



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
ZAVOD ZA HIDROTEHNIKU
tel: 01 4639 610
fax: 01 4639 238

prosinač 2017.

PLANIRANJE I PROJEKTIRANJE RIBLJIH STAZA

Izveštaj 1 i 2

Pregled ribljih vrsta na području Hrvatske i uvjeti tečenja koji pogoduju njihovoj migraciji

Sistematizacija postojećih znanja o ribljim stazama



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET
Zavod za hidrotehniku
Kačićeva 26, 10000 Zagreb

Planiranje i projektiranje ribljih staza Izveštaj 1 i 2

**Pregled ribljih vrsta na području Hrvatske i uvjeti tečenja koji
pogoduju njihovoj migraciji**

Sistematizacija postojećih znanja o ribljim stazama

Zagreb, prosinac 2017.

**NARUČITELJ: HRVATSKE VODE,
Ulica grada Vukovara 220, 10000 Zagreb**

RAZINA PROJEKTA: IZVJEŠTAJI

BROJ PROJEKTA 120-S-133

**IZRADILI: izv.prof.dr.sc. Eva Ocvirk, dipl.ing.građ.
dr.sc. Gordon Gilja, dipl. ing. građ.**

DEKAN GRAĐEVINSKOG FAKULTETA SVEUČILIŠTA U ZAGREBU

prof. dr. sc. Neven Kuspilić, dipl. ing. građ.

MJESTO I DATUM IZRADE PROJEKTA: Zagreb, prosinac 2017.



Planiranje i projektiranje ribljih staza

Izvještaj 1

**Pregled ribljih vrsta na području Hrvatske i uvjeti tečenja koji
pogoduju njihovoj migraciji**



SADRŽAJ

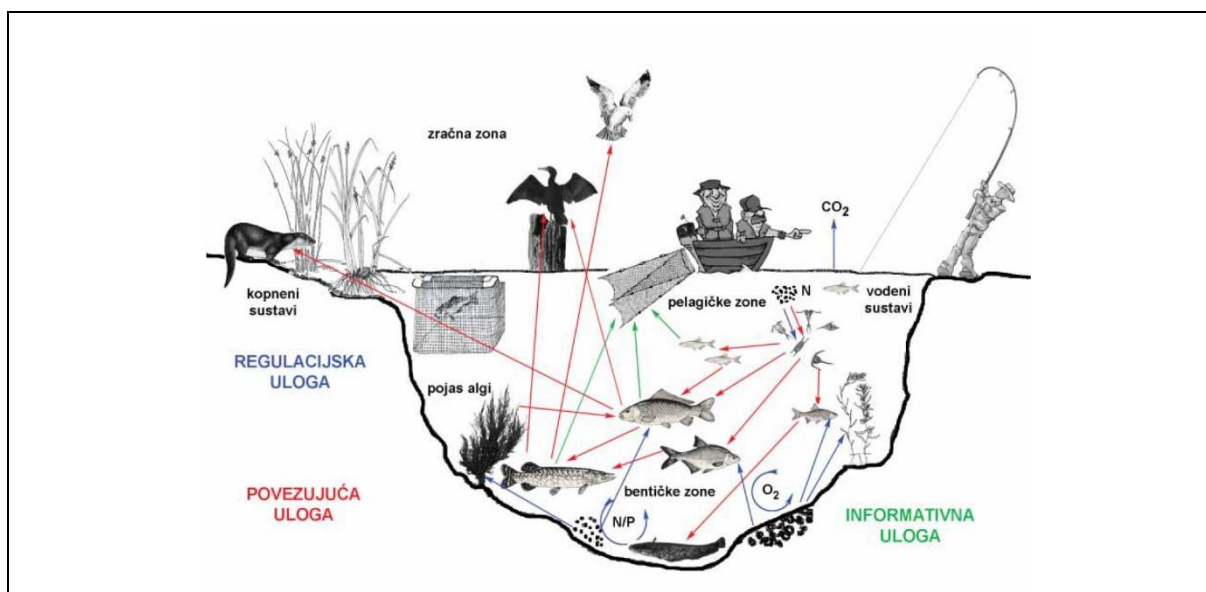
1	Uvod	1
1.1	Zonacija rijeka	2
1.2	Migracije riba	5
1.3	Morfološke značajke ribljih vrsta Hrvatske.....	6
2	Osnove ihtiomehanike	8
3	Ugrožene vrste	14
4	Zaključak	19
	Prilog 1	20
	Literatura	25

1 Uvod

U ovom Izvještaju dan je pregled osnovnih karakteristika slatkovodnih ribljih vrsta na području Republike Hrvatske s naglaskom na ugroženim vrstama. Također opisana su osnovna svojstva karakterističnih ribljih vrsta s ciljem definiranja uvjeta tečenja u ribljim stazama sa stajališta plivačkih sposobnosti.

Popis slatkovodnih riba Republike Hrvatske dan je u Prilogu 1. Svi podaci o ugroženim ribljim vrstama na području Republike Hrvatske korišteni u ovom elaboratu preuzeti su iz „Crvene knjige slatkovodnih riba Hrvatske“, Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, 2006. (M. Mrakovčić 2006)

Biološko značenje riba u ekosustavu prepoznato je i određeno u relativno novije doba, kada je ustanovljena višestruka uloga riba u ekosustavu i to: regulacijska, povezujuća i informativna (slika 1.1).



Slika 1.1 Uloga riblje zajednice u ekosustavu (M. Mrakovčić 2006)

Pri tome je regulacijska i povezujuća uloga ribljih zajednica definirana kroz povezivanje hranidbenih lanaca vodenog ekosustava, povezivanje hranidbenih lanaca vodenog i kopnenog ekosustava, recikliranje nutrijenata i prijenos ugljika i minerala, prestrukturiranje supstrata dna, doprinos kruženju ugljika iz vodenih ekosustava u atmosferu, održavanje procesa sedimentacije te održavanje raznolikosti na razini genoma, vrsta i ekosustava. Informativna uloga ribljih zajednica omogućuje procjenu

stresa ekosustava, procjenu stanja ekosustava, daje znanstvene i edukacijske informacije te prirodno-povijesne informacije.

Hrvatska je jedna od ihtiološki najraznolikijih europskih zemalja što je posljedica zemljopisnog položaja koji obuhvaća dva riječna sustava – jadranski i crnomorski. U slatkim vodama Hrvatske živi 150 vrsta riba, pri tome 81 vrsta nastanjuje crnomorski sliv, a 88 vrsta jadranski sliv.

„Slatkovodne ribe mogu se podijeliti na reofilne i limnofilne vrste. Reofilne vrste preferiraju brzi vodeni tok, niže temperature i u pravilu visoke koncentracije otopljenog kisika. Limnofilne vrste preferiraju stajaće vode i spori tok, velike oscilacije temperature, koncentracije otopljenog kisika, kao i visoke koncentracije hranjiva u vodi. U literaturi se mogu naći različite klasifikacije riječnih sustava, a jedna od prvih bila je podjela tekućica od izvora prema ušću na zone, zasnovane na dominantnim vrstama i promjeni životne zajednice riba. Riblje zone okarakterizirane su ekološkim uvjetima (promjena brzine vode, nagib, širina i dubina korita, tip podloge i sedimenta, temperatura, zasićenost kisikom, vegetacija i sl.). ... Zbog slikovitosti i primjenjivosti na rijeke u Hrvatskoj bit će prikazana u nastavku. Većinu naših rijeka teoretski se može podijeliti na četiri zone koje počinju kod izvora, a završavaju u nizini. To su zona pastrve, zona lipljana, zona mreke, zona deverike. Rijeke jadranskog slijeva završavaju zonom lista, u kojoj se miješa slatka i slana voda. Ipak, iznimka su neke rijeke jadranskog slijeva koje se nakon nekoliko kilometara ulijevaju u more ili poniru (npr. Jadro, Žrnovnica, Gacka, Lika).“ (Duplić 2008)(Slika 1.2)

1.1 Zonacija rijeka

Kao što je spomenuto uzdužno se tok može podijeliti na mnogo načina.

Koncept riječnog kontinuuma opisuje ekološku funkciju rijeke kao linijskog sustava i učinke prekida njihove povezanosti. Ovaj model energetskog toka daje teorijsku osnovu za zahtijevanje integriteta linijske povezanosti riječnih sustava i temelji se na karakterističnoj promjeni abiotskih čimbenika u toku rijeke. Vodne vrste pokazuju prilagodbu specifičnim životnim uvjetima koji prevladavaju u svakom pojedinom dijelu toka rijeke i tvore karakteristične biocenoze koje se mijenjaju u prirodnom slijedu uz vodotok jer se abiotički faktori razlikuju. Idealizirani model koji se temelji na osnovnim odnosima između gradijenata fizičkih čimbenika i bioloških mehanizama koji utječu na sastav živih zajednica u rijekama, može se konstruirati prema sljedećim pretpostavkama

- Protok u vodotoku konstantno raste od izvora prema ušću
- Pad dna korita u pravilu pada s udaljenošću od izvora

- Brzina toka u gornjem toku je u pravilu velika, a zatim se prema ušću postepeno smanjuje
- Supstrat se mijenja duž toka u ovisnosti o brzini tečenja. Supstrat gornjega toka uglavnom se sastoji od kamenih blokova, šljunka i grubog šljunka, u sredini dominiraju sitni šljunak i pijesak, a područje ušća karakterizira fini pijesak, mulj i glineni supstrat.
- Temperatura vode duž toka u pravilu raste od izvora prema ušću.
- Sadržaj kisika u vodi pada uzduž njezinog toka (ne samo zbog veće temperature vode i sporije brzine protoka već i zbog vodnih biljaka, a posebno fitoplanktona).

Tradicionalno na području Hrvatske, tok jedne rijeke dijeli se prema vrstama riba (slika 1.2).

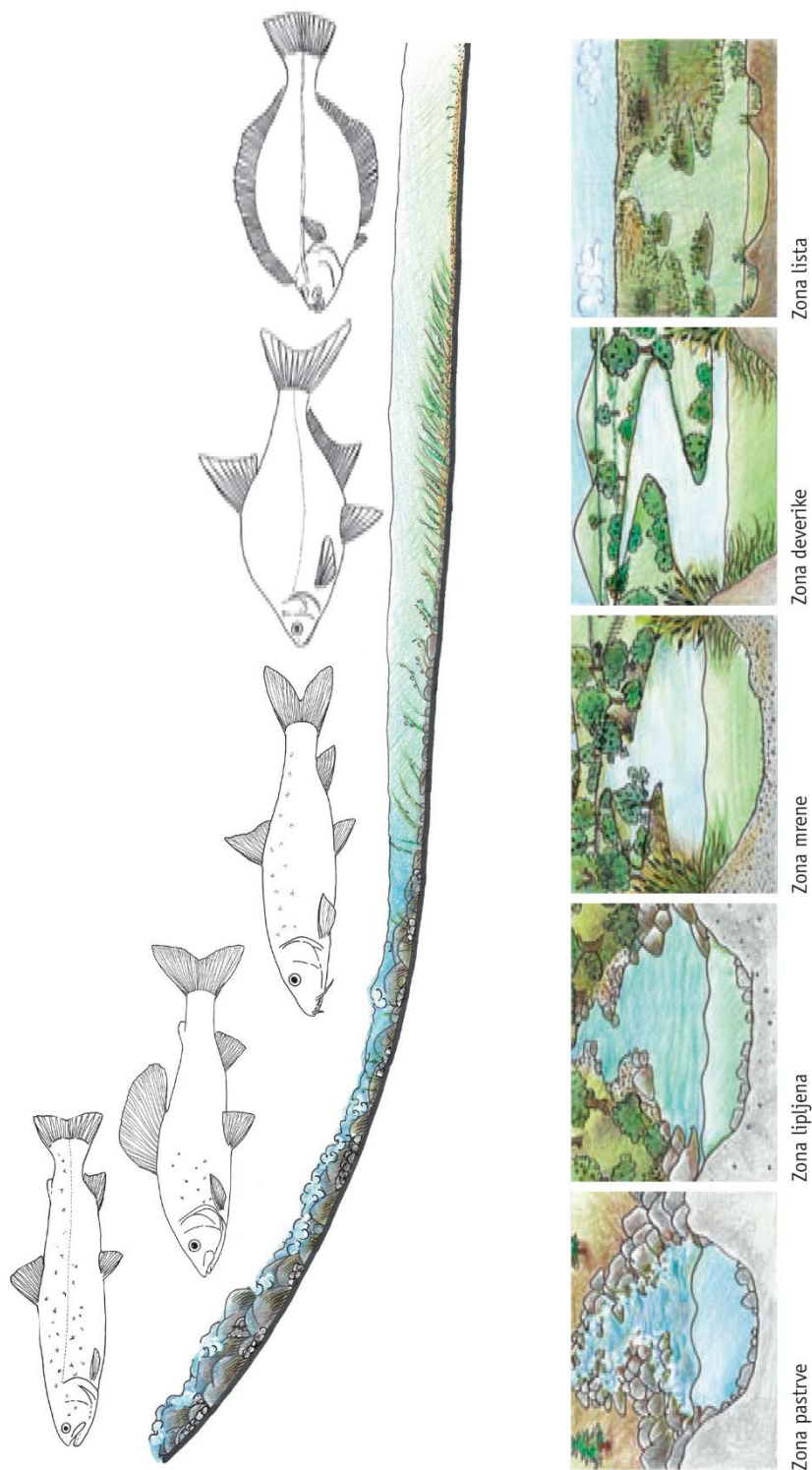
Zona pastrve čini najgornji dio brdskih potoka s kamenitim dnom i jakom strujom vode. Karakterizirana je relativno velikim nagibom dna (i do 10%) te temperaturom vode do 20°C. Osim pastrve (*Salmo trutta*) od riba tu žive još i peš (*Cottus gobio*) i pijor (*Phoxinus phoxinus*). Česte su i alge kremenjašice i mahovine.

Zona lipljena je prelazna zona prema srednjem toku (prema nekim autorima područje između potoka i rijeka). Karakteristika ove zone je šljunkovito tlo nagiba 2-7%, sporijeg toka od zone pastrve. Prosječna godišnja temperatura u ovoj zoni je nešto viša nego u zoni pastrve ali i dalje do 20°C. Uz lipljena (*Thymallus thymallus*) tu još uvijek obilno nalazimo i pastrvu, peša i pijora te ribe srednjeg toka: mrenu (*Barbus barbus*), klena (*Squatius cephalus*), podusta (*Chondrostorna nasus*) i krkuša (*Gobio* sp.).

Zona mreine podudara se sa srednjim tokom rijeke šljunkovito-pjeskovite podloge, gdje je veće kolebanje temperature vode i ima manje otopljenog kisika. Uz mrenu dolaze još i klen, podust, jez (*Leuciscus idus*), bolen (*Aspius aspius*), klenić (*Leuciscus leuciscus*) te populacije mladica Kucho hucho) koje su u posljednje vrijeme zbog pregradnje korita i ograničavanja sezonskih migracija prorijeđene.

Zona deverike obuhvaća donji tok rijeke s muljevito-pjeskovitim koritom. Korito u ovoj zoni je u pravilu široko i duboko, malih nagiba (do 1,5%) što za posljedicu ima sporo tečenje i relativno visoke ljetne temperature vode (i preko 25°C). Uz deveriku (*Abramis brama*) česte vrste ove zone su i bodorka (*Rutilus rutilus*), šaran (*Cyprinus caprio*), linjak (*Tinca tinca*), smuđ (*Sander lucioperca*), som (*Silurus glanis*) i štika (*Esax lucius*). U ovoj zoni raste mnogo vodene vegetacije, česta je i nestašica kisika dok su kolebanja ekoloških parametara velika.

Zona lista predstavlja samo ušće rijeke u more od kojega je voda zaslanjena. Primjer ribe koju nalazimo ovdje je jegulja.



Slika 1.2 Zonacija rijeka (Duplić 2008)

IZVJEŠTAJ 1

Pregled ribljih vrsta na području Hrvatske i uvjeti tečenja koji pogoduju njihovoj migraciji

Error! Reference source not found. Error! Reference source not found.

Rijeke imaju i vertikalnu podjelu – od dna do površine. Taj gradijent nije toliko izražen kao u vodama stajaćicama ili u moru, jer u većini slučajeva nedostaje plankton, sitni organizmi koji plutaju najčešće u površinskom sloju vode, a predstavljaju vrlo značajnu kariku hranidbene mreže i biološke primarne produkcije organske tvari.

Dno (bentonske vrste) zasigurno je najvažnija zajednica rijeke, pogotovo za male vodene beskralješnjake koji ovdje nalaze zaklon od strujanja. Sitni vodeni beskralješnjaci poput vodencvjetova, tulara i obalčara, različitim se načinima učvršćuju za kamenje i druge čvrste objekte u koritu.

Obale su također dio rijeke i često su vrlo bujne. Voda je na rubovima općenito usporena pa je živim organizmima olakšan rast. Vrbe su najčešća obalna vegetacija, zajedno s drugim vrstama mekog drveća poput topola ili joha, a nije rijetkost vidjeti ni trsku i ostalo močvarno bilje, čak i u krškim rijekama.

1.2 Migracije riba

Sve riblje vrste provode ciljane "promjene staništa" barem u izvjesnoj životnoj fazi kao posljedicu promjene zahtjeva staništa i s ciljem optimizacije korištenja resursa i produktivnosti (npr. raspodjela, rast, reprodukcija, sklonište i zaštita od grabežljivaca) (S. Schmutz 1997), (Jungwirth 1998).

Reproduksijske migracije uglavnom se događaju u uzvodnom smjeru. Nekim vrstama pri tome pogoduju mali, nekim veliki protoci. Nizvodne migracije se obavljaju u svrhu širenja, prelaska prema jesenskim / zimskim staništima ili povratkom u njihovu glavno stanište nakon reprodukcije (BMLFUW 2012). Migracije mogu biti sezonske, mjesečne ili dnevne.

