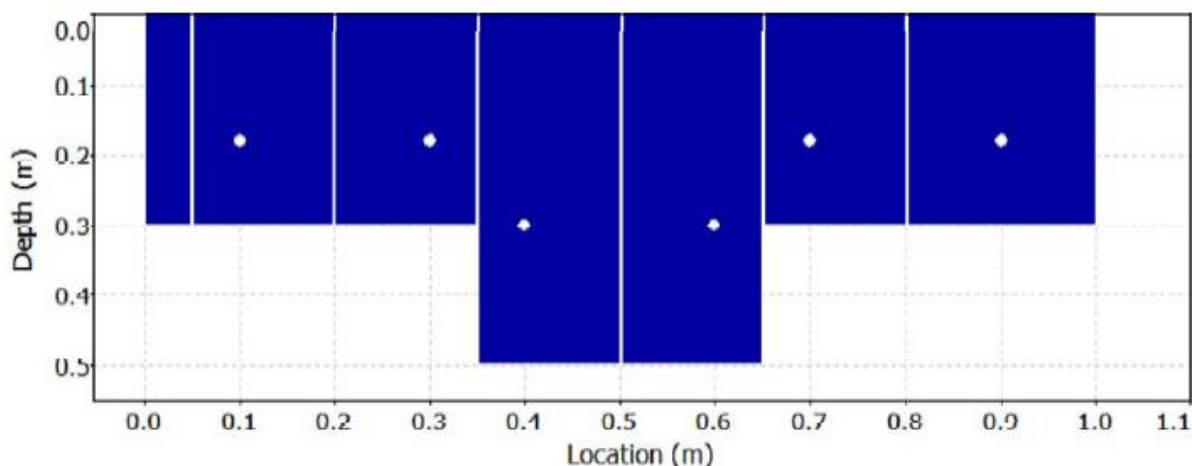
Preglednica 6: Rezultati meritev pretoka v ribji stezi

h [cm]	Količina sledila [g]	Izmerjen pretok Q [m ³ /s]
50	498	0,388
50	451	0,381
42	526	0,301
42	486	0,301
31	546	0,168
31	443	0,169
27	513	0,150
27	476	0,153
25	467	0,101
25	415	0,106
20	585	0,062
10	526	0,041

Iz podanih rezultatov sem dobila pretočno krivuljo, ki opisuje zvezo med višino vode (h) in pretokov (Q). Iz pretočne krivulje lahko ugotovimo, pri kateri gladini je pretok v ribji stezi ugoden za prehajanje ciljnih ribjih vrst.

6.3.2 Rezultati pretoka na vtoku v ribjo stezo

Meritev pretoka z merilnikom Flow Tracker Handheld ADV smo izvedli 9. 7. 2015. Prečni prerez preлива na vtoku vode v ribjo stezo je razdeljen na 7 odsekov oz. sedem vertikal, ki natančno določajo preliv v ribjo stezo. Meritev je potekala od leve proti desni strani.



Slika 29: Meritve z merilnikom Flow Tracker.

Na sliki 30 so prikazani pridobljeni rezultati pri tem nizu meritev. Skupni pretok merskega profila je 201,0 l/s. Merilo se je na globini 0,3 m (na zgornjem prelivu) in 0,5 m (na spodnjem prelivu v odprtini), merjene globine so na sliki 29.

Preglednica 7: Meritve pretoka na vtoku v ribjo stezo.

Discharge Measurement Summary

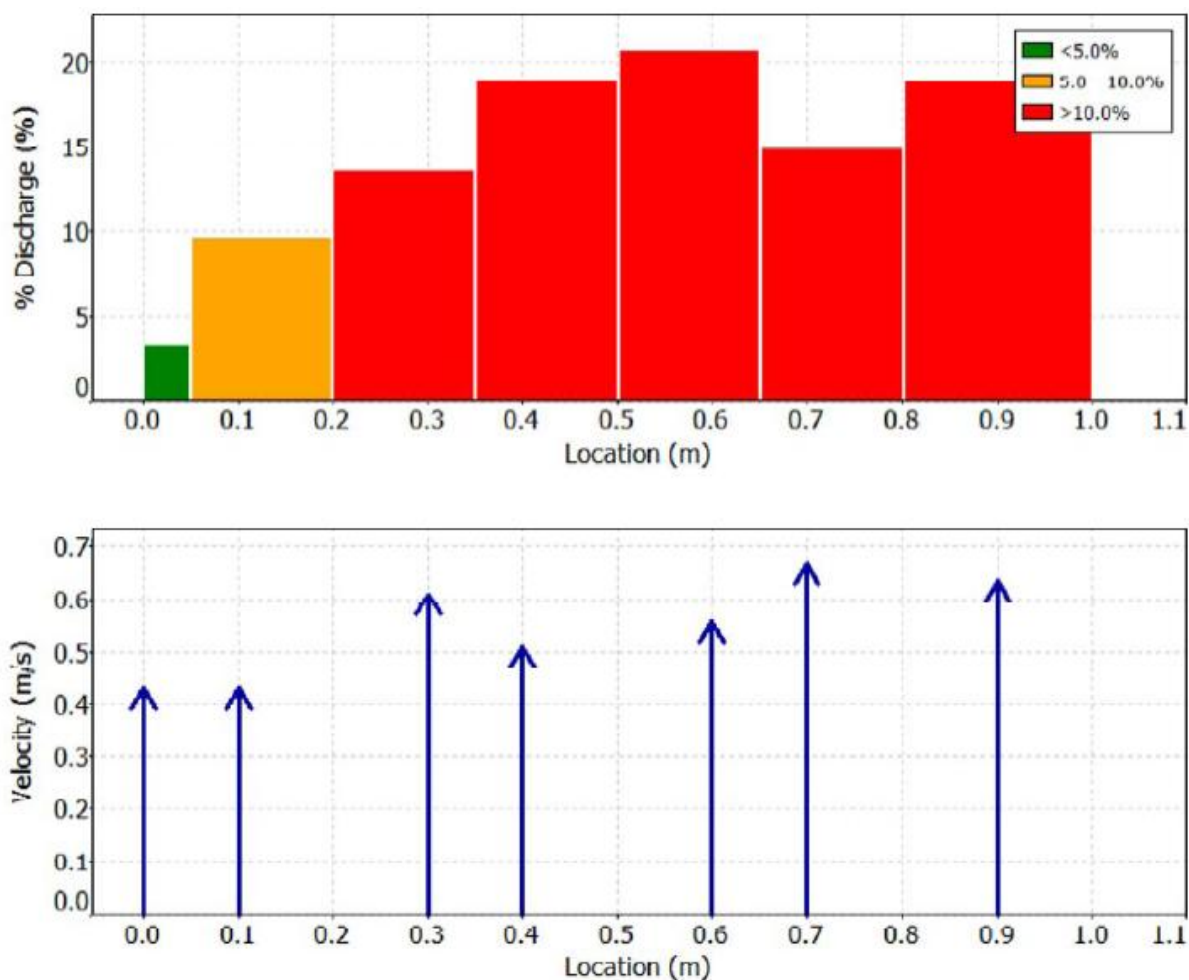
Date Generated: Fri Jul 24 2015

File Information		Site Details				
File Name	01.FGG.WAD	Site Name				
Start Date and Time	2015/07/09 11:00:49	Operator(s)	AY			
System Information		Units (Metric Units)		Discharge Uncertainty		
Sensor Type	FlowTracker	Distance	m	Category	ISO	Stats
Serial #	P377	Velocity	m/s	Accuracy	1.0%	1.0%
CPU Firmware Version	3.9	Area	m ²	Depth	0.2%	12.3%
Software Ver	2.30	Discharge	m ³ /s	Velocity	0.4%	5.4%
Mounting Correction	0.0%			Width	0.2%	0.2%
				Method	3.0%	-
Summary				# Stations	6.6%	-
Averaging Int.	45	# Stations	8	Overall	7.4%	13.4%
Start Edge	LEW	Total Width	1.100			
Mean SNR	12.4 dB	Total Area	0.360			
Mean Temp	16.97 °C	Mean Depth	0.327			
Disch. Equation	Mid-Section	Mean Velocity	0.5584			
		Total Discharge	0.2010			

Preglednica 8 prikazuje, kako so hitrosti in pretok porazdeljeni po posameznih vertikalah na vtočnem prelivu v ribjo stezo.

Preglednica 8: Rezultati meritev na vtoku v ribjo stezo.