Opstanak riblje populacije uvelike se oslanja na raspoloživost potrebnih ali prostorno odvojenih područja unutar riječne mreže. Jasno je da prekid kontinuiteta riječne mreže odnosno postavljanje prepreka ima negativne utjecaje i znatno ugrožava riblju populaciju.

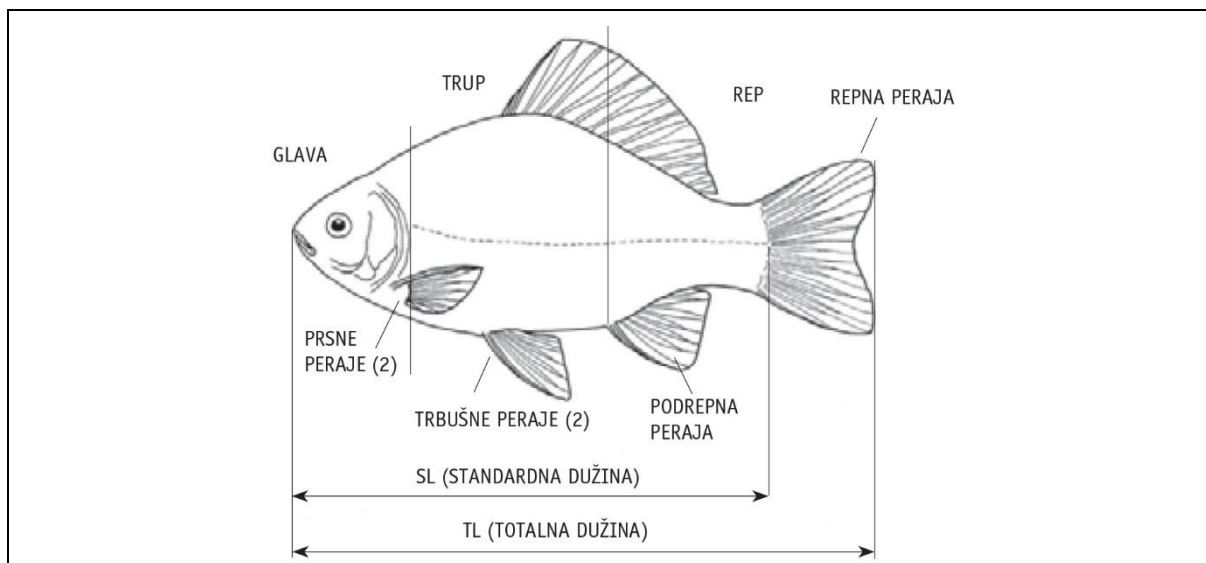
U pravilu riblje migracije uzrokovane su s nekoliko složenih međusobno povezanih faktora, koji se mogu podijeliti u dvije osnovne grupe unutarnji i vanjski faktori. Vanjski faktori su abiotički uvjeti u koje ubrajamo temperaturu vode, godišnja doba, svjetlost, protok, kakvoću vode i saturaciju kisikom. Unutarnji faktori su spremnost za reprodukciju, zahtjevi prehrane, povratak na mjesto rođenja („*homing effect*“) (Martyn C. Lucas 2001). Općenito unutarnji faktori su pod značajnim utjecajem vanjskih faktora.

Riblje vrste mogu se klasificirati po migraciji u dvije osnovne kategorije – vrste koje migriraju između slane i slatke vode, te vrste koje migriraju unutar slatke vode. Pri tome se vrste koje migriraju između slane i slatke vode dijele na tri podgrupe i to: vrste koje žive u slanoj vodi a zbog mriještenja migriraju u slatku vodu, vrste koje žive u slatkoj vodi a zbog mriještenja migriraju u slanu vodu, te vrste koje neovisno o reproduktivnim potrebama migriraju iz slane u slatku vodu. Vrste koje migriraju unutar slatke vode dijele se na migratorne vrste velikih udaljenosti (>300km u jednom smjeru/godišnje), migratorne vrste srednjih udaljenosti (30-300km u jednom smjeru/godišnje) i migratorne vrste kratkih udaljenosti (<30km u jednom smjeru/godišnje).

1.3 Morfološke značajke ribljih vrsta Hrvatske

“Slatkovodne ribe Hrvatske su zrakoperke. Na tijelu zrakoperki razlikujemo glavu, trup i rep (sl. 3.1). Krajnja točka operkuluma (škržnog poklopca) je granica glave i trupa. Rep počinje od analnog otvora. Na glavi su oči bez kapaka, jedan par nosnica i usta. S obje strane glave je širok škržni poklopac pod kojim su škrge. Tijelo većine riba prekriveno je ljuskama, koje nastaju u usmini. U riba su najčešće koštane ili elasmoidne ljuske. S gornje strane tih ljusaka koštano je tkivo, a s donje strane vezivno tkivo prožeto vapnencem. Na ljuskama slatkovodnih riba umjerenog pojasa, zbog sezonskog rasta, razlikujemo zone prirasta (anule), koje nastaju zbog bržeg (u vrijeme dobre ishrane, odnosno u proljeće i ljeto) ili sporijeg (u vrijeme manje količine hrane, odnosno zimi) rasta. Slabije ovapnjenje može biti i posljedica mrijesta ili stresa. Anuli podsjećaju na godove drveta. Razlikujemo dva tipa koštanih ljusaka: okruglaste ili cikloidne (s ravnim rubom), karakteristične za šaranke, i češljaste ili ktenoidne (s nazubljenim rubom), karakteristične za grgečke. Većina vrsta ima duž bočnih strana tijela, od početka trupa pa sve do repa, bočnu prugu.“ (Duplić 2008)

Ukupna ili totalna dužina (TL) je dužina od najizbočenijeg dijela glave ribe do najdužeg vrha repne peraje. Standardna dužina (SL) je dužina od najizbočenijeg dijela glave do granice mesa ili zadnjih ljusaka bočne pruge i repne peraje (sl. 1.3).



Slika 1.3 Tijelo ribe (Duplić 2008)

2 Osnove ihtiomehanike

Disciplina koja se bavi proučavanjem mehanizama kretanja riba naziva se ihtiomehanika. Osnovni oblik kretanja riba i praktički jedini zanimljivi kod projektiranja ribljih staza je plivanje.

Plivanje uključuje prijenos količine gibanja s ribe na okolnu vodu (i obrnuto). Glavni mehanizam prijenosa gibanja je preko sile otpora, podizanja i inercijalne sile.

Sila otpora sastoji se od sljedećih komponenti:

1) trenje između tijela ribe i graničnog sloja vode (otpor površinskog trenja) – posljedica viskoznosti fluida (vode) u području tečenja s velikim gradijentom brzine. Otpor trenja ovisi o omoćenoj površini i brzini plivanja ribe kao i prirodi tečenja graničnog sloja.

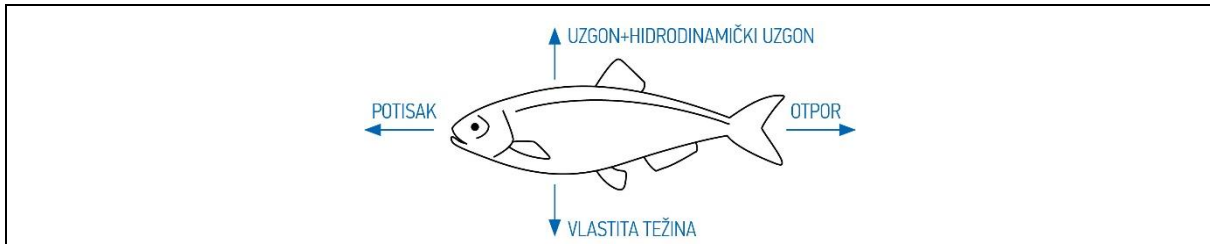
2) razlika u tlaku koja nastaje guranjem vode za prolazak ribe (otpor oblika) – nastaje radi oblika tijela koji se nalazi na putu strujnica fluida (većina riba ima hidraulički povoljno oblikovana tijela za razvoj što manjeg otpora)

3) interferirajući otpor – nastaje kada protok fluida oko jedne komponente tijela zauzima isti prostor kao protok fluida oko druge komponente tijela (npr. peraja i trup). Na križanju tih dviju komponenti protoci imaju manje fizičke površine preko koje mogu strujati što rezultira miješanjem protoka i stvaranjem lokaliziranog udarnog vala. Radi udarnog vala rezultirajući otpor je veći nego suma individualnih otpora proizvedenih na spomenutim komponentama.

Hidrodinamički uzgon potječe iz viskoznosti vode i uzrokovana je nesimetričnostima u tečenju. Uslijed tečenja pored nekog objekta uzorak toka može biti takav da dođe do razlike u tlakovima na različitim bočnim stranama objekta (ribe).

Inercijalna sila generirana je otporom vode koja okružuje tijelo ribe uslijed promjene brzine kretanja ribe u odnosu na brzinu tečenja vode.

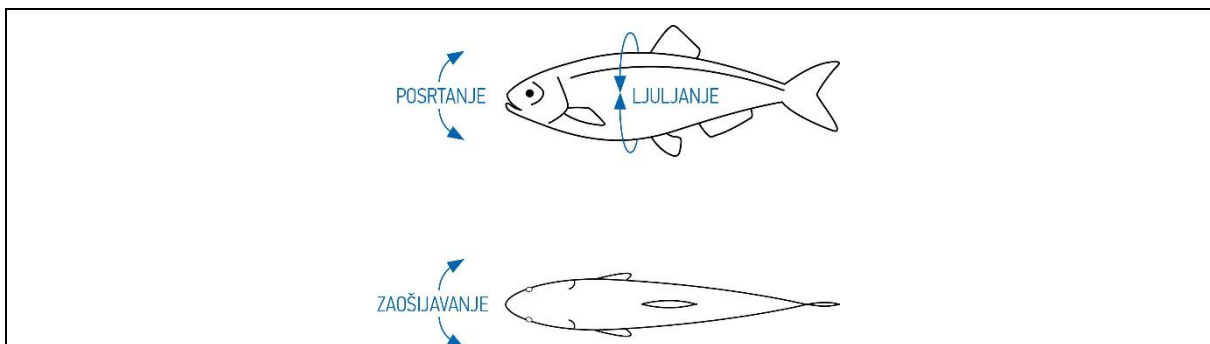
Osnovna djelovanja na ribe u procesu plivanja (Sfakiotakis, Lane et al. 1999) (slika 2.1) su gravitacija, uzgon i hidrodinamički uzgon u vertikalnom smjeru i potisak (sila koja tjera naprijed) i sile otpora u horizontalnom smjeru.



Slika 2.1 Sile na ribu u kretanju (prema (Sfakiotakis, Lane et al. 1999))

Za ribu koja se giba konstantnom brzinom prema zakonu o očuvanju količine gibanja djelovanja na nju moraju biti u ravnoteži. Prema tome ukupan potisak mora biti u ravnoteži sa silama otpora koje nastaju gibanjem ribe.

Također, hidrodinamička ravnoteža i smjer kretanja često se razmatraju u terminima: posrtanje (*eng. pitch*), ljuljanje (*eng. roll*), i zaošijanje (*eng. yaw*) [Slika 2.2]. Brzina plivanja riba nerijetko se iskazuje kao duljina tijela ribe u sekundi (body lengths per second (BL/s)).



Slika 2.2 Smjerovi kretanja ribe (prema (Sfakiotakis, Lane et al. 1999))

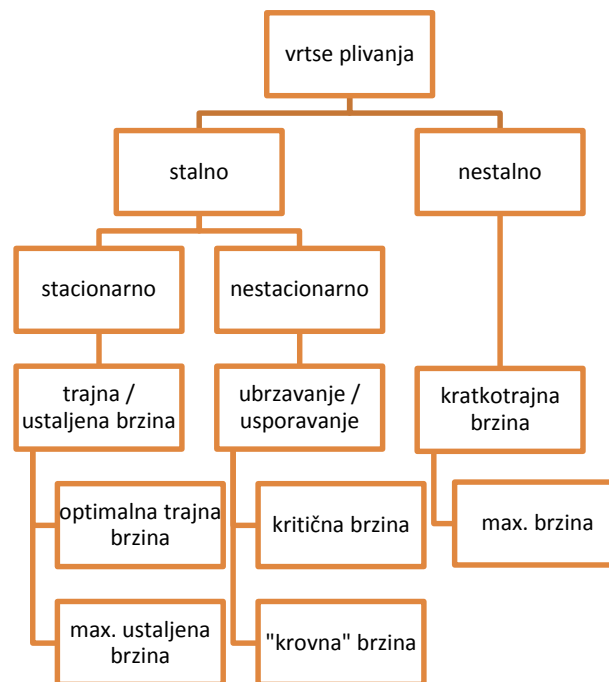
Prema klasičnom pristupu ribe plivaju trima načelno različitim brzinama određenim na temelju trajanja plivanja ribe određenom brzinom (Plaut 2001):

1) kratkotrajnom ili eksplozivnom (*eng. burst speed*) – maksimalna brzina, traje do 20s i zahtijeva dugo vrijeme oporavka. *Kod jedinki porodica salmonidae, percidae i reda cypriniformes doseže iznos 10-12 dužina tijela u sekundi, a za cyprinidae 4-5 dužina tijela u sekundi.*

2) Produženom ili neprekidnom brzinom (*eng. prolonged speed*) – iznosi oko 5 dužina tijela u sekundi, ribe je mogu koristiti od 20s do 200 minuta te dolaze u stanje iscrpljenosti.

3) Trajnom ili ustaljenom brzinom (*eng. cruising speed*) – oko 2 dužine tijela u sekundi, održiva je duže od 200 minuta.

Prema radovima novijeg datuma (Gui, Wang et al. 2014) predlaže se podjela na stalno i nestalno plivanje prikazana na slici 2.3. Pri toj podjeli nestalna brzina poklapa se s ranije korištenom kratkotrajnom brzinom kao brzina kojom ribe mogu plivati do 20s. Stalno plivanje smatra se aerobnim plivanjem i ribe tako mogu plivati kroz duže vrijeme. Nadalje predlaže se detaljnija podjela stalnog plivanja na stacionarno i nestacionarno plivanje. Pri tome se stacionarno plivanje koje po karakteristikama odgovara trajnom odnosno ustaljenom plivanju dijeli na optimalnu trajnu brzinu i maksimalnu ustaljenu brzinu plivanja, dok se nestacionarno plivanje kod kojeg brzina plivanja varira (ubrzanja odnosno usporavanja) dijeli na kritičnu brzinu plivanja (brzinu kod koje se koristi najviše kisika a do koje se dolazi stepenastim povećanjem brzine u vremenu) i „krovnu“ brzinu (brzinu koju riba može svladati kontinuiranim povećanjem od nule do maksimalne veličine i nazad do nule pri čemu na kraju promatranog intervala nastupa stanje iscrpljenosti).



Slika 2.3 Podjela plivanja riba prema (Gui, Wang et al. 2014)

Riblje staze ne bi smjele biti projektirane tako da zahtijevaju korištenje kratkotrajne brzine (osim eventualno na mjestima kontrakcije toka), već neprekidne brzine, koju riba može koristiti dovoljno dugo da prijeđe stazu. Nema potrebe da budu projektirane za korištenje trajne brzine. Poželjno je, pogotovo za dugačke staze, postojanje mjesta za odmor. Pri tome treba napomenuti da bi za projektiranje ribljih staza trebalo koristiti kratkotrajnu brzinu „najlošijeg“ plivača među ribljim vrstama promatranog područja (a to su obično mlade jedinke pojedinih vrsta ili veličinom najmanje vrste). Laboratorijska ispitivanja pokazala su da su najveće kratkotrajne brzine koje mogu savladati male i

mlade ribe približno 0,35-0,6m/s. Ovakve relativno male brzine mogu biti osigurane u neposrednoj blizini dna odgovarajućim projektnim rješenjem.

Pojavu turbulencije i vrtložnosti teško je izbjeći a njihov utjecaj na plivanje riba nije sasvim razjašnjen. Zbog mogućnosti da manje ribe budu zahvaćene i zbunjene vrtložima i turbulencijom, u redu je pretpostavka da je utjecaj negativan. Neka istraživanja sugeriraju da ribe znaju koristiti turbulenciju uz fizičke strukture, propulziju uzrokovanu plivanjem drugih riba i vrtloge, za uspješnije plivanje. Sumnja se da veličina vrtloga najviše utječe na ponašanje riba pri plivanju (Liao 2007). S obzirom na ostale akvatične organizme (slabije plivačke sposobnosti) turbulencija bi trebala biti što manja.

Generalni pokazatelj razine agitacije u bazenu je maksimalna volumetrijska disipirana snaga P_V [W/m^3] (*volumetric power*):

$$P_V = \frac{\rho g Q \Delta h}{LBh},$$

definirana u funkciji gustoće vode, ubrzanja sile teže, protoka vode, razlike razina vode ispred i iza otvora bazena, svjetle duljine i širine bazena i prosječne dubine toka mjerene u centru bazena [m]. Za pojedine vrste postoje maksimalno preporučene vrijednosti disipirane snage. (Callaud, Pineau et al. 2014)

Kod staza s bazenima, maksimalna volumetrijska disipirana snaga P_V [W/m^3] generalni je pokazatelj razine agitacije (tj. grubi pokazatelj intenziteta turbulencije) i preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m^3 ovisno o vrsti riba. Detaljnija preporuka prema zonaciji rijeka dana je u tablici 2.1 (BMLFUW 2012) dok su granične vrijednosti (maksimalne dopuštene) dane u tablici 2.2 (EA 2010).

Tablica 2.1 preporučene vrijednosti volumetrijske disipirane snage prema zonaciji rijeke

	Zona pastrve, gornji tok	Zona pastrve, donji tok	Zona lipljena	Zona mrene	Zona deverike
volumetrijska disipirana snaga P_V [W/m^3]	160	130-140	120	100	80

Tablica 2.2 Granične vrijednosti volumetrijske disipirane snage prema zonaciji rijeke (EA 2010)

	<i>Zona pastrve, gornji tok</i>	<i>Zona pastrve, donji tok</i>	<i>Zona lipljena</i>	<i>Zona mrene</i>	<i>Zona deverike</i>
volumetrijska disipirana snaga P_v [W/m³]					
<i>Tehničke riblje staze (bazenskog tipa)</i>	250	225	200	150	125
<i>Riblje rampe</i>	300	275	250	200	175

Nadalje, bitni lokalni pokazatelji su brzina toka u točki, čija maksimalna vrijednost ne smije prelaziti 2 m/s (na mjestima kontrakcije toka), i dubina, koja ne smije biti manja od 0.2 m. (FAO 2002), (Calluaud, Pineau et al. 2014). Prve generacije ribljih staza izvedene su držeći se isključivo ovih pravila. Poželjno je da dubina bude što veća jer će tada stazu moći koristiti i ribe koje plivaju pridneno i ribe koje plivaju površinski.

U nastavku je za ilustraciju prikazana tablica (tablica 2.3) graničnih kratkotrajnih brzina po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno svladati ribljom stazom i tipu riblje staze (FAO 2002).

Ribama odgovara situacija kada znaju prepoznati „uzorak toka“ pa je poželjno ponavljanje uzorka geometrije, što je u pravilu prisutno kod većine ribljih staza. Unazad 15 godina sve se više energije ulaže u detaljno proučavanje strukture toka u stazama. Primjer su istraživanja (Wu, Rajaratnam et al. 1999);(Tarrade, Texier et al. 2008); (Damien Calluaud 2012) i (Calluaud, Pineau et al. 2014).

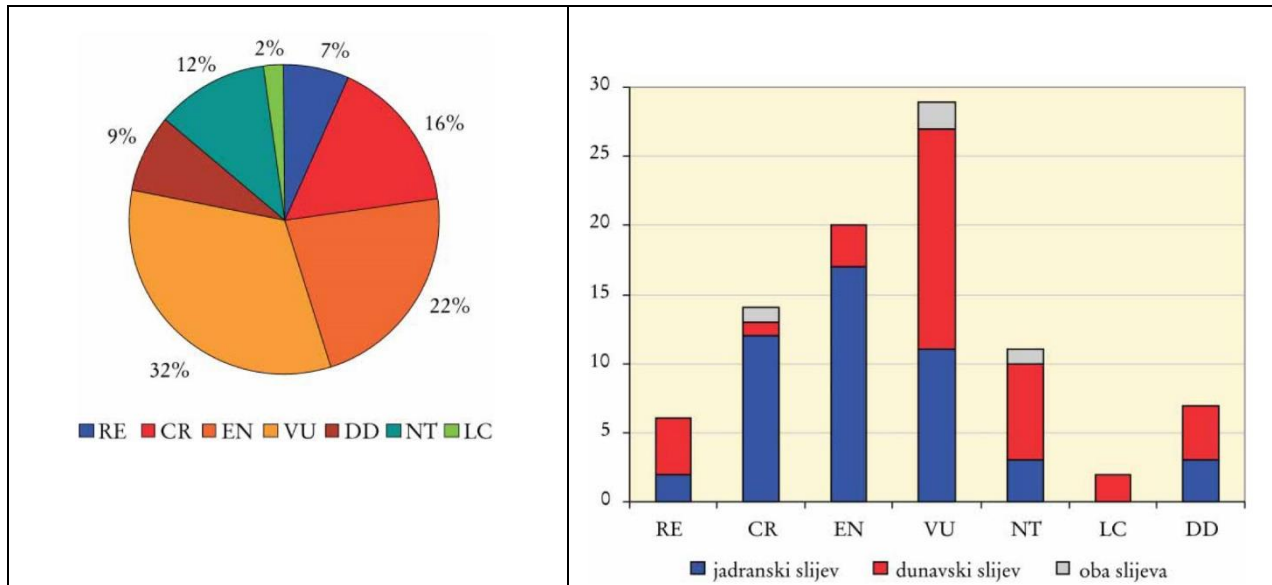
Bitan lokalni pokazatelj toka postaje kinetička energija turbulencije $k = \frac{1}{2}(\bar{u}^2 + \bar{v}^2)$ [m²/s²]. Postoji uska veza između ovog pokazatelja i volumetrijske disipirane snage. (Tarrade, Texier et al. 2008) Kod staza s bazenima nastaju recirkulacijske zone – područja omeđena vrtlozima. Zbog slabije izražene vertikalne komponente, može ih se tretirati kao dvodimenzionalne. Vrtlozi mogu zahvatiti manje ribe pa prelazak staze postaje upitan. Situacija kad je vrtlog manji od ribe nije problematična, no ako je veći, ribe se gibaju otežano i kaotično (Calluaud, Pineau et al. 2014).

Tablica 2.3 Maksimalne kratkotrajne brzine po pojedinim zonama rijeke ovisno o visinskoj razlici koju je potrebno svladati ribljom stazom i tipu riblje staze

<i>Ukupna visinska razlika</i>	<i>Zona pastrve, gornji tok</i>	<i>Zona pastrve, donji tok</i>	<i>Zona lipljena</i>	<i>Zona mreke</i>	<i>Zona deverike</i>
<i>Tehničke riblje staze</i>					
<i><3m</i>	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7
<i>3 do 6 m</i>	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6
<i>6 do 9 m</i>	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
<i>>9 m</i>	1,9		1,8	1,5	
<i>Prirodne riblje staze – obilazni tok</i>					
<i><5m</i>	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
<i>5 do 10 m</i>	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
<i>>10m</i>	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9
<i>Prirodne riblje staze – riblje rampe</i>					
<i><5m</i>	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5
<i>5 do 10 m</i>	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5
<i>>10m</i>	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3

3 Ugrožene vrste

U Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske nalazi se 90 vrsta i podvrsta, odnosno 60% ukupnog broja vrsta hrvatske slatkovodne ihtiofaune u različitim kategorijama ugroženosti. (Slika 3.1)

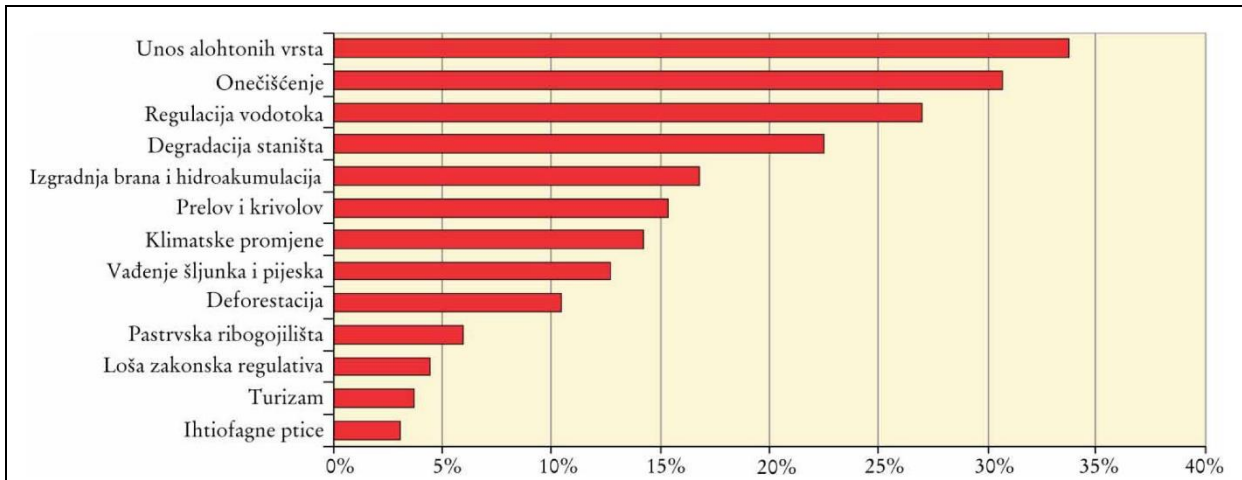


Slika 3.1: Zastupljenost kategorija ugroženosti hrvatske ihtiofaune ukupno i po slivovima (M. Mrakovčić 2006)

(RE – regionalno izumrla vrsta; CR – kritično ugrožena vrsta; EN – ugrožena vrsta; VU – osjetljiva vrsta; DD – nedovoljno poznata vrsta; NT – gotovo ugrožena vrsta; LC – najmanje zabrinjavajuća vrsta)

Na slici 3.2 prikazani su uzroci ugroženosti. Očigledno je da je glavni uzrok djelovanje čovjeka u raznim oblicima. Pri tome su regulacije vodotoka na vrlo visokom trećem mjestu s procijenjenim udjelom od 27%, te izgradnja brana i akumulacija 17%.. Iz toga je vidljivo da je neophodno posvetiti pažnju daljnjem projektiranju regulacijskih građevina u skladu s potrebama ekosustava te se time dodatno naglašava potreba planiranja i projektiranja ribljih staza kao građevina kojima se osigurava nesmetana migracija ribljih vrsta.

Pri tome je u različitim slatkovodnim ekosustavima (potoci, rijeke, jezera, močvare) različit i utjecaj korisnika, a procjena tih utjecaja vrednuje se u rasponu od malih utjecaja, srednjih, velikih do izrazito velikih utjecaja. Pri tome u kategoriju izrazito velikih utjecaja za riječne ekosustave su djelovanja industrije te izgradnja brana i pregrada.



Slika 3.2: Najvažniji uzroci ugroženosti hrvatske ihtiofaune (M. Mrakovčić 2006)

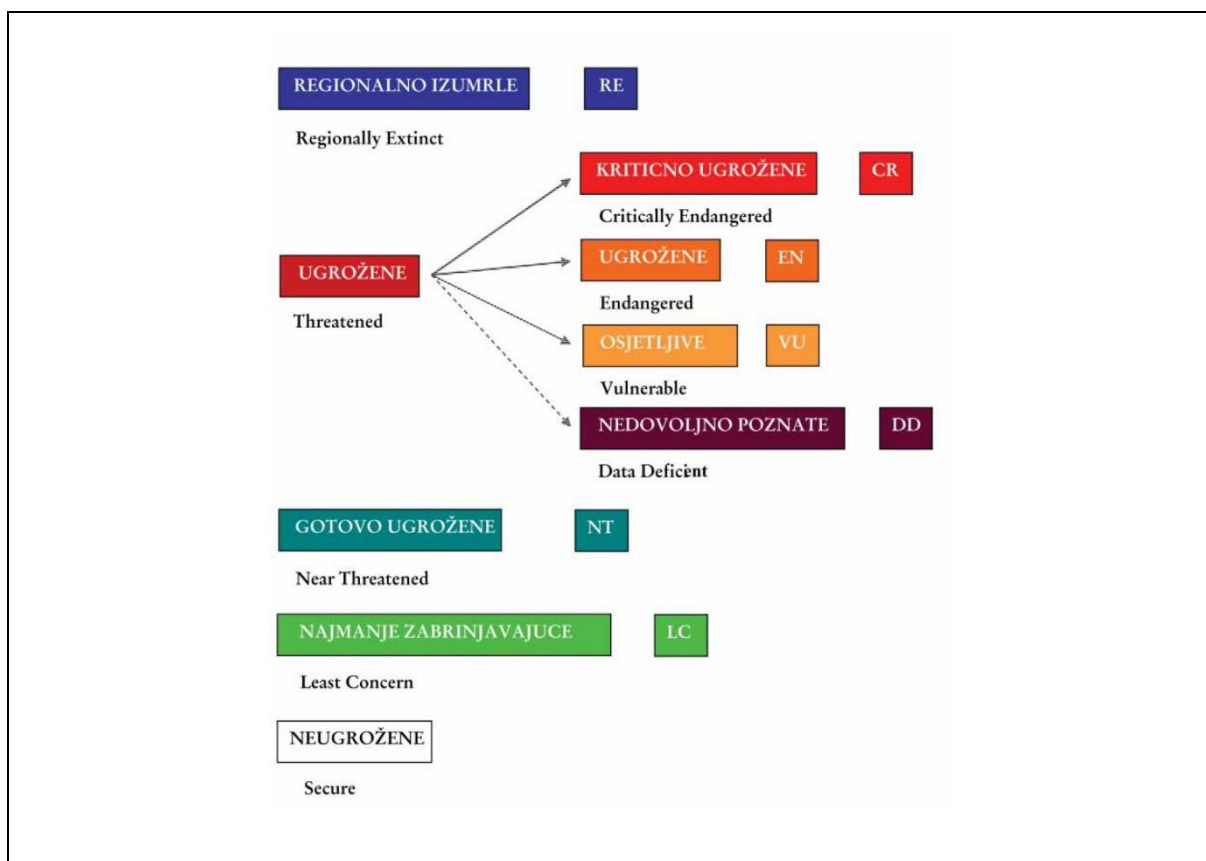
Izgradnja brana i pragova prekida riječnu cjelovitost, te onemogućuje longitudinalne migracije riba koje teku od ušća prema izvoru i obrnuto. Umjetne zapreke uzrokuju smanjenje brojnosti ili čak potpuni nestanak migratornih vrsta riba. Za opstanak holobiontskih vrsta takve su migracije izuzetno važne. Premda velik broj vrsta migrira u gornje i donje dijelove vodotoka, 10 vrsta smatramo holobiontskim migratornim vrstama u crnomorskom slivu Hrvatske.

Devet vrsta zbog razmnožavanja migrira u gornje tokove rijeka: potočna pastrva (*Salmo trutta*), štika (*Esox lucius*), podust (*Chondrostoma nasus*), mrena (*Barbus barbus*), nosara (*Vimba vimba*), kečiga (*Acipenser ruthenus*), manjić (*Lota lota*), smuđ (*Sander lucioperca*), mladica (*Hucho hucho*) i još neke manje ciprinidne vrste, dok u jadranskom slivu jegulja (*Anguilla anguilla*) migrira iz gornjih tokova u more gdje se mrijesti.

U cilju očuvanja navedenih vrsta, odnosno osiguranja longitudinalne povezanosti vodotoka nužno je na budućim ali i postojećim objektima izgraditi riblje staze.

Na slici 3.3 prikazane kategorije u nastavku su ukratko opisane prema IUCN kategorijama i kriterijima Crvene knjige slatkovodnih riba Hrvatske:

- **IZUMRLE VRSTE**
 - IZUMRLE (EX) – dokazano da je izumrla i posljednja jedinka.
 - IZUMRLE U PRIRODI (EW) – istraživanjem na poznatom staništu vrste u vremenskom razdoblju životnog ciklusa nije nađena niti jedna jedinka.
- **UGROŽENE VRSTE**
 - KRITIČNO UGROŽENE (CR) – vrste suočene s krajnje visokim rizikom od izumiranja u prirodi.
 - Veličina populacije je smanjena, a indeks gustoće vrsta je malen. Populacije nekih vrsta smanjene su za 80%
 - Areal je izuzetno malen ili rascjepkan, ili su neke vrste rasprostranjene samo na jednom lokalitetu. Područje rasprostranjenosti manje je od 100km². Osim toga, uočljiv je stalan pad brojnosti i velike fluktuacije areala.
 - UGROŽENE VRSTE (EN) – vrste s vrlo visokim rizikom od izumiranja u prirodi.
 - Veličina populacije je smanjena. Unesene vrste imaju veliki utjecaj na smanjenje veličine populacije autohtone vrste. Populacije nekih vrsta smanjene su za 50%.
 - Areal je malen ili rascjepkan, područje rasprostranjenosti manje je od 5000km². Uočljive su fluktuacije u kvaliteti staništa i areala.
 - OSJETLJIVE VRSTE (VU) – vrste suočene s visokim rizikom od izumiranja u prirodi
 - Populacije nekih vrsta smanjene su za 25%.
 - Areal je malen ili rascjepkan, područje rasprostranjenosti manje je od 20000km².
- **GOTOVO UGROŽENE VRSTE I NAJMANJE ZABRINJAVAJUĆE VRSTE**
 - GOTOVO UGROŽENE VRSTE (NT) – vrste koje ne ispunjavaju kriterije za skupinu ugrožene vrste no vrlo su blizu tim kategorijama na temelju pojedinih značajki, te se očekuje da će u skorijoj budućnosti biti ugrožene.
 - NAJMANJE ZABRINJAVAJUĆE VRSTE (LC) – vrste za koje je procijenjeno da nemaju uvjete za bilo koju kategoriju ugroženosti.
- **NEDOVOLJNO POZNATE VRSTE (D.D.)** – vrste za koje nedostaju podaci o rasprostranjenosti, brojnosti i statusu populacije.



Slika 3.3 Kategorije sigurnosnog statusa riba u Hrvatskoj prema IUCN-u (M. Mrakovčić 2006)

U nastavku su dani osnovni podaci o spomenutim uzvodno migratornim vrstama prema Crvenoj knjizi slatkovodnih riba Hrvatske (Tablica 3.1).