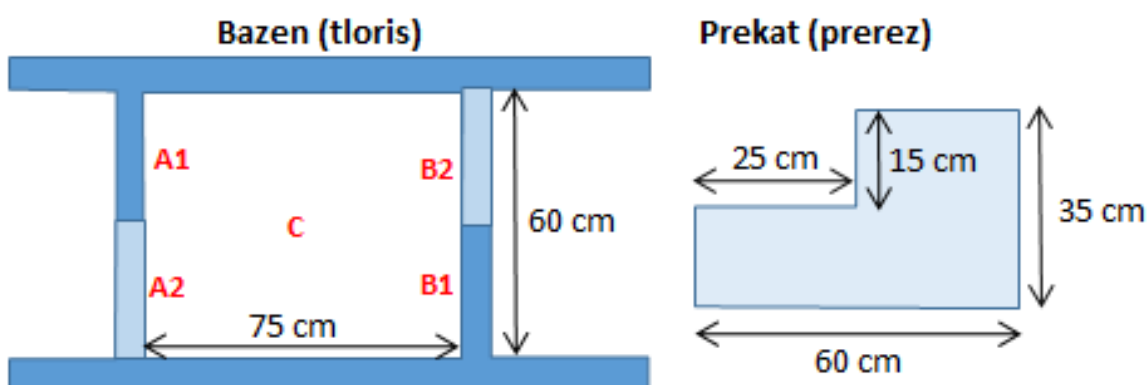
Številka vertikale	0	1	2	3	4	5	6	7
Hitrost [m/s]	0,4299	0,4299	0,6080	0,5084	0,5551	0,6671	0,6347	0
Pretok [m ³ /s]	0,0064	0,0193	0,0274	0,0381	0,0416	0,0300	0,0381	0
Pretok [%]	3,2	9,6	13,6	19,0	20,7	14,9	18,9	0



Slika 30: Grafični prikaz rezultatov meritev na vtoku v ribjo stezo.

6.3.3 Rezultati hitrosti vode v bazenu v ribji stezi

Z instrumentom Flow Tracker Handheld ADV smo merili hitrosti vode v ribji stezi v bazenu med petim in šestim prekatom z odprtini. Hitrosti smo odčitavali v petih točkah vertikalno na različnih globinah. Merili smo hitrosti za petim prekatom (A1) in odprtino (A2), na sredini bazena (C) in pred naslednjim (šestim) prekatom (B1) ter odprtino (B2). Točke merjenja so vidne na sliki 31, kjer je zrisana shema bazena v ribji stezi. Merili smo vertikalno na 5 različnih globinah, hitrosti vode so podane v preglednici 9. Nivo vode v bazenih je bil v času merjenja 0,6 m. Bazeni so dimenzije $0,8 \times 0,6$ m. Odprtine na prekatih so izmenično v desnem in levem zgornjem kotu, prerez prekata z odprtino na levi strani je narisan na sliki 31 (desno). Dimenzije odprtine so $0,25 \times 0,15$ m.



Slika 31: Bazen v ribji stezi.

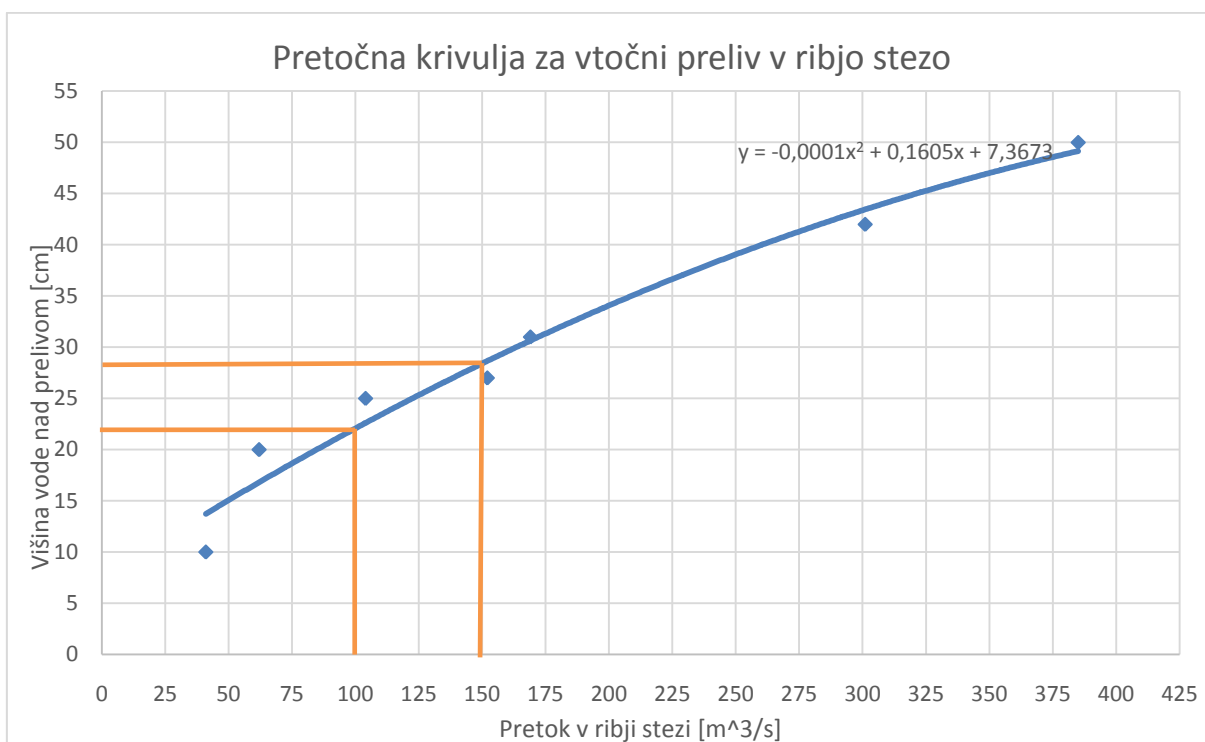
Preglednica 9: Hitrosti vode v bazenu v ribji stezi.

TOČKA	VERTIKALNO NA GLOBINI:			
	12 cm od dna [m/s]	24 cm od dna [m/s]	36 cm od dna [m/s]	48 cm od dna [m/s]
Za prekatom (A1)	0,229	0,134	0,105	0,444
Za odprtino (A2)	0,079	0,226	0,416	0,501
Na sredini bazena (C)	0,09	0,183	0,31	0,493
Pred prekatom (B1)	0,045	0,312	0,436	0,422
Pred odprtino (B2)	0,041	0,191	0,211	0,178

6.3.4 Ugotovitve

Pri meritvi pretoka z merilnikom Flow Tracker Handheld ADV, kjer smo pretok dobili z merjenjem hitrosti vode po prečnem profilu, smo dobili rezultat $Q = 201 \text{ l/s}$. Videli smo tudi, kako je hitrost toka vode porazdeljena po prečnem profilu. Vtok vode v ribjo stezo je prav tako pomemben, saj mora ribe privabljeti k prehajanju naprej v vodotok gorvodno od zapornice. Zaradi deflektorja plavine ne mašijo izhoda tako kot pred obnovo rešetke, ko niso pravilno funkcionirale. Deflektor plavin zaradi svoje oblike prav tako ne vpliva na vodni tok gorvodno od zapornic. Hitrosti vode na vtoku niso previsoke, optimalna hitrost naj bi bila okoli $0,5 \text{ m/s}$ (Schmutz in Mielach, 2013). Ribe lahko nemoteno in brez napora izplavajo v vodotok gorvodno in nadaljujejo svojo pot. Vtok v ribjo stezo na Ambroževem trgu ustreza pogojem, da mora biti nameščen vsaj 5 m stran od zapornic.

Merili smo pretok vode (Q) v ribji stezi pri različnih višinah vode (h) nad spodnjo prelivno točko pri vtoku vode v ribjo stezo in iz dobljenih rezultatov smo dobili pretočno krivuljo (slika 24), ki prikazuje zvezo med višino gladin in pretoki. Iz pretočne krivulje je razvidno, da višinsko nastavljiv preliv na vtoku vpliva na pretok (Q) v ribji stezi. Z višanjem prelivne pregrade pretok v ribji stezi pada. Pretok pri gladini (h) med 50 in 42 cm je za nekatere vrste rib premočan za prehajanje po ribji stezi. Pri gladini (h) med 20 in 10 cm je pretok v ribji stezi nizek, na vtoku v ribjo stezo voda teče samo skozi prelivno odprtino, kar je premalo za prehajanje. Globina vode v bazenih je prenizka in za ciljne vrste ogroženih rib je to premajhen pretok za funkcioniranje ribje steze.