Tablica 3.1 : Ugrožene migratorne vrste

VRSTA	IUCN status	Uzroci ugroženosti	Rijeke u Hrvatskoj	Učestalost
potočna pastrva (Salmo trutta)	VU	<ul style="list-style-type: none"> • onečišćenje • regulacije pregrade • promjena mikroklimе 	Rijeke i dunavskog i jadranskog sliva, jezerska forma u Plitvičkim jezerima, jezeru Lokve, rijeci Cetini (Peruča) i brojnim manjim jezerima	česta vrsta
nosara (Vimba vimba)	VU	<ul style="list-style-type: none"> • regulacije pregrade • izlov • smanjenje poplavnih područja 	Drava i pritoci, Sava, Kupa	uobičajena vrsta
kečiga (Acipenser ruthenus)	VU	<ul style="list-style-type: none"> • izlov • regulacije pregrade onečišćenje	Dunav, Sava, drava, Mura	uobičajena vrsta
manjić (Lota lota)	VU	<ul style="list-style-type: none"> • regulacije pregrade • onečišćenje • izlov • unos alohtonih vrsta 	Sava, Kupa, Drava, Dunav i njihovi pritoci	uobičajena vrsta
mladica (Hucho hucho)	EN	<ul style="list-style-type: none"> • izlov • regulacije pregrade • onečišćenje 	Kupa, Mrežnica, Dobra, sava, Una, drava, Dunav	rijetka vrsta

4 Zaključak

S obzirom da je Hrvatska jedna od ihtiološki najraznolikijih europskih zemalja važno je zahvatima u okolišu, preciznije vodotocima ne pokvariti postojeće stanje te omogućiti postojećim vrstama nesmetani razvoj. Prema zonaciji rijeka prihvaćenju na području Hrvatske opisani su uvjeti koje je potrebno ispuniti a vezano na uvjete tečenja u ribljim stazama i plivačke sposobnosti pojedinih vrsta „predstavnik“ po zonama.

Riblje staze moraju biti projektirane tako da omoguće prijelaz i najslabijim jedinkama unutar pojedinih vrsta, a s druge strane geometrija riblje staze – širina, dubina – moraju biti projektirane tako da omoguće prolaz odraslim, najvećim jedinkama pojedine vrste. S hidrauličkog stajališta važno je ograničiti maksimalnu brzinu vode koja će u zadanim uvjetima (pad i duljina riblje staze uz traženi protok i dubinu) biti dosegnuta. Isto tako pojava turbulentog toka smanjuje sposobnost riba za svladavanjem struje vode i uzrokuje iscrpljivanje riba. Zato je preporuka da riblje staze sadrže bazene za odmor ili da se smanji visinska razlika između pojedinačnih bazena i poveća dužina riblje staze u uzvodnom smjeru. Sve ove elemente potrebno je uz sva ostala pravila projektiranja uključiti u građevinske projekte ribljih staza.

Nastavno na ovaj Izvještaj u Izvještaju 2 opisane su osnovne tehničke karakteristike različitih tipova ribljih staza kao polazna točka za izradu numeričkih i fizikalnih modela u sklopu projekta.

Granične i preporučene vrijednosti iz dostupne literature prikazane u ovom Izvještaju u nastavku projekta Planiranje i projektiranje ribljih staza bit će detaljno analizirane sa ciljem što jednostavnije primjene u inženjerskoj praksi.

Prilog 1



Popis vrsta

slatkovodnih riba Republike Hrvatske

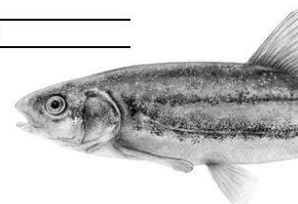
Dušan Jelić, prof. biol.

www.ribe-hrvatske.com
Zagreb, srpanj 2011.

JELIĆ, D. (2011): Popis vrsta slatkovodnih riba Republike Hrvatske

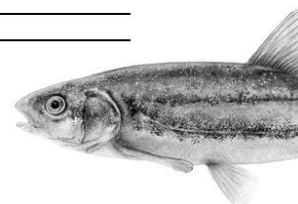
Tablica 1. Popis vrsta slatkovodnih riba Republike Hrvatske

PORODICA	NAZIV	HR NAZIV
Acipenseridae	<i>Acipenser gueldenstaedtii</i> (Brandt & Ratzenburg, 1833)	jesetra
	<i>Acipenser naccarii</i> (Bonaparte, 1836)	jadranska jesetra
	<i>Acipenser nudiiventris</i> (Lovetzky, 1828)	sim
	<i>Acipenser ruthenus</i> (Linnaeus, 1758)	kečiga
	<i>Acipenser stellatus</i> (Pallas, 1771)	pastruga
	<i>Acipenser sturio</i> (Linnaeus, 1758)	atlanska jesetra
	<i>Huso huso</i> (Linnaeus, 1758)	moruna
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	jegulja
Atherinidae	<i>Atherina boyeri</i> (Risso, 1810)	brfun
Balitoridae	<i>Barbatula barbatula</i> (Linnaeus, 1758)	brkica
Blenniidae	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801)	riječna babica
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758)	sunčanica *
	<i>Micropterus salmoides</i> (Lacepede, 1802)	pastrvski grgeč *
Clupeidae	<i>Alosa fallax</i> (Lacepede, 1803)	čepa
	<i>Alosa imaculata</i> (Eichwald, 1838)	dunavska haringa
Cobitidae	<i>Cobitis bilineata</i> Canestrini, 1865	dvoprugasti vijun
	<i>Cobitis dalmatina</i> (Karaman, 1928)	cetinski vijun
	<i>Cobitis elongata</i> (Heckel et Kner, 1858)	veliki vijun
	<i>Cobitis elongatoides</i> (Bacescu & Maier, 1969)	vijun
	<i>Cobitis illyrica</i> Freyhof & Stelbrink, 2007	ilirski vijun
	<i>Cobitis jadvovae</i> (Mustafic et al, 2006)	jadovski vijun
	<i>Cobitis narentana</i> (Karaman, 1928)	neretvanski vijun
	<i>Misgurnus fossilis</i> (Linnaeus, 1758)	piškur
	<i>Sabanejewia balcanica</i> (Karaman, 1922)	zlatni vijun
Cottidae	<i>Cottus ferrugineus</i> (Heckel & Kner, 1858)	primorski peš 1
	<i>Cottus gobio</i> (Linnaeus, 1758)	peš
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758)	deverika
	<i>Alburnoides bipunctatus</i> (Bloch, 1782)	dvoprugastauklja
	<i>Alburnus alburnus</i> (Linnaeus, 1758)	uklija
	<i>Alburnus arborella</i> Bonaparte, 1841	primorska uklija
	<i>Alburnus neretvae</i> (Buj, Šanda et Perea, 2010)	neretvanska uklija
	<i>Alburnus sarmaticus</i> Freyhof & Kottelat, 2007	velika pliska
	<i>Aulopyge huegelii</i> (Heckel, 1842)	oštrulja
	<i>Ballerus ballerus</i> (Linnaeus, 1758)	kosalj
	<i>Ballerus sapa</i> (Pallas, 1814)	crnooki deverika
	<i>Barbus balcanicus</i> Kotlík, Tsigenopoulos, Ráb & Berrebi, 2002	potočna mrena
	<i>Barbus barbus</i> (Linnaeus, 1758)	mrena
	<i>Barbus plebejus</i> Valenciennes, 1842	mren
	<i>Blicca bjoerkna</i> (Linnaeus, 1758)	krupatica
	<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)	zlatna ribica *
	<i>Carassius carassius</i> (Linnaeus, 1758)	karas
	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	babuška *
	<i>Chondrostoma kneri</i> Heckel, 1843	podustva
	<i>Chondrostoma nasus</i> (Linnaeus, 1758)	podust
	<i>Chondrostoma phoxinus</i> Heckel, 1843	podbila
	<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844)	bijeli amur *
	<i>Cyprinus carpio</i> (Linnaeus, 1758)	šaran
	<i>Delminichthys adspersus</i> (Heckel, 1843)	imotska gaovica



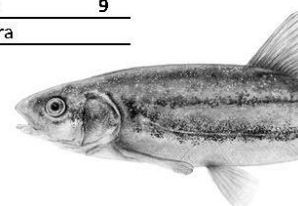
JELIĆ, D. (2011): Popis vrsta slatkvodnih riba Republike Hrvatske

<i>Delmynichthys ghetaldii</i> (Steindachner, 1882)	popovska gaovica
<i>Delmynichthys jadovensis</i> (Župančić & Bogutskaya, 2002)	jadovska gaovica
<i>Delmynichthys krbavensis</i> (Župančić & Bogutskaya, 2002)	krbavski pijor
<i>Gobio obtusirostris</i> Valenciennes, 1842	krkuša, dunavska krkuša
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844)	sivi glavaš *
<i>Hypophthalmichthys nobilis</i> (Richardson, 1845)	bijeli glavaš *
<i>Leucaspis delineatus</i> (Heckel, 1843)	belica
<i>Leuciscus aspius</i> (Linnaeus, 1758)	bolen
<i>Leuciscus idus</i> (Linnaeus, 1758)	jez
<i>Leuciscus leuciscus</i> (Linnaeus, 1758)	klenić
<i>Pelecus cultratus</i> (Linnaeus, 1758)	sabljarka
<i>Phoxinellus alepidotus</i> (Heckel, 1843)	pijurica
<i>Phoxinellus dalmaticus</i> (Župančić & Bogutskaya 1999)	dalmatinska gaovica
<i>Phoxinus lumaireui</i> Schinz, 1840	primorski pijor
<i>Phoxinus phoxinus</i> (Linnaeus, 1758)	pijor
<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1842)	bezribica *
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1783)	gavčica
<i>Romanogobio benacensis</i> (Pollini, 1816)	talijanska krkuša
<i>Romanogobio kesslerii</i> (Dybowski, 1862)	Keslerovakrkuša
<i>Romanogobio uranoscopus</i> (Agassiz, 1828)	tankorepakrkuša
<i>Romanogobio vladkyovi</i> (Fang, 1943)	bjeloperajnakrkuša
<i>Rutilus aul</i> (Bonaparte, 1841)	masnica
<i>Rutilus basak</i> (Heckel, 1843)	basak
<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	bodorka
<i>Rutilus virgo</i> (Berg, 1932)	dunavska plotica
<i>Scardinius dergle</i> Heckel & Kner, 1858	drlja
<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758)	crvenperka
<i>Scardinius plotizza</i> Heckel & Kner, 1858	peškelj
<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	klen
<i>Squalius illyricus</i> (Heckel & Kner, 1858)	ilirski klen
<i>Squalius janae</i> Bogutskaya & Zupančić, 2010	istarski klen
<i>Squalius microlepis</i> Heckel, 1843	makal
<i>Squalius squalus</i> (Bonaparte, 1837)	primorski klen, bijeli klen
<i>Squalius svalize</i> Heckel & Kner, 1858	svalić
<i>Squalius tenellus</i> Heckel, 1843	sitnojuskavi klen
<i>Squalius zrmanjae</i> (Karaman, 1928)	zrmanjski klen
<i>Telestes croaticus</i> (Steindachner, 1866)	lički pijor
<i>Telestes fontinalis</i> (Karaman, 1972)	krbavska gaovica
<i>Telestes karsticus</i> Marčić & Mrakovčić, 2008	krška svijetlica
<i>Telestes metohiensis</i> (Steindachner, 1901)	gatačka gaovica
<i>Telestes polylepis</i> (Steindachner, 1866)	svijetlica
<i>Telestes souffia</i> (Cuvier et Valenciennes, 1844)	blistavec
<i>Telestes turskyi</i> (Heckel, 1843)	turskijev klen
<i>Telestes ukliva</i> (Heckel, 1843)	cetinska ukliva
<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758)	linjak
<i>Vimba vimba</i> (Linnaeus, 1758)	nosara
Cyprinodontidae <i>Aphanius fasciatus</i> (Valencianus, 1821)	obrvan
Esocidae <i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758	štuka
Gadidae <i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758)	manjić



JELIĆ, D. (2011): Popis vrsta slatkovodnih riba Republike Hrvatske

Gasterosteidae	<i>Gasterosteus gymnurus</i> Cuvier, 1829	koljuška	
Gobiidae	<i>Knipowitschia croatica</i> Mrakovcic, Kerovec, Misetic & Schneider, 1996	vrgoračka gobica	
	<i>Knipowitschia mrakovcici</i> (Miller, 1990)	visovačkiglavočić	
	<i>Knipowitschia panizzae</i> (Verga, 1841)	glavočić vodenjak	
	<i>Knipowitschia radovici</i> (Kovacic, 2005)	Radovićev glavoč	
	<i>Neogobius fluviatilis</i> (Pallas, 1814)	riječni glavočić	*
	<i>Neogobius melanostomus</i> (Pallas, 1814)	riječni glavočić	*
	<i>Padogobius bonelli</i> (Bonaparte, 1846)	slatkovodni glavočić	
	<i>Pomatoschistus canestrinii</i> (Ninni, 1883)	glavočićcrnotrus	
	<i>Ponticolakessleri</i> (Gunther, 1861)	Keslerovglavočić	*
<i>Proterorhinus marmoratus</i> (Pallas 1814)	mramorasti glavoč		
Ictaluridae	<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	somić	*
	<i>Ameiurus nebulosus</i> (Lesueur, 1819)	patuljasti somić	2*
Mugilidae	<i>Chelon labrosus</i> (Risso, 1827)	cipal putnik	
	<i>Liza aurata</i> (Risso, 1810)	cipal zlatac	
	<i>Liza ramada</i> (Risso, 1826)	cipal balavac	
	<i>Liza saliens</i> (Risso, 1810)	cipal dugaš	
	<i>Mugil cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	cipal glavaš	
Odontobutidae	<i>Perccottus glenii</i> Dubowski, 1877	rotan	*
Percidae	<i>Gymnocephalus baloni</i> Holčík & Hensel, 1974	Balonijev balavac	
	<i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linnaeus, 1758)	balavac	
	<i>Gymnocephalus schraetser</i> (Linnaeus, 1758)	prugasti balavac	
	<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758	grgeč	
	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	smuđ	
	<i>Sander volgensis</i> (Gmelin, 1788)	smuđ kamenjak	
	<i>Zingel streber</i> (Siebold, 1863)	mali vretenac	
	<i>Zingel zingel</i> (Linnaeus, 1758)	veliki vretenac	
Pleuronectidae	<i>Platichthys flesus</i> (Linnaeus, 1758)	iverak	
Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i> Girard, 1859	gambuzija	*
Salmonidae	<i>Coregonus lavaretus</i> (Linnaeus, 1758)	velika ozimica	*
	<i>Coregonus peled</i> (Gmelin, 1788)	sjeverna ozimica	*
	<i>Hucho hucho</i> (Linnaeus, 1758)	glavatica, mladica	
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	kalfornijska pastrva	*
	<i>Salmo dentex</i> (Heckel, 1852)	riječni zubatak	
	<i>Salmo farioides</i> (Karaman, 1938)	primorska pastrva	
	<i>Salmo marmoratus</i> (Cuvier, 1818)	mramorasta pastrva	
	<i>Salmo montenegrinus</i> (Karaman, 1933)	južno balkanska pastrva	3
	<i>Salmo obtusirostris</i> (Heckel, 1852)	mekousna	4
	<i>Salmo trutta</i> (Linnaeus, 1758)	potočna pastrva	*7
	<i>Salmo visovacensis</i> (Taler, 1952)	visovačka pastrva	5
	<i>Salmo zrmanjaensis</i> (Karaman, 1938)	zrmanjska pastrva	6
	<i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus, 1758)	jezerska zlatovčica	*
	<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1814)	potočna zlatovčica	*
<i>Thymallus thymallus</i> (Linnaeus, 1758)	lipljen		
Siluridae	<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	som	
Umbridae	<i>Umbra krameri</i> Walbaum, 1792	crnka	
Petromyzontidae	<i>Petromyzon marinus</i> (Linnaeus, 1758)	morska paklara	
	<i>Eudontomyzon mariae</i> (Berg, 1931)	ukrajinska paklara	8
	<i>Eudontomyzon vladkovi</i> (Regan, 1911)	dunavska paklara	
	<i>Lampetra planeri</i> (Bloch, 1784)	potočna paklara	9
	<i>Lampetra zanandreae</i> (Vladykov, 1955)	primorska paklara	



JELIĆ, D. (2011): Popis vrsta slatkovodnih riba Republike Hrvatske

Napomene:

*UNESENA (ALOHTONA VRSTA)

¹UPITNA VRSTA – KOTTELET & FREYHOF (2007) ga ne uzimaju kao validnu vrstu, već kao *C. gobio*

²UPITNA VRSTA - novijim istraživanjima nije ustanovljena u Hrvatskoj

³UPITNA VRSTA - nije potvrđena u Hrvatskoj, ali KOTTELET & FREYHOF (2007) ju navode za Neretvu

⁴Ranije *Salmothymus obtusirostris* – vrsta podijeljena u 4 podvrste: *Salmo obtusirostris obtusirostris* (Heckel, 1852), *S. obtusirostris krkensis* (Karaman, 1927), *S. obtusirostris oxyrhynchus* (Steindachner, 1882), *S. obtusirostris salonitana* (Karaman, 1927);

⁵UPITNA VRSTA - vrlo vjerojatno se radi o jezerskoj formi primorske pastrve (*S. farioides*); KOTTELET & FREYHOF (2007) ju ne uzimaju kao validnu vrstu

⁶UPITNA VRSTA – KOTTELET & FREYHOF (2007) ju svrstavaju u *S. farioides*

⁷UNESENA VRSTA - po KOTTELET & FREYHOF (2007) *Salmo trutta* naseljava samo sjevernu Europu, dok populacije u dunavskom slijevu Hrvatske pripadaju vrsti *S. labrax*. Ipak, zbog ranijih brojnih unošenja iz uzgajališta iz raznih dijelova Europe, *S. trutta* je prisutna u mnogim vodotocima u Hrvatskoj kao unesena (alohtona vrsta)

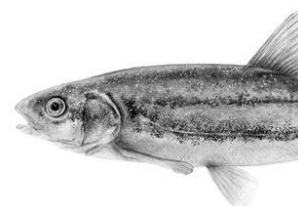
⁸UPITNA VRSTA - po KOTTELET & FREYHOF (2007) ne dolazi u Hrvatskoj

⁹UPITNA VRSTA - po KOTTELET & FREYHOF (2007) ne dolazi u Hrvatskoj

U ovom popisu korištena je taksonomska podjela po KOTTELET & FREYHOF (2007), te novija referentna literatura (MRAKOVČIĆ et al., 2006; PEREÄ et al., 2010 i dr.). Ukupno se na popisu nalazi **143** vrste riba i **pet** vrsta paklara. Od toga za šest vrsta upitno je njihovo prisustvo na teritoriju Republike Hrvatske.