Grafikon 1: Pretočna krivulja za vtočni preliv v ribjo stezo.

Meritev je bila narejena na terenu, eksperimentalno in vizualno. Za ciljne in manjše ribe je najbolj primeren pretok nekje med 100 in 150 l/s. Na pretočni krivulji za vtočni preliv v ribjo stezo, na grafu 1, je z oranžnimi črtami označena gladina vode nad spodnjim prelivom (h). Ko je pretok vode med 100 in 150 l/s, je gladina (h) med 22 in 28 cm. Pri tem pretoku je voda približno 2 do 8 cm čez zgornji rob kaskade in tako je zagotovljena ustrezna globina vode v bazenih in zadostna količina vode za natega, s katero se privablja ribe k prehajanju skozi ribjo stezo na iztoku iz ribje steze. Vode v bazenih je dovolj, da lahko ribe plavajo. Z večanjem pretoka skozi ribjo stezo se hkrati povečujejo tudi hitrosti vode. Pri večanju pretoka se začne povečevati turbulenca v bazenih, ki ovira slabše ribe in manjše ribe, voda se peni in hitrosti vode se samo še povečujejo. Ribe ne morejo preplavati bazenov ali počivati. Hitrost toka vode v ribji stezi naj ne bi preseгла 2 m/s. Večje ribe lahko to premagajo, a le za kratek čas. Za potovalno hitrost, ki jo lahko riba izvaja dlje časa in s tem prehaja skozi stezo, se morajo hitrosti toka gibati nekje od 0,3 do 1 m/s. Hitrosti, ki sem jih pridobila z meritvami v bazenu, za prehajanje rib v ribji stezi niso previsoke (preglednica 8). Prehajajo lahko tako manjše kot večje ribe. V nadaljnjih izboljšavah ribje steze bi se lahko nekako povežalo gladino na vtoku in višinsko nastavljiva pregrada na vtoku bi se samodejno višala ali nižala glede na ustrezen pretok v ribji stezi.

7 ZAKLJUČEK

Slovenija je zaradi svoje vodnatosti in energetskega potenciala zanimiva za različne odvzeme vode. Dejstvo je, da imajo prekinjene migracijske poti izrazito slab vpliv na stanje ribjih populacij. Neprehodni vodotoki izolirajo in ogrožajo naravne habitate vodnih organizmov. Do izliva v Savo je reka Ljubljanica pregrajena z zapornicami na Ambroževem trgu, zapornicami na Gruberjevem kanalu pod Karlovškim mostom, pregrado na Fužinah, kjer je mala hidroelektrarna in jezom pri papirnici v Vevčah (MKO, 2012). Zapornica na Gruberjevem prekopu in jez v Vevčah nima zgrajenega ribjega prehoda. Obnova ribjih stopnic na Fužinah je še nedokončana, prehod na zapornici na Ambroževem trgu pa je bil pred kratkim obnovljen v okviru projekta Ljubljanica povezuje, ki ima cilj zaščititi ogrožene ribje populacije sulca (*Hucho hucho*), platnice (*Rutilus pigus*) in blistavca (*Leuciscus souffia*).

Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, ali je obnovljena ribja steza na Ambroževem trgu funkcionalna, torej, ali lahko ciljne ribje populacije prehajajo. Ribja steza po obnovi funkcionira, seveda pa bodo potrebne še podrobnejše meritve, raziskave in monitoring za dodatna izboljšanja.

V prvem delu diplomske naloge smo povzeli ekološka načela, ki jih je treba upoštevati pri načrtovanju in gradnji ribjih prehodov. Povzeli smo zakonodajo v Sloveniji in tipe ribjih prehodov, ki so lahko naravni, sonaravni ali tehnično zgrajeni.