Kod pojedinih vrsta došlo je do promjene latinskog imena roda ili vrste, te je u tom slučaju korišten samo novi naziv. U ovaj popis nisu uključene morske vrste riba koje samo povremeno ulaze u bočate i slatke vode (*Oedelechilus labeo*, *Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Syngnathus sp.* itd.).

Ovdje korišteni popis literature, o slatkovodnim ribama Republike Hrvatske, nalazi se na web stranicama [RIBE HRVATSKE \(www.ribe-hrvatske.com\)](http://www.ribe-hrvatske.com).



Literatura

- BMLFUW (2012). Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. D. D. R. F. Dr. Veronika Koller-Kreimel. Beč, Austrija, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.
- Calluau, D., et al. (2014). "Modification of vertical slot fishway flow with a supplementary cylinder." Journal of Hydraulic Research **52**(5): 614-629.
- Damien Calluau, V. C., Badreddine Bourtal, Laurent Dupuis, Christian Refin, Dominique Courret, Laurent David (2012). Scale effects of turbulence in vertical slot fishways : field and laboratory measurement investigation. 9th International Symposium on Ecohydraulics - ISE 2012. Vienne, Austria.
- Duplić, A. (2008). Slatkovodne ribe - PRIRUČNIK za inventarizaciju i praćenje stanja. Zagreb, Državni zavod za zaštitu prirode.
- EA (2010). Environment Agency Fish Pass Manual. E. Agency. Almondsbury, Bristol, Environment Agency
- FAO, D. (2002). Fish passes – Design, dimensions and monitoring. Rim, Italija, FAO (Food and Agriculture Organization of the US), DVWK (German Association for Water Resources and Land Improvement).
- Gui, F., et al. (2014). "Evaluation approaches of fish swimming performance." Agricultural Sciences **Vol.05No.02**: 8.
- Jungwirth, M. (1998). River Continuum and Fish Migration - Going Beyond the Longitudinal River Corridor in Understanding Ecological Integrity. Fish Migration and Fish Bypasses. J. M. S. S. W. S.; Oxford, England, Fishing News Books: 19-32.
- Liao, J. C. (2007). "A review of fish swimming mechanics and behaviour in altered flows." Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences **362**(1487): 1973-1993.
- M. Mrakovčić, A. B., Ivana Buj, Marko Čaleta, Perica Mustafić, Davor Zanella (2006). Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske. Zagreb, Ministarstvo kulture, Državni zavod za zaštitu prirode, Republika Hrvatska.
- Martyn C. Lucas, E. B. (2001). Migration of Freshwater Fishes. Oxford, Blackwell Science Ltd.
- Plaut, I. (2001). "Critical swimming speed: its ecological relevance." Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology **131**(1): 41-50.
- S. Schmutz, A. Z., C. Dorninger (1997). "A new automatic drift sampler for riverine fish." Archiv für Hydrobiologie **139**(4): 449-460.
- Sfakiotakis, M., et al. (1999). "Review of fish swimming modes for aquatic locomotion." IEEE Journal of Oceanic Engineering **24**(2): 237-252.
- Tarrade, L., et al. (2008). "Topologies and measurements of turbulent flow in vertical slot fishways." Hydrobiologia **609**(1): 177.
- Wu, S., et al. (1999). "Structure of Flow in Vertical Slot Fishway." Journal of Hydraulic Engineering **125**(4): 351-360.



Planiranje i projektiranje ribljih staza

Izvještaj 2

Sistematizacija postojećih znanja o ribljim stazama

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
1.1. Općenito o ribljim stazama	3
2. Prepreke na vodotocima u RH	6
3. Opći zahtjevi ribljih staza	7
3.1. Optimalna pozicija riblje staze	7
3.2. Ulaz u riblje staze	11
3.3. Tehnički uređaji za navođenje riba u riblje staze	13
3.3.1. Fizičke pregrade	13
3.3.2. Električne barijere	14
3.3.3. Sustavi bazirani na svjetlosti	15
3.3.4. Podvodni zvuk.....	15
3.3.5. Zavjese od akustičnih zračnih mjehurića	16
3.3.6. Feromoni.....	17
3.4. Izlaz iz riblje staze	17
3.5. Protok i uvjeti tečenja u ribljim stazama.....	18
3.6. Duljina, nagib i odmorišta	19
3.7. Dno riblje staze.....	19
3.8. Uklapanje u okoliš	20
4. Prirodne riblje staze.....	21
4.1. Riblje rampe	22
4.2. Obilazni kanali	26
5. Tehničke riblje staze.....	32
5.1. Riblje staze bazenskog tipa.....	32
5.2. Riblje staze s vertikalnim otvorima	35
5.3. Denilove riblje staze	38
5.4. Riblje prevodnice	41



5.5. Riblji liftovi	43
6. Zaključak	44
LITERATURA	46

1. Uvod

Mnoge vrste riba i beskralježnjaka koji nastanjuju vodotoke migriraju unutar vodotoka u određenim fazama svog životnog ciklusa. S druge strane, već stotinama godina ljudi u vodotocima grade pregrade i ostale zahvate kojima zadovoljavaju svoje potrebe u odnosu na vodu a koje rastu s industrijalizacijom i porastom broja stanovnika. Ovdje treba napomenuti da ponekad sa stajališta vodnog gospodarstva i najmanji zahvat u koritu može predstavljati nesavladivu prepreku za vodne organizme (slika 1.1). U posljednje vrijeme s obzirom na poticanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora nove pregrade grade se ne samo u svrhu regulacija vodotoka i vodoopskrbe već i za energetske korištenje voda (slika 1.2). Sve ove prepreke prekidaju uzdužnu povezanost vodotoka te onemogućavaju migraciju vodenim organizmima. Zajedno s ostalim čimbenicima kao što je onečišćenje voda to dovodi do smanjenja veličine populacije nekih vrsta, ponekad i do razine izumiranja.



Slika 1.1 Hidrotehničke stepenice

Spomenute prepreke mogu postati prolazne za vodene organizme izgradnjom ribljih staza. Naravno, izgradnja ribljih staza ne uklanja osnovnu ekološku štetu uzrokovanu izgradnjom pregrada, kao što je gubitak riječnog staništa ili gubitak uzdužne povezanosti ali u određenoj mjeri umanjuje negativne ekološke utjecaje i omogućava suživot čovjeka i prirode u skladu s potrebama gospodarskog razvoja.

Općenito riblje staze su konstrukcije koje omogućavaju uzvodnu ili nizvodnu migraciju vodenih organizama preko prepreka. Iako povezivanje vodnih tijela ribljim stazama nije ograničeno samo na ribe već ima za cilj prihvaćanje svih vodenih organizama

uobičajeni termini koji se koriste su: riblje staze, riblji prolazi, riblji liftovi, riblje ljestve i riblje prevodnice.



Slika 1.2 Pokretna brana za potrebe proizvodnje energije, mHE Ilovac

Riblje staze mogu se projektirati prema dva osnovna pristupa kao tehničke riblje staze ili kao prirodne riblje staze. Kao što samo ime kaže prirodne riblje staze nastoje se uklopiti u postojeći okoliš u obliku zaobilaznih kanala prirodnih karakteristika ili tzv. ribljih rampi, dok tehnička rješenja predviđaju staze bazenskog tipa s različitim tipovima umjetnih pregrada. Osim uobičajenih tipova koriste se i posebne konstrukcije kao što su riblji liftovi, ljestve i prevodnice.

U ovom elaboratu cilj je dati pregled postojećih znanja o ribljim stazama na temelju kojih će se u nastavku provedbe projekta Planiranje i projektiranje ribljih staza detaljizirati istraživanje i izraditi numerički i fizikalni modeli.

U Izvještaju 1 opisana je zonacija rijeka s ihtiološkog stajališta koja se i u ovom izvještaju koristi kao temeljna podjela vodotoka. S obzirom da se kod projektiranja ribljih staza velika važnost daje hidrauličkim uvjetima ovdje je i spomenuta zonacija opisana preko jednostavne i mjerljive hidrauličke veličine pada dna kako je prikazano u tablici 1.1. (DWA 2010)

Tablica 1.1 Karakteristične vrijednosti nagiba dna na temelju zonacije rijeka ovisno o duljini dionice

	<i>Zona pastrve, gornji tok</i>	<i>Zona pastrve, donji tok</i>	<i>Zona lipljena</i>	<i>Zona mrene</i>	<i>Zona deverike</i>
<i>nagib [%]</i>					
<i><1m</i>	<i>10,00-1,65</i>	<i>1,65-1,25</i>			
<i>1 do 5 m</i>	<i>5,00-1,50</i>	<i>1,50-0,75</i>	<i>0,75-0,30</i>	<i>0,30-0,10</i>	<i>0,10-0,00</i>
<i>5 do 25 m</i>	<i>2,00-1,45</i>	<i>1,45-0,60</i>	<i>0,60-0,20</i>	<i>0,20-0,05</i>	<i>0,05-0,00</i>
<i>25 do 100 m</i>		<i>1,250-0,450</i>	<i>0,450-0,125</i>	<i>0,125-0,033</i>	<i>0,033-0,00</i>
<i>>100 m</i>			<i>do 0,075</i>	<i>0,075-0,025</i>	<i>0,025-0,00</i>

1.1. Općenito o ribljim stazama

Riblja staza je obično kanal opremljen elementima koji omogućuju postizanje željenih hidrauličkih karakteristika potrebnih da bi ribe mogle plivati stazom. Elementi su preljevi, pregrade, otvori, kameni blokovi itd. Osnovna podjela je na tehničke i prirodne riblje staze. Svaki tip u nastavku spomenutih staza ima domenu unutar koje je pogodan za korištenje. Specijalni tipovi ili su namijenjeni pojedinim vrstama riba ili se primjenjuju u uvjetima kada nema mogućnosti izbora jednostavnijeg rješenja.

Tehničke staze su: staze s bazenima (staze s otvorima, s vertikalnim prorezima, preljevima, s otvorima i preljevima...) staze s pregradama, staze s preljevima, Denilove staze, kanali s umjetno povećanom hrapavošću (slika 1.3), cijevne i sifonske riblje staze, te specijalni tipovi – dizalice, riblje prevodnice, rampe za jegulje, cijevi za jegulje, staze za paklare, staze s čekinjama (slika 1.4).

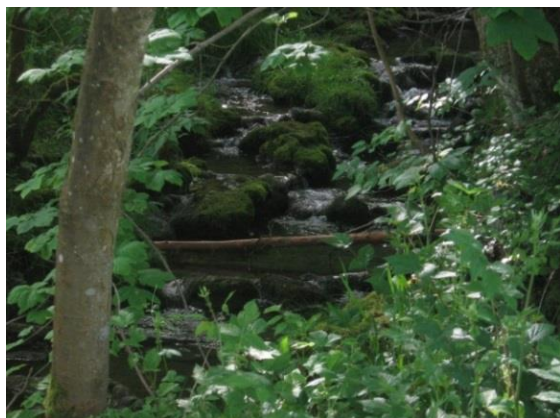


Slika 1.3. Tehnički tipovi ribljih staza (Prša 2013)



Slika 1.4. Lift za ribe (lijevo), riblja prevodnica (sredina)(PIANC 2013), čekinje u stazi za jegulje (desno) (EA 2010)

Prirodnom ribljom stazom (slika 1.5) nastoji se oponašati prirodno korito rijeke. Specifičnost ovog tipa je prisutnost kamenog supstrata na dnu kojim se povećava hrapavost korita. Kako kameni supstrat najčešće nije dovoljan da omogući povoljne hidrauličke uvjete na kraćim dionicama, dodatno prigušenje toka na prirodnoj stazi može se izvesti postavljanjem većih kamenih blokova. Time se ujedno stvaraju i mjesta pogodna za odmor riba.



Slika 1.5. Primjeri prirodnih ribljih staza izvedenih u Njemačkoj



Slika 1.6 „Jedinstvena“ riblja staza u Kaliforniji – Pico Blanco
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pico_Blanco_Fish_Ladder.jpg)

2. Prepreke na vodotocima u RH

Projektom zadatkom predviđena je analiza geometrije postojećih pragova na vodotocima u RH s ciljem što preciznijeg definiranja područja interesa u analizama koje će se provoditi u daljnjim fazama projekta. Na žalost s obzirom da spomenuti podaci nisu poznati pretpostavka ovog projekta bit će da su izvedeni i budući pragovi u području interesa za očuvanjem ekološke povezanosti vodotoka u rasponu 1-4m.

Naime prema geografskom položaju i raspoloživom hidrološkom potencijalu te trenutnim uvjetima u kojima se okrećemo obnovljivim izvorima i okolišno gledano prihvatljivim rješenjima u obliku malih hidroelektrana nema potrebe za detaljnom analizom ribljih staza kod većih padova.

U slučaju potrebe revitalizacije postojećih vodotoka na izvedenim lokacijama brana s većim padovima potrebno je pristupiti svakom problemu pojedinačno te je očekivano i izvođenje specijalnih tehničkih rješenja koja nisu dio ovog projekta.

3. Opći zahtjevi ribljih staza

Uzdužna povezanost vodotoka ključna je s ekološkog stajališta za zadovoljenje migracijskih potreba vodnih organizama te je zato nužan uvjet za sve vodotoke. Konstrukcije koje predstavljaju prepreku uzdužnoj povezanosti su pragovi, brane, ali i propusti i razni oblici kanaliziranja vodotoka umjetnim elementima. Prije planiranja ribljih staza na postojećim građevinama, odnosno u slučaju obnavljanja uzdužne povezanosti nužno se prvo zapitati da li je postojeća prepreka zaista neophodna i služi li još uvijek svojoj primarnoj svrsi. Naime uklanjanje prepreka trebalo bi imati prednost pred izgradnjom ribljih staza.

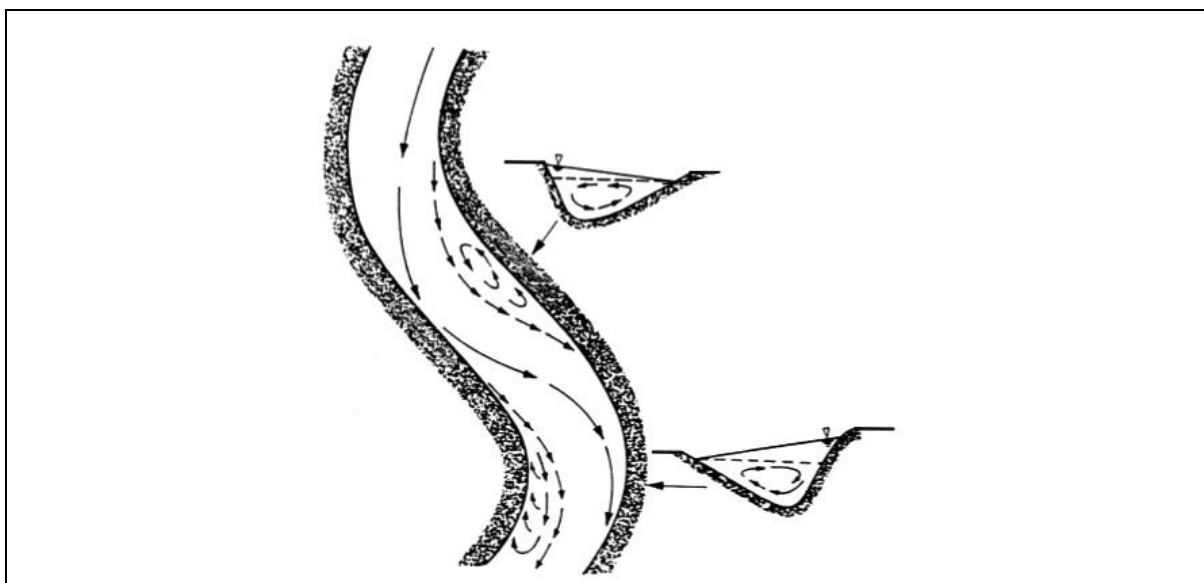
Slijedeća razmatranja odnose se na temeljne značajke projektiranja i planiranja ribljih staza kao što su odabir najpovoljnije lokacije te projektni kriteriji koje je potrebno zadovoljiti neovisno o svojstvima pojedinih tipova ribljih staza. Opći kriteriji koje riblje staze moraju zadovoljiti uključuju biološke zahtjeve i ponašanje migratornih vodnih organizama te tako predstavljaju važne aspekte u postupku planiranja ribljih staza. Potrebno je napomenuti da se biološki mehanizmi koji potiču ili utječu na migracije vodnih organizama još uvijek izučavaju. U nastavku su prikazane općenite preporuke pri čemu treba uzeti u obzir da svaka pojedina lokacija ima specifična svojstva koja treba uzeti u obzir kod planiranja i projektiranja konkretnog rješenja.

3.1. Optimalna pozicija riblje staze

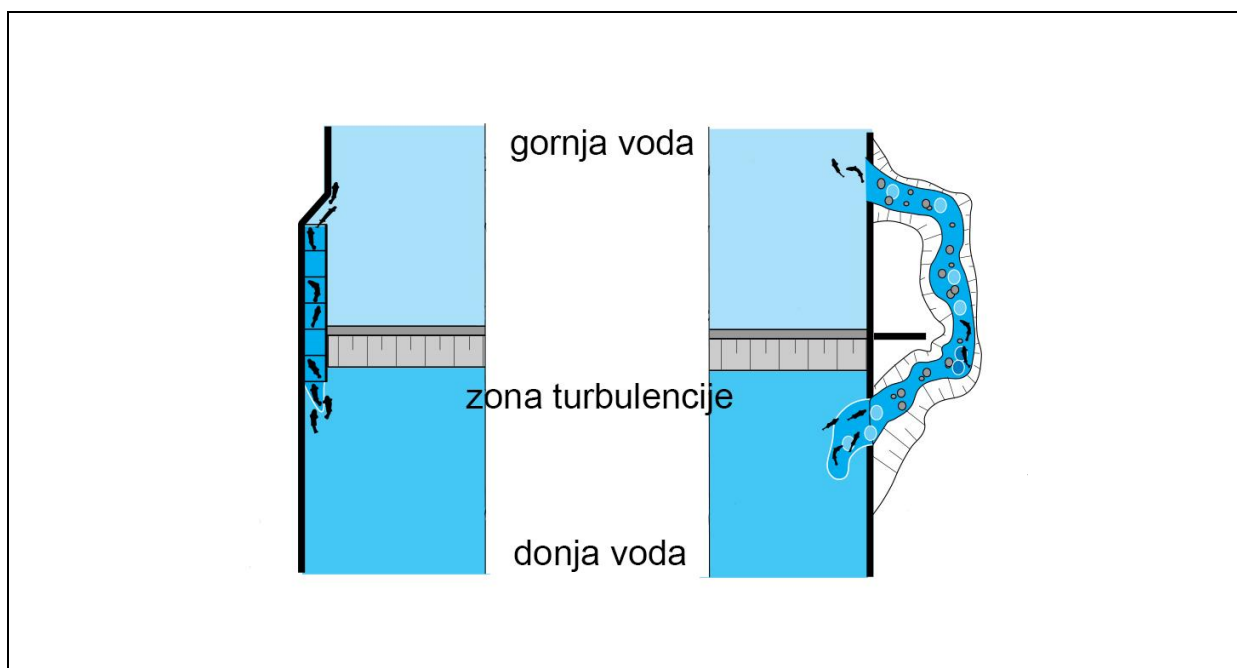
U prirodnim vodotocima, bez prepreka, vodenim organizmima za migraciju je raspoloživa cijela širina vodotoka. Riblje staze ograničavaju migraciju na mali dio poprečnog presjeka vodotoka. U pravilu dimenzije riblje staze u odnosu na širinu vodotoka su relativno male, ograničene inženjerskim, hidrauličkim i ekonomskim uvjetima, a što posebno dolazi do izražaja u većim rijekama. Stoga je položaj riblje staze uz prepreku izuzetno značajan.

Ribe i ostali vodni organizmi u pravilu migriraju uzvodno uzduž glavne struje (slika 3.1). Da bi ulaz u riblju stazu bio prepoznat od strane vodnih organizama treba ga pozicionirati na stranu pregrade na koju dolazi glavna struja (slika 3.2).

Nadalje riblja staza odnosno ulaz u riblju stazu ne bi trebao biti smještena „daleko“ u donjoj vodi u odnosu na pregradu jer to otežava ribama mogućnost pronalaska ulaza. U praksi se pokazalo da je to jedna od najčešćih projektantskih pogrešaka a najčešće je posljedica želje za postizanjem određenih hidrauličkih uvjeta u ribljoj stazi te raznih prostornih ograničenja. (slika 3.2)

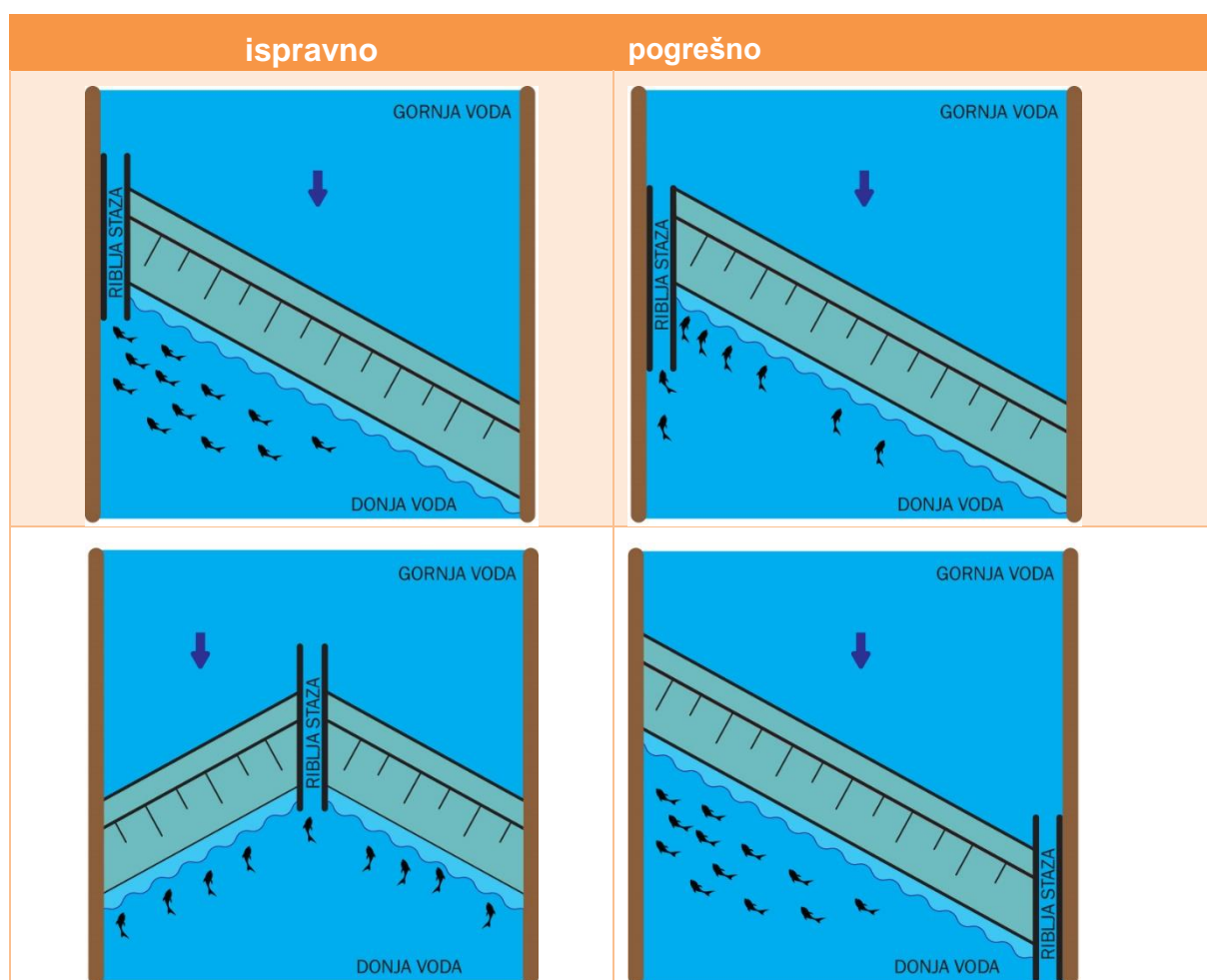


Slika 3.1 Glavna struja u koritu



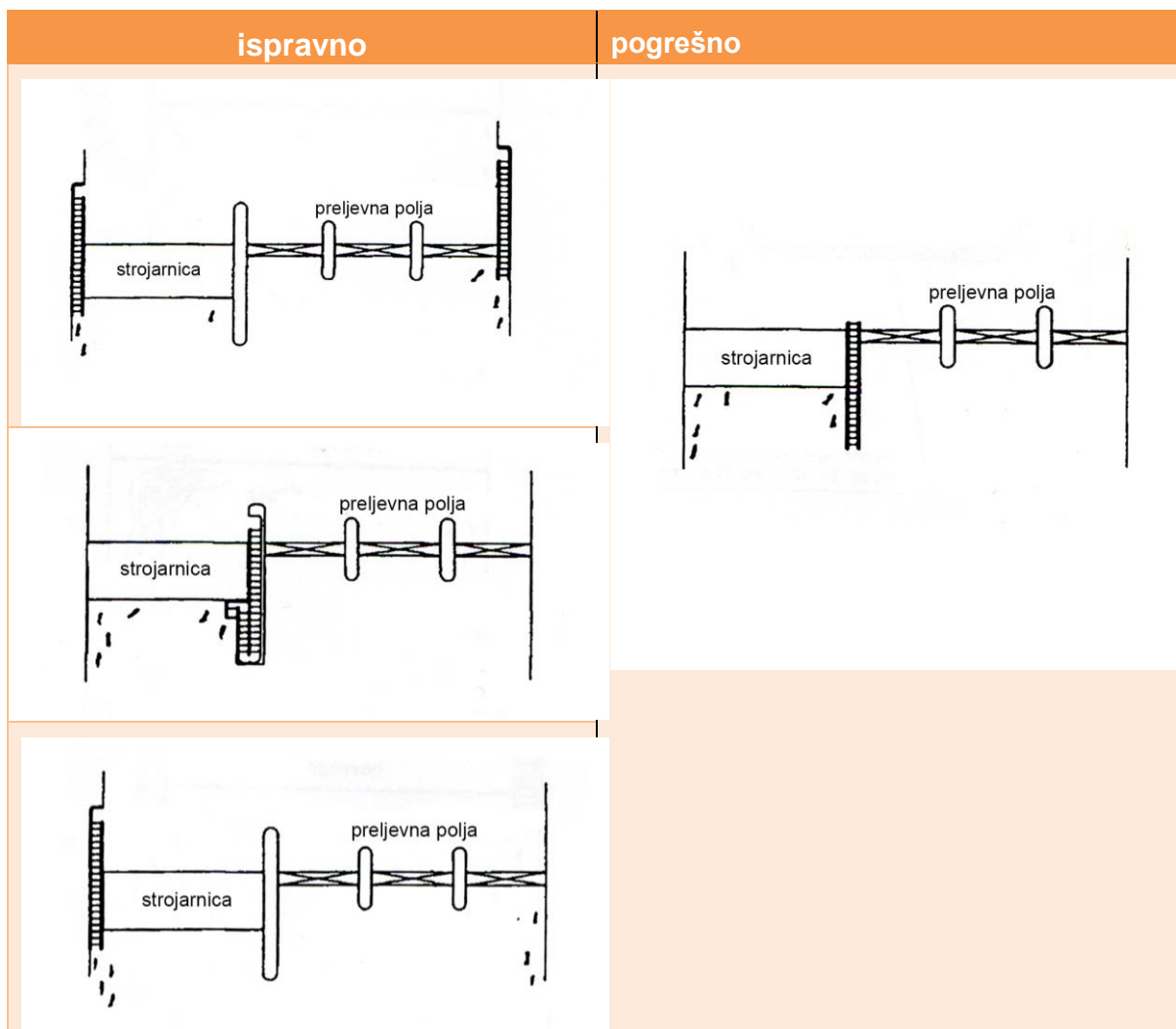
Slika 3.2 Preporučeni položaji ribljih staza kod pragova okomitih na tok rijeke – tehnička i prirodna riblja staza (prema (Larinier 1992))

Kod dijagonalno postavljenih pragova preko kojih se po cijeloj dužini preljeva voda migratorne vrste obično se koncentriraju u šiljatom kutu između pregrade i obale, te je to očigledna pozicija za smještaj riblje staze. (slika 3.3).



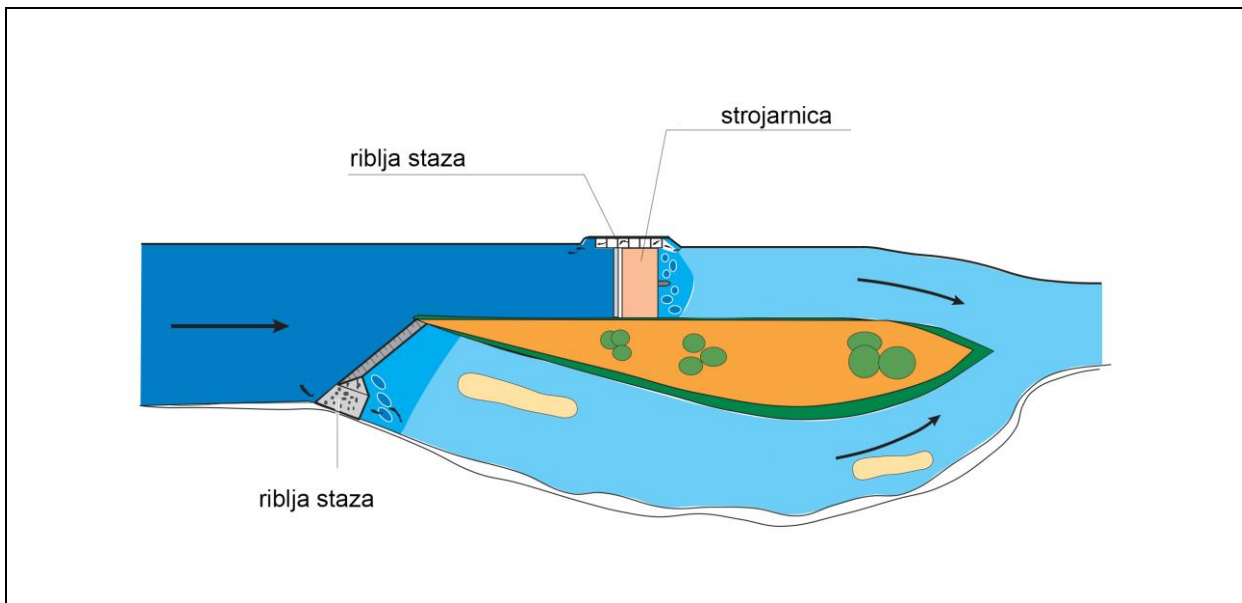
Slika 3.3 Preporučeni položaji ribljih staza kod dijagonalnih pragova (prema (Larinier 1992))

Kod izvedbe ribljih staza uz pribranske hidroelektrane najbolja pozicija za riblju stazu obično je na istoj strani vodotoka na kojoj se nalazi i sama strojarnica. Izlaz iz riblje staze (tj. ulaz riba) trebalo bi smjestiti što bliže izlazu iz turbinskog trakta. (slika 3.4)



Slika 3.4 Pozicije ulaza u riblju stazu kod pribranskih hidroelektrana (prema (Larinier 1992))

Kod derivacijskih hidroelektrana (slika 3.5) dvije su mogućnosti za pozicioniranje ribljih staza u cilju osiguranja uzvodne migracije. Prvo uz samu hidroelektranu kako bi se osigurala povezanost donje i gornje vode u kanalu, a druga uz ustavu/prag na ulazu u prirodno korito kako bi se osigurala povezanost gornje vode i donje vode prirodnog vodotoka. Uobičajeno riblja staza gradi se samo na jednoj od spomenutih pozicija. Budući da ribe općenito prate najjaču struju pretpostavlja se da ulaze u umjetni kanal privučene izlazom iz turbine a znatno rjeđe koriste prirodno korito u kojem je obično protok znatno manji. No kod pojave protoka većih od instaliranog protoka hidroelektrane može doći do znatnog povećanja protoka u prirodnom koritu te je s ekološkog stajališta preporučljivo izvesti dvije riblje staze.



Slika 3.5 Pozicije ulaza u riblju stazu kod derivacijskih hidroelektrana ((FAO 2002) prema (Larinier 1992))

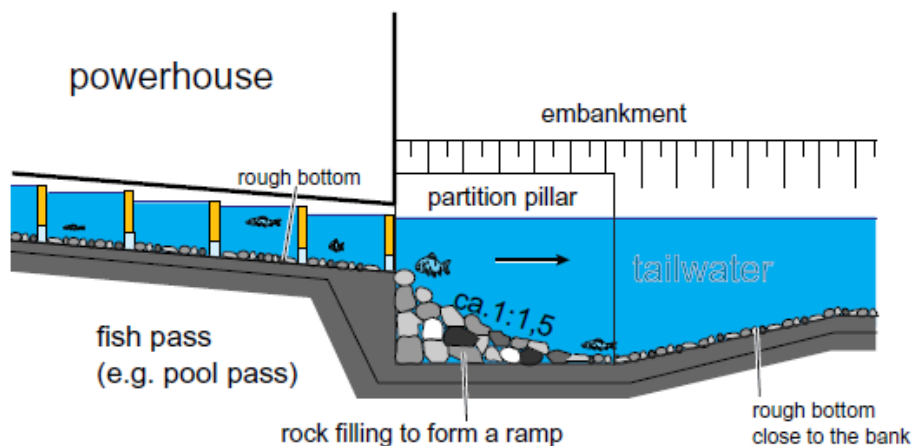
3.2. Ulaz u riblje staze

Vodeni organizmi u vodotocima se orijentiraju prema strujama. Kod uzvodne migracije odrasle ribe plivaju protiv glavne struje. One ne moraju nužno migrirati unutar maksimalnog protoka ali ovisno o plivačkim sposobnostima mogu plivati i po rubovima glavnog toka. Kada je migracija zaustavljena preprekom ribe nastoje naći put uzduž prepreke, odnosno na jednom od rubova. Na taj način one i dalje slijede glavnu struju koja u ovom slučaju dolazi iz same riblje staze te se na taj način usmjeravaju u istu.

Hidraulički uvjeti nizvodno od brane (brzina tečenja i stupanj turbulencije) utječu na privlačne struje koje se formiraju na ulazu u riblju stazu. Također na nju utječu i kut izlaznog toka i omjer protoka glavnog vodotoka i riblje staze. Privlačna struja mora biti vidljiva vodenim organizmima, a brzine potrebne za njeno formiranje dane u postojećoj literaturi moraju biti u rasponu 0,8-2,0m/s.