Ribja steza na Ambroževem trgu je bila zgrajena v času gradnje zapornice v obdobju med letoma 1939 in 1944. V obnovo je bila vključena obnova celotne steze, kar pri prejšnjih obnovah ni bilo izvedeno. Pri gradnji ribje steze je bil vhod za ribe pravilno zasnovan, vendar pred obnovo zaradi sprememb gladine ni omogočal dobrega delovanja steze. Iztok vode ni bil več skoncentriran in usmerjen v vodotok. Atrakcija za ribe je bila premajhna in ribe so težko našle vhod v ribjo stezo. Zato je bila dodana natega za povečanje atrakcije z dodatno količino vode. Ribe tako vhod zaznajo, potujejo skozi stezo navzgor in prehajajo v vodotok gorvodno od zapornice. Deflektor plavin na vtoku vode v ribjo stezo uspešno opravlja svojo nalogo, saj plavine ne mašijo vhoda. Višinsko nastavljen preliv omogoča uravnavanje ustreznega pretoka in hitrosti vode v ribji stezi. Obnovljeni prekati v ribji stezi omogočajo ribam prehajanje brez poškodb in napora. Zaradi bazenov se hitrosti vode porazdelijo in ustvarjajo območja za počivanje rib med prehajanjem. Pred obnovo je največjo oviro predstavljala visoka stopnja, ki je ribe niso mogle preskočiti. Tam se je ustvarjala turbulenca, voda se je penila in hitrosti vode so bile prevelike. Z dodanima dvema zajeznima stenama se je gladina vode na stopnji znižala in zdaj lahko ribe neovirano prehajajo. Na ribji stezi je nameščena kamera, ki beleži prehajanje rib. Glede na dosedanje posnetke (kamera je ujela prehajanje sulca) je razvidno, da ribja steza deluje in ciljne ogrožene ribje populacije lahko prehajajo gorvodno od zapornic. Obnova ribje steze je bila nujno

potrebna in, kakor kaže, tudi pozitivna. Nova gradnja ribje steze ni bila izvedljiva in glede na zdajšnjo obnovo in izboljšave je steza funkcionalna in deluje. Seveda pa bodo za nadaljnje izboljšave potrebne še dodatne raziskave in monitoring rib. Vzpostavitev prehodnosti vodotokov je za ribje populacije nujno potrebna, tako iz spoštovanja do narave kot z vidika veljavne zakonodaje, ki narekuje obnovitev vseh obstoječih ribjih stez in gradnjo novih na območjih, kjer se bo posegalo v vodotoke.

VIRI

AG-FAH. 2012. Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen (FAHs). Wien, Bundesministerium für Land - und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: 102 str.

Agencija republike Slovenije za okolje (ARSO). 2015. Hidrološki podatki.
<http://www.arso.gov.si/vode/podatki/> (Pridobljeno 23. 6. 2014).

Bates, K. 2000. Fishway Guidelines for Washington State. Washington Department of Fish and Wildlife: 57 str.

Beach, M. H. 1984. Fish pass design – criteria for the design and approval of fish passes and other structures to facilitate the passage of migratory fish in rivers. Fisheries Research Report No. 78. Lowestoft (UK). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Directorate of Fisheries Research: 47 str.

Blistavec na območju avtohtonosti. 2015. BiosWeb. Ljubljana, Zavod za ribištvo Slovenije.
<http://www.biosweb.org/index.php?task=taxonsheet&tid=5638> (Pridobljeno 26. 1. 2015).

Brilly, M., Vidmar, A., Koprivšek, M. 2013. Ljubljana povezuje 1, 1: 12 str.

Brilly, M., Vidmar, A., Zabret, K. 2014. Ribja steza pri zapornici na Ambroževem trgu. Ljubljana povezuje: 2–3.

Brilly, M., Vidmar, A., Zabret, K. 2015. Monitoring gibanja rib. Ljubljana povezuje: 4–5.

Čarf, M., Bric, B., Podgornik, S. 2014. Zavod za ribištvo Slovenije. Prioritete izvajanja ukrepov za izboljšanje stanja habitatov rib.
http://www.natura2000.si/fileadmin/user_upload/LIFE_Upravljanje/C4_3Carf_ribistvo-.pdf
(Pridobljeno 13. 6. 2015).

Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. Maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih rastlinskih vrst. Uradni list L 206.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:SL:PDF>
(Pridobljeno 21.7.2013.)

Direktiva Sveta 79/409/EGS z dne 2. aprila 1979 o ohranjanju prosto živečih ptic. Uradni list L 103.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31979L0409:SL:HTML> (Pridobljeno 21.7.2013.)