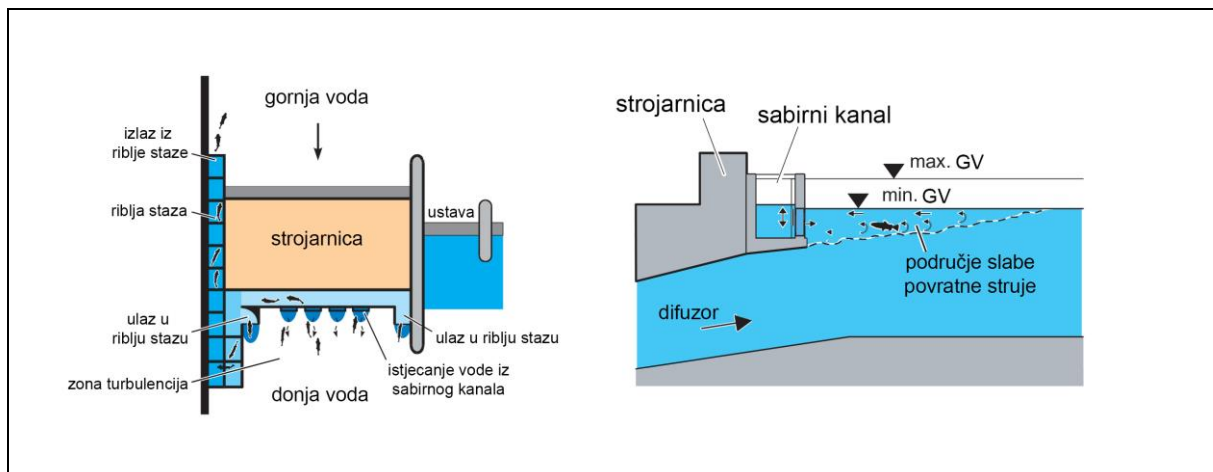
Ulaz u riblju stazu treba pozicionirati na mjestu gdje dolazi do najvećeg sakupljanja riba. Najčešće je to ispod same brane ili na izlazu iz turbine. Ako je moguće, ulaz se postavlja na obali paralelno s glavnom strujom toka. Ako se ulaz postavi previše nizvodno od brane, ribama će biti otežano naći ulaz. Sukladno tome, što je ulaz nizvodnije to su potrebne veće privlačne struje, koje se postižu povećanjem brzine vode na ulazu ili dodavanjem većeg protoka u samu riblju stazu ili bypass-om. Istraživanja su pokazala da je najefikasnija privlačna struja ona koja izlazi pod maksimalnim kutom od 45°.

Jedan od glavnih problem projektiranja ulaza u riblje staze je osiguranje funkcioniranja riblje staze i kod malih protoka. U cilju olakšanja migracije pridnenih riba i bentoskih vrsta (organizama koji žive na dnu vodotoka), dno riblje staze se spaja s dnom riječnog korita. Obično se u tu svrhu rade rampe s maksimalnim nagibima do 1:2 (Slika 3.6).



Slika 3.6. Shema rampe između dna riblje staze i dna riječnog korita (FAO 2002)

Posebna vrsta ulaza u riblju stazu koja se postavlja iznad izlaza iz turbina po cijeloj širini pregrade je tzv. sabirni kanal (Slika 3.7).



Slika 3.7. Shema sabirnog kanala a) tlocrt b) poprečni presjek prema (FAO 2002)

Sabirni kanal sadrži različite izlaze kroz koje se propušta privlačna struja. Riba vođena privlačnim strujama ulaze u sabirni kanal, gdje ih se dalje usmjerava prema ribljoj stazi. Rade se kao nenatkrivene zbog potrebe za svjetlom (diurnalne ribe). Nisu pogodne za pridnene riblje vrste.

3.3. Tehnički uređaji za navođenje riba u riblje staze

3.3.1. Fizičke pregrade

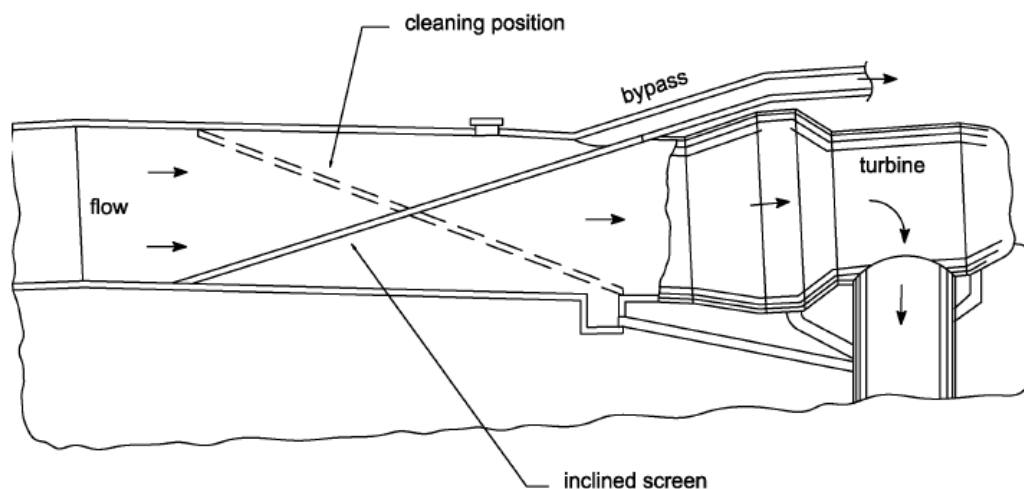
Fizičke pregrade dolaze u različitim oblicima, uključujući perforirane ploče, metalne šipke, plastične ili metalne mreže, itd. (Slika 3.8).



Slika 3.8. Primjer mrežaste pregrade na ulazu u turbinu (LARINIER and TRAVADE 2002)

Prvenstveno se koriste kod sprečavanja ulaska ribe u turbinu hidroelektrane i prelijevanja ribe s vodom preko brane. Brzina strujanja vode ispred pregrade mora bit dovoljno mala, da ribe imaju vremena za pronalazak ulaza u riblju stazu. Brzina vode prema pregradi treba se podesiti da odgovara plivačkim sposobnostima dominantne riblje vrste za koju se riblja staza projektira i životnom stadiju iste.

Pregrade se postavljaju preko ulaza za vodu tako da usmjere ribu prema ulazu. To se najefikasnije postiže postavljanjem pregrada dijagonalno u odnosu na tok vode i pozicioniranjem ulaza u riblju stazu na najnižvodnijem kraju pregrade (Slika 3.9). Kut pod kojim se stavlja pregrada u odnosu na glavni tok se kreće od 45° do 20° .



Slika 3.9. Shema dijagonalno postavljene pregrade u odnosu na ulaz u riblju stazu (LARINIER and TRAVADE 2002)

Pregrade moraju biti zaštićene od fizičkih oštećenja velikim predmetima i nakupljanja smeća i granja. Nakupljanje ostataka uzrokuje začepljenje što može imati za posljedicu oštećenje pregrade i ugrožavanje ribljih vrsta na pregradi.

3.3.2. Električne barijere

Električne barijere koriste električni stimulans za promjenu ponašanja riba. Obično se te barijere prostiru po cijeloj širini vodotoka sa serijom elektroda (Slika 3.10).



Slika 3.10. Eksperimentalna električna pregrada kod Halsou hidroelektrane (LARINIER and TRAVADE 2002)

Ovisno o snazi polja, električne barijere mogu se koristiti za odvrćanje, zaustavljanje ili ubijanje organizama. Reakcije riba na električnu izloženost ovise o vrsti i veličini riba. Električne barijere su najefikasnije kod djelovanja na uzvodne migracije riba. Ako riba prilikom plivanja naiđe na električno polje i ne stigne se okrenuti, bit će ošamućena i odnešena vodom nizvodno, što bi kod nizvodne migracije riba uzrokovalo odnošenje riba nizvodno iza prepreke, tj. u smjeru od kojeg se pokušalo odvratiti ribu.

Električne barijere pokazale su se učinkovite za širok raspon ribljih vrsta i veličine riba, no kompleksnost električnog pregradnog sustava i složenost u radu i nadzoru mogu spriječiti učinkovitost.

3.3.3. Sustavi bazirani na svjetlosti

Blještava svjetla proizvode bljeskove svjetla u mjerama koje se mogu prilagoditi veličini vodotoka. Sustavi velikih dimenzija obično se sastoje od četiri zasebna svjetla koja bljeskaju brzinom od 450 bljeskova po minuti i otprilike imaju intenzitet svjetla 2634 lumena po bljesku. Ovakvi tipovi sustava koriste ksenonske plinske cijevi, koje emitiraju širok spektar bijele svjetlosti. Sustav malih dimenzija čini jedno cilindrično bljeskavo svjetlo koja bljeska brzinom od 86 bljeskova po minuti. Za oba sustava se eksperimentalno i u praksi ispostavilo da utječu na kretanje riba.

Efikasnost podvodnih blještavih svjetla ovisi o vrsti i starosti ribe, fiziološkom stanju i uvjetima okoliša. Na prijenos svjetlosti u vodi utječu karakteristike vode. Koncentracije anorganskih suspendiranih krutina, klorofila a, organskih čestica mulja mogu djelovati na apsorpciju svjetlosti i njeno raspršivanje, tj. mogu uzrokovati prigušenost svjetla. Također, efektivnost blještavih svjetla u vodi varira ovisno o dobu dana. Tijekom dnevnih sati pozadinsko osvjetljenje često neutralizira svjetlost blještavih svjetla. S druge strane, u noćnim satima pozadinska je svjetlost niska, pa je efikasnost blještavih svjetla veća.

Ovisno o vrsti, ribe različito reagiraju na svjetlosne podražaje. Neke vrste bježe od svjetla, a neke svjetlo privlači i plivaju prema njemu.

3.3.4. Podvodni zvuk

Ovi tipovi sustava za upravljanje ribama koriste podvodni zvuk kako bi kreirali odbijajuće zvučno polje, sastavljeno od bliskog i dalekog polja zvuka.

Komponenta bliskog polja zvuka nastaje uslijed vibracija čestica vode, dok komponenta dalekog polja zvuka, koja se nalazi dalje od izvora zvuka, nastaje uslijed pritiska. Kombinacija ove dvije komponente zvuka može biti korisna za sistem

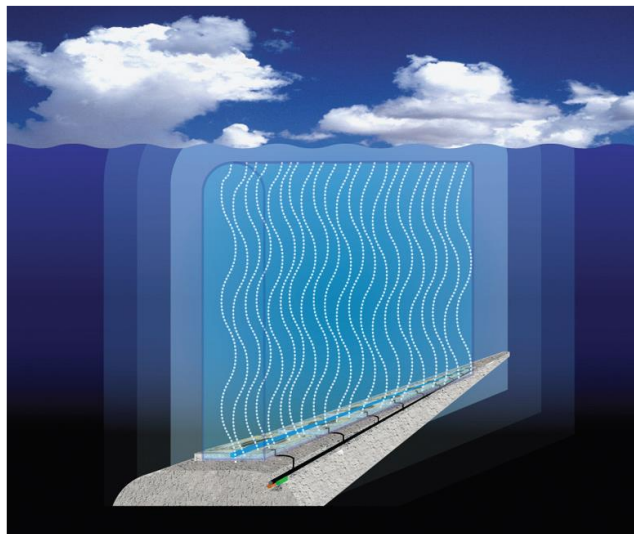
odvraćanja jer ribe koriste zvuk za orijentaciju u svom okruženju. Ovisno o tipu zvučnog sistema, frekvencije se kreću od 20 do 500 Hz.

Za razliku od podvodnih blještavih svjetla, podvodni zvuk može biti učinkovitiji za korištenje zbog malih ograničenja u vodi. Zvuk je posebno učinkovit u slučajevima velikih udaljenosti ili slabe vidljivosti. Prednosti zvuka su i velika brzina širenja u vodi i širenje u svim smjerovima.

Akustične pregrade su posebno interesantne kod hidroelektrana jer zauzimaju minimalan prostor i problemi začepljenja su minimalni. Glavni nedostatak koji treba tek riješiti je koliko dobro određene vrste riba mogu detektirati zvučni signal unutrašnjim uhom ili bočnom linijom.

3.3.5. Zavjese od zračnih mjehurića

Mjehurićaste zavjese su „zidovi“ mjehurića koji se uzdižu s dna vodotoka iz postavljene perforirane cijevi opskrbljene komprimiranim zrakom (Slika 3.11).



Slika 3.11 . Shema zavjese od zračnih mjehurića (PIANC 2013)

Učinkovitost mjehurićastih zavjesa ovisi o nekoliko faktora, uključujući protok, pozadinsku buku i interakciju izvora.

Istraživanja uglavnom pokazuju visoku efikasnost ovakvih sustava (ponekad 95%), ali također ta učinkovitost je kratkog vijeka jer se ribe brzo prilagođavaju, ako mjehurićaste zavjese nisu u kombinaciji sa svjetlosnim ili akustičnim barijerama isto tako efikasnost se po visini značajno smanjuje.

3.3.6. Feromoni

Ribe reagiraju na razne kemijske znakove koji mogu služiti ribi u pronalaženju ribljih staza i izbjegavanju ulaza u turbinu. Feromoni su izlučevine kemijskih faktora koje izazivaju društveni odgovor kod članova iste vrste. Mogu biti privlačni ili odbijajući. Razne studije pokazuju da ribe reagiraju odbijajuće na miris ozlijeđenih jedinka iste vrste ili na grabežljivaca koji su pojeli jedinke iste vrste. Mnoge riblje vrste sadrže „alarmni“ feromon koji ribe izlučuju u vodu kod oštećenja sloja kože iznad ljuski, što se dešava između ostalog kod napada predatora. Ova supstanca uzrokuje reakciju straha u ribama iste vrste, što rezultira „zamrzavanjem“, pojačanim plivanjem ili rapidnim bijegom iz tog područja. Također su provedena mnoga uspješna istraživanja s privlačnim feromonima koji potiču na hranjenje i razmnožavanje.

3.4. Izlaz iz riblje staze

Izlaz riba u gornju vodu, odnosno ulaz vode u riblju stazu kod hidroelektrana mora biti smješten dovoljno daleko od preljeva odnosno ulaza u turbine kako ribe na izlazu ne bi bile strujom povučene ili nazad preko preljeva ili u turbinski trakt. U raznoj literaturi preporučena minimalna udaljenost od izlaza do ulaza u turbinski trakt je 5 m. Također u slučaju brzine tečenja gornje vode veće od 0,5 m/s preporuča se izlazno područje iz riblje staze odvojiti pregradnim zidom.

Općenito, kada je visina gornje vode konstantna projektiranje ulaza vode u riblju stazu me predstavlja značajniji problem. Međutim u slučaju kada postoje oscilacije gornje vode potrebno je posvetiti posebnu pažnju projektiranju ovog elementa riblje staze. U pravilu kod oscilacija većih od 1m preporuča se izvedba većeg broja izlaza kako bi riblja staza ostala funkcionalna u svim uvjetima. Isto tako kod određenih tipova ribljih staza može se javiti potreba za mehaničkom regulacijom protoka na mjestu izlaza iz riblje staze.

S hidrauličke strane, na području izlaza mora se izbjeći snažne turbulencije i brzine tečenja preko 2m/s kako bi ribe mogle napuštati riblju stazu. Također i na ovom mjestu povezivanje izlaza riblje staze s prirodnim dnom vodotoka pomoću rampi može olakšati kretanje migrantskih bentonskih organizama. Isto tako važno je ulaz vode u riblju stazu zaštititi od potencijalnog zatrpavanja nanosom.

Na izlazu iz riblje staze preporuča se omogućiti postavljanje kontrolnih uređaja za redovni monitoring migracija te mogućnost zatvaranja dotoka vode u riblju stazu za potrebe održavanja.

3.5. Protok i uvjeti tečenja u ribljim stazama

Protok potreban za osiguranje optimalnih hidrauličkih uvjeta za ribe u samoj stazi u pravilu je manji od protoka potrebnog za osiguranje privlačne struje na izlazu iz riblje staze.

Pojavu turbulencije i vrtložnosti teško je izbjeći a njihov utjecaj na plivanje riba nije sasvim razjašnjen. Zbog mogućnosti da manje ribe budu zahvaćene i zbunjene vrtlozima i turbulencijom, u redu je pretpostavka da je utjecaj negativan. Neka istraživanja sugeriraju da ribe znaju koristiti turbulenciju uz fizičke strukture, propulziju uzrokovanu plivanjem drugih riba i vrtloge, za uspješnije plivanje. Sumnja se da veličina vrtloga najviše utječe na ponašanje riba pri plivanju (Liao 2007).

S obzirom na ostale akvatične organizme (slabije plivačke sposobnosti) turbulencija bi trebala biti što manja. Kod staza s bazenima, maksimalna volumetrijska disipirana snaga $P_v [W/m^3]$ (*volumetric power*) generalni je pokazatelj razine agitacije (tj. grubo pokazatelj intenziteta turbulencije) i preporuka je da treba iznositi oko 150-200 W/m^3 ovisno o vrsti riba. Definirana je u funkciji gustoće vode, ubrzanja sile teže, protoka vode, razlike razina vode ispred i iza otvora bazena, svijetle duljine i širine bazena i prosječne dubine toka mjerene u centru bazena [m].

Nadalje, bitni lokalni pokazatelji su brzina toka u točki, čija maksimalna vrijednost ne smije prelaziti 2 m/s (na mjestima kontrakcije toka), i dubina, koja ne smije biti manja od 0,2 m (FAO 2002), (Calluud, Pineau et al. 2014). Prve generacije ribljih staza izvedene su držeći se isključivo ovih pravila. Poželjno je da dubina bude što veća jer će tada stazu moći koristiti i ribe koje plivaju pridneno i ribe koje plivaju površinski.

Ribama odgovara situacija kada znaju prepoznati „uzorak toka“ pa je poželjno ponavljanje uzorka geometrije, što je u pravilu prisutno kod većine ribljih staza. Unazad 15 godina sve se više energije ulaže u detaljno proučavanje strukture toka u stazama. Primjer su istraživanja (Wu, Rajaratnam et al. 1999); (Tarrade, Texier et al. 2008); (Damien Calluud 2012) i (Calluud, Pineau et al. 2014).