FAO/DVWK. 2002. Fish passes – Design, dimensions and monitoring. Rome, FAO: 119 str.

Grajš, A. 2013. Sanacija jezua na mestni Ljubljani pri Ambroževem trgu. Diplomski naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 160 str.

Gorečan, J. 2011. Mala hidroelektrarna na potoku Hudinja. Diplomski naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko: 196 str.

Janc, M. 2014. Primerjava izsledkov švicarske raziskave Fischnetz (1998–2003) in razmer v Sloveniji. Ribič, letnik LXXIII, številka 10: 288–291.

Janc, M., Jerše, B. 2009. Urejanje prehodnosti voda za vodne organizme v Sloveniji v luči slovenske in evropske vodne direktive. Mišičev vodarski dan 2009: 168–174.

Kočar, D. 2014. Obnovitev koridorja Ljubljanice in izboljšanje rečnega vodnega režima. C2 Ribja steza Ambrožev trg. Projekt za izvedbo. Ljubljana povezuje LIFE10NAT/SI/142. Maribor, DK-PROTIM d.o.o.: 16 str.

Kolman, G. 2010. Podrobnejši opis dopolnilnih ukrepov za doseganje dobrega ekološkega potenciala na močno preoblikovanih vodnih telesih – hidroenergetska raba. Ljubljana, Inštitut za vode Republike Slovenije: 5 str.

Kolman, G., Mikoš, M. 2006. Tipi ribjih prehodov in pregled razmer v Sloveniji. Acta hydrotechnica 24, 41: 1–26.

Kolman, G., Mikoš, M., Povž, M. 2010. Ribji prehodi na hidroenergetskih pregradah v Sloveniji. Varstvo narave 24 (2010): 85–96.
<http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-ZDUE0EGX/?=&language=eng> (Pridobljeno 29. 5. 2014).

Kroes, M. J., Gough, P., Schollema, P. P. in Wanningen, H. 2006. From sea to source; Practical guidance for restoration of fish migration in European Rivers. Hunze en Aa's, Community Rivers

<http://www.fromseatosource.com/> (Pridobljeno 23. 6. 2014).

Ljubljana povezuje. 2013. Foto galerija.

http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/SLO/08_photo/default.htm (Pridobljeno 17. 6. 2014).

Merska oprema. 2015. <http://ksh.fgg.uni-lj.si/ksh/predst/oprema/index.html> (Pridobljeno 15. 5. 2015).

MKO, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje 2014. Program za upravljanja rib v celinskih vodah Republike Slovenije za obdobje 2010–2021 (osnutek). Ljubljana, 2012

http://www.mko.gov.si/fileadmin/mko.gov.si/pageuploads/osnutki/osnutek_programa_upravlja_rib_2012_2021.pdf (Pridobljeno 23. 6. 2014).

Mejak, A. 2010. Primerjava meritev pretokov na manjšem vodotoku z Dopplerjevim merilnikom in metodo razredčenja. Diplomaska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 104 str.

Naglič, M., Juran, V., 2008. Pregradni objekti na porečju reke Sore – vpliv na migracijo rib in ekološko sprejemljiv pretok. Varstvo narave 21 (2008): 105–123.

<http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-JN8C7GP5/> (Pridobljeno 15. 6. 2014.)

Najdba platnice. 2015. BiosWeb. Ljubljana, Zavod za ribištvo Slovenije.

<http://www.biosweb.org/index.php?task=taxonsheet&tid=6592> (Pridobljeno 26. 1. 2015.)

Natura 2000. 2014. <http://www.natura2000.si/index.php?id=18> (Pridobljeno 23. 7. 2014.)

Pemič, A., Mikoš, M. 2008. Inženirska hidrotehnika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 273–354.

Posnetek sulca. 2015. Kontrolna podvodna kamera v ribji stezi na Ambroževem trgu.

<http://ksh.fgg.uni-lj.si/ljubljanaconnects/Gallery/Huchohucho01/index.html> (Pridobljeno 21. 7. 2015.)

Povž, M., Kryžanowski, A. 2005. Ribje steze kot naravovarstven ukrep za ohranjanje biodiverzitete v reki Savi – Slovenija. Sevnica, 7. posvetovanje SLOCOLD, Tehnična in okoljska problematika gradnje verige hidroelektrarn na spodnji Savi. Slovenski nacionalni komite za velike pregrade: 72–82.

Povž, M. 2005. Vpliv akumulacij in visokih pregrad na sladkovodne ribe. Celje, Društvo vodarjev Slovenije, Slovenski vodar 16: 27–31.

Povž, M., Šumer, S. 2007. Končno poročilo projekta. Ocena ekološkega stanja reke Ljubljanice: Ribe: 49 str.

Povž, M. 2004. Smernice za varstvo sulca (Hucho hucho, Linnaeus 1758) v primeru doinstalacije JE Moste (Omilitveni ukrep – prehod za vodne organizme na Cajhnovem jezu). Ljubljana, Zavod za ribištvo Slovenija: 5 str.

Povž, M. 2004. Smernice za varstvo sulca (Hucho hucho Linnaeus 1758) v srednji Savi na predelu občine Dolsko pri Ljubljani. Ljubljana, Zavod Umbra: 5 str.

Pravilnik o ribolovnem režimu v ribolovnih vodah. Ljubljana, Uradni list RS, 99/07.

Pravilnik o ribiškem katastru in evidencah v ribištvu. Ljubljana, Uradni list RS, št. 18/2008.

Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Ljubljana, Uradni list RS, št. 82/02, 42/2010.

Ribji pas. 2013. http://sl.wikipedia.org/wiki/Ribji_pas (Pridobljeno 17. 6. 2013.)

Rojnik, F. 2005. Sanacija jaška gibljivega dela ribje steze pri zapornici na reki Ljubljanici na Ambroževem trgu v Ljubljani. Projekt izvedenih del. Ljubljana, Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor: 13 str.

Ruprecht, N. 2013. Razmere ribjih prehodov v Sloveniji in smernice za varstvo sulca (Hucho hucho) v reki Ljubljanici. Seminarska naloga. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 97 str.

Schmutz S., Mielach C. 2013. Measures for ensuring fish migration at transverse structures, technical paper. International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR) http://www.ecrr.org/Portals/27/Publications/icpdr_fish_migration_final.pdf (Pridobljeno 16. 5. 2015.)

Štraus, M. 2011. Vplivi delovanja hidroenergetskih sistemov na ribe. Ribič, letnik LXX, številka 9: 225 – 226.

Šumer, S., Povž, M., Brilly, M. 2004. Vpliv regulacije na ribe reke Glinščice. Vodnogospodarski biro Maribor, Mišičev vodarski dan 2004: str. 171–182.

Urbanič, G., Toman, M. J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba: 94 str.

Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000). Ljubljana, Uradni list RS, št. 49/2004, 110/2004, 59/2007, 43/2008, 08/2012.

Uredba o ribjih vrstah, ki so predmet ribolova v celinskih vodah. Ljubljana, Uradni list RS, št. 46/2007

Uredba o zavarovanju prosto živečih živalskih vrstah. Ljubljana, Uradni list RS, št. 46/04, 109/04, 84/05, 115/2007, 96/2008, 36/2009, 102/2011.

Voda in upravljanje z vodnimi viri 2009. Alpska konvencija, Alpski signali – posebna izdaja 2. Stalni sekretariat Alpske konvencije. http://www.alpconv.org/sl/publications/alpine/Documents/rsa2_sl.pdf (Pridobljeno 23. 6. 2014).

Zakon o sladkovodnem ribištvu (ZSRib). Ljubljana, Uradni list RS, št. 61/2006.

Zakon o ohranjanju narave. Ljubljana, Uradni list RS, št. 56/99, 31/00-popr., 119/02 in 41/04.

Zabrc, D. 2013. Sulec. Ribič, letnik LXXII, številka 11: 327–329.

Zabrc, D., Čarf, M., Jenič, A., Puklavec, D., Bric, B., Šantl, S. 2014. Prehodnost je naša prihodnost. Mišičev vodarski dan: 219–227.

Zajc, R. 2013. Reka Sava in HE. Ribič, letnik LXXII, številka 10: 284–285.

Žaberl, M. 2014. Je sulec v Sloveniji res ogrožen?. Ribič, letnik LXXIII, številka 11: 329–330.