Kod staza s bazenima nastaju recirkulacijske zone – područja omeđena vrtlozima. Zbog slabije izražene vertikalne komponente, može ih se tretirati kao dvodimenzionalne. Postoji uska veza između ovog pokazatelja i volumetrijske disipirane snage. (Tarrade, Texier et al. 2008). Vrtlozi mogu zahvatiti manje ribe pa prelazak staze postaje upitan. Situacija kad je vrtlog manji od ribe nije problematična, no ako je veći, ribe se gibaju otežano i kaotično (Calluud, Pineau et al. 2014).

3.6. Duljina, nagib i odmorišta

Preporuke za pravilan odabir dimenzija ribljih staza uključuju informacije o nagibu, širini, duljini i dubini vode u ribljoj stazi, te dimenzije otvora i odmorišta. Osnovne upute ovise primarno o dominantnoj migratornoj vrsti za koju se projektira riblja staza.

Nadalje značajna veličina je i razlika u vodnim licima između bazena jer cca 0,2m razlike u visini podrazumijeva brzinu tečenja oko 2m/s u otvorima (a što je spomenuto kao maksimalna dozvoljena brzina) te je tako definirana i maksimalna preporučena razlika vodnih lica.

Kod tehničkih ribljih staza dopušteni su veći nagibi i to u rasponu 1:5 do 1:10 ovisno o odabranom tipu riblje staze. S druge strane prirodne riblje staze ne bi smjele preći nagib od 1:15.

Odmorišta su područja predviđena za oporavak riba od napora uslijed svladavanja uspona i većih brzina u zonama otvora. Zone odmorišta moraju biti prilagođene tipu riblje staze a predstavljaju ih zone ili bazeni s volumetrijskom disipiranom snagom manjom od 50 W/m^3 . Prema dostupnoj literaturi odmorišta je potrebno osigurati na udaljenostima koje pokrivaju cca 2,0m u padu vodnog lica između bazena, dok je npr kod Denilovih ribljih staza preporučena duljina između odmorišta 6 do 8 m (u uzdužnom smjeru).

3.7. Dno riblje staze

Dno riblje staze trebalo bi se prekriti slojem grubog supstrata minimalne debljine od 0,2 m po cijeloj duljini riblje staze. Supstrat bi trebao biti tipičan za rijeku, a materijal supstrata bi trebao biti što prirodniji i postavljen tako da na dnu tvori raznoliku mrežu otvora i pukotina raznih veličina i oblika (Slika 3.12). Ovako koncipirano dno, omogućuje malim ribama i bentoskim beskralježnjacima neometano penjanje ribljom stazom. Također, s hidrauličkog gledišta, sloj od grubog supstrata služi i kao zaštita dna od erozije.

Hrapavo dno trebalo bi biti neprekidno od ulaza do izlaza iz riblje staze, kroz sve otvore i proreze u ribljoj stazi. Kod nekih tehničkih ribljih staza, pogotovo Denilovih ribljih staza, to je nemoguće postići. U takvim stazama spriječen je prolazak bentoskih beskralježnjaka.



Slika 3.12. Dno riblje staze sa slojem grubog supstrata (FAO 2002)

3.8. Uklapanje u okoliš

Riblje staze potrebno je maksimalno uklopiti u okoliš koliko je moguće uz uvjet ispunjavanja hidrauličkih zahtjeva za osiguranje njene funkcionalnosti. U tom smislu prva ideja kod projektiranja ribljih staza u pravilu bi trebale biti riblje staze prirodnog tipa a tek zatim tehničke riblje staze. U svakom slučaju preporuča se korištenje materijala iz lokalnog okruženja, ako se koristi drvena građa ne bi smjela biti kemijski tretirana, te bi trebalo omogućiti slobodno širenje vegetacije ili ga čak i potaknuti u cilju formiranja prirodnog okruženja za vodne organizme.

4. Prirodne riblje staze

Prirodne riblje staze oponašaju prirodne vodotoke strmijeg nagiba dna, a u pravilu se grade od materijala dostupnog iz samog vodotoka. Konstrukcije prirodnih ribljih staza usko su vezane na lokaciju na kojoj se izvode te će ovdje biti dani opće smjernice. Jasno je da biološke zahtjeve ovaj tip staza zadovoljava znatno bolje od tehničkih ribljih staza no upitna je tehnička izvedivost na pojedinim lokacijama najčešće vezana uz raspoloživ prostor.

Prednost ovih staze je što oponašaju prirodni tok rijeke pa se estetski najbolje uklapaju u okruženje. Najčešće su trapeznog oblika, s uzdužnim nagibom između 0,03 i 0,1. Supstrat na dnu ove staze, osim što oponaša prirodno korito rijeke, služi i dobivanju što veće hrapavosti. Prigušenju toka i postizanju traženih brzina uvelike doprinosi umetanje kamenih blokova. Oni ujedno stvaraju mjesta za odmor te na pojedinim mjestima i turbulenciju kojom se povećava količina kisika u vodi. Jednostavnim hidrauličkim proračunom (Jovanović 2011) na temelju zadanog protoka i pada, dobije se potreban raspored i broj blokova. Blokovi su najčešće širine $d=0.6-1.0$ m u smjeru toka, na razmaku $(1.5-3.0)d$ u smjeru toka. Nedostatak je što zahtijeva velike duljine, što implicira i potrebu za velikim brojem blokova. Postavljanje blokova je najčešće *nepravilno*, tj. bez logički jasnog uzorka u geometriji. Za detaljniju analizu toka preporuča se izrada fizikalnog modela.

Iako se blokovi u načelu postavljaju *nepravilno*, ne postoji razlog zašto se blokovi ne bi pokušali rasporediti *pravilno* (osim pod izlikom da se kao takvi ne bi pojavljivali u prirodi), s geometrijskim uzorcima koji se ponavljaju. Time bi se (po uzoru na staze s bazenima) mogli dobiti „izvjesniji“ recirkulacijski uzorci.

2 su osnovna tipa prirodnih ribljih staza (slika 4.1):

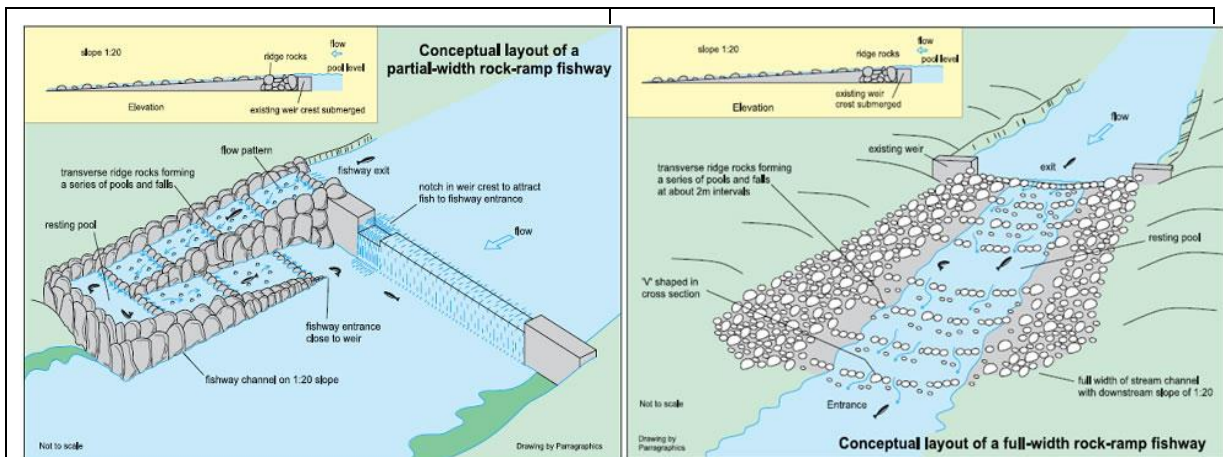
- rampe / riblje rampe
- obilazni kanali



Slika 4.1 Prirodne riblje staze a) riblja rampa, b) obilazni kanal

4.1. Riblje rampe

Riblje rampe svrstavaju se među prirodne riblje staze, jer pri njihovoj izvedbi nastoji se što više kopirati prirodne tokove i njihovu strukturalnu raznolikost. Izrađuju se kao integralni dio neke pregrade ili brane, u pravilu uz obalu na kojoj su prisutne veće struje i brzine (Slika 4.2a). Pogodne su kod nefunkcionalnih pragova kojima je potrebna restauracija, i tada se mogu izraditi po cijeloj širini poprečnog presjeka (Slika 4.2b)



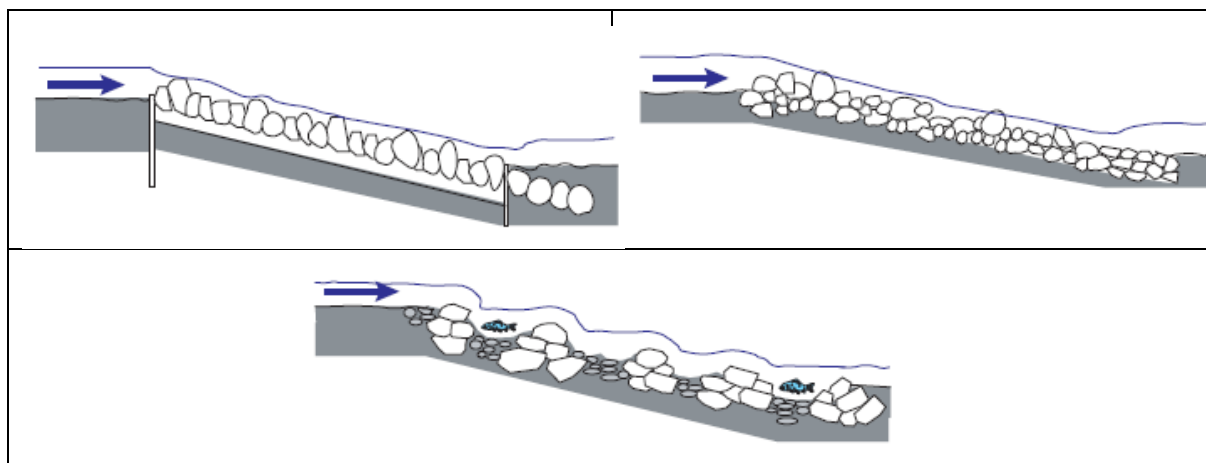
Slika 4.2 a. Riblja rampa integrirana uz branu i b Riblja rampa po cijeloj širini vodotoka (www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/fishways)



Slika 4.2c Riblja rampa Schlatbach, Njemačka (<https://commons.wikimedia.org/>)

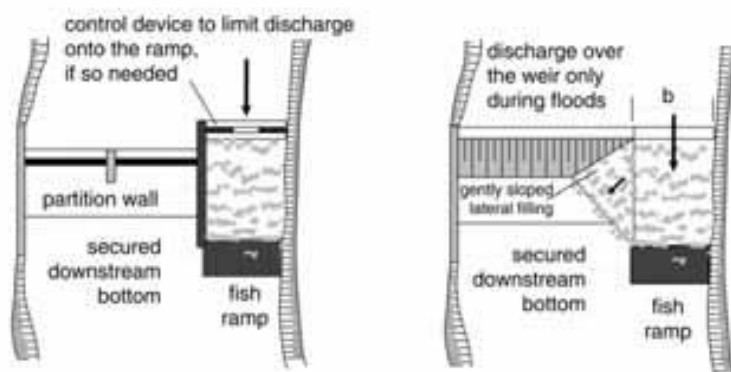
Riblje rampe se razlikuju prema tipu konstrukcije:

- a) Konstrukcija od ugrađenih kamenih blokova je jednoslojna konstrukcija otporna na velike protoke, u kojoj su kameni blokovi stisnuti i ravnomjerno poslagani na temeljnom sloju (Slika 4.3a).
- b) Konstrukcija od kamenog nabačaja je rastresita, ali elastična konstrukcija sastavljena od više slojeva kamenog nabačaja (Slika 4.3b). Ako je prirodni supstrat dna pijesak, potreban je i temeljni sloj.
- c) Kaskadna konstrukcija je konstrukcija koju čini niz pragova od velikih kamenih blokova koji tvore bazene pogodne za migraciju riba (Slika 4.3c).



Slika 4.3 a) Konstrukcija od ugrađenih kamenih blokova, b) Konstrukcija od kamenog nabačaja, c) Kaskadna konstrukcija (FAO 2002)

U slučajevima fiksnih pregrada s jako strmim nagibima ili vertikalnim padovima, potrebno je napraviti pregradni zid (Slika 4.4a). Kod pregrada s blažim nagibima, stavlja se blago nagnut pokos u cilju sprečavanja nastanka „slijepih ulica“ za ribe (Slika 4.4b).



Slika 4.4. Rampa uz preliv sa zapornicom (a) i slobodni preliv (b) (FAO 2002)

Tablica 4.1 Preporučene veličine nagiba ribljih rampi (BMLFUW 2012)

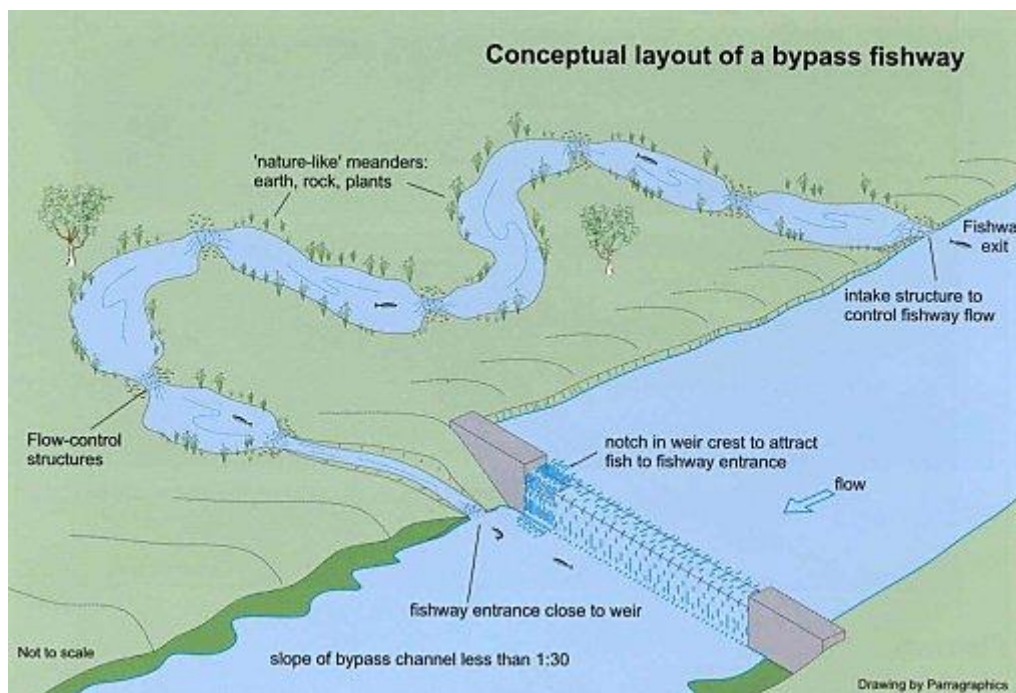
	Zona pastrve, gornji tok	Zona pastrve, donji tok	Zona lipljena	Zona mrene	Zona deverike
nagib	1:15	1:20	1:20-1:30	1:30-1:50	-

Osnovne smjernice kod projektiranja ribljih rampi prema dostupnoj literaturi dane su u nastavku:

- Širina rampe ovisi o raspoloživom protoku, ali ne bi smjela biti manja od 2,0 m. Dubina vode kod srednjeg protoka trebala bi iznositi $h = 0,3 - 0,4$ m. I dubina i širina prvenstveno ovise o ribljim vrstama za koje se projektira riblja rampa.
- Riblje rampe se izvode pod nagibima manjim od 1:20, a često ni takvi nagibi nisu dovoljni da brzine toka ne prekorače dopuštene vrijednosti od 1,6 - 2,0 m/s. U tim slučajevima se koriste veliki kameni blokovi kojima se nastoji povećati hrapavost, a time smanjit brzine i povećat dubine. Kameni blokovi se mogu postavljat nasumice u nepravilnom rasporedu ili na način da preko cijele širine rampe tvore poprečne pragove. Kod nepravilnog rasporeda, svrha kamenih blokova je da povećaju hrapavost rampe i pruže skloništa ili odmorišta za ribe. Postavljanjem kamenih blokova da tvore pragove, postiže se stvaranje bazena, koji opet služe kao odmorište za ribe a prilikom malih protoka osigurava potrebne razine vode.
- Velike brzine uzrokuju eroziju dna i obala. Obale se u tu svrhu stabiliziraju kamenim blokovima ili riprappom, čak i preko razine srednje vode. Gornji dijelovi obale se osiguravaju sadnjom vegetacije. Nizvodni dio riblje rampe, tj. ulaz u riblju rampu, zaštićuje se sa više slojeva kamenja. Kod korita otpornih na eroziju, minimalna duljina osiguranog dna iznosi od 3 - 5 m. Za pješčana dna, potrebno je osigurati dno u duljini 7-10 visina rampe.
- Veći protoci, karakteristični za riblje rampe, imaju i svoje prednosti u vidu privlačnih struja, što ribama olakšava nalaženje ulaza u riblju stazu. Također, zbog povoljnih struja moguće je postaviti ulaz u riblju rampu nizvodnije nego što je to uobičajeno za ostale tipove ribljih staza. Time se dobivaju dulje staze blažeg nagiba s dubljim bazenima za odmor riba.
- Na izlazu riblje staze često je potrebno napraviti konstrukciju s kontrolnim uređajem radi reguliranja protoka, posebno kad postoji vjerojatnost velikih fluktuacija u razini vode ili poplavnih voda.

4.2. Obilazni kanali

Prirodne riblje staze oblika obilaznih kanala (tzv. bypass riblje staze) su kanali koji zaobilaze određenu prepreku i pritom imaju prirodni oblik i karakteristike prirodnog vodotoka (Slika 4.5).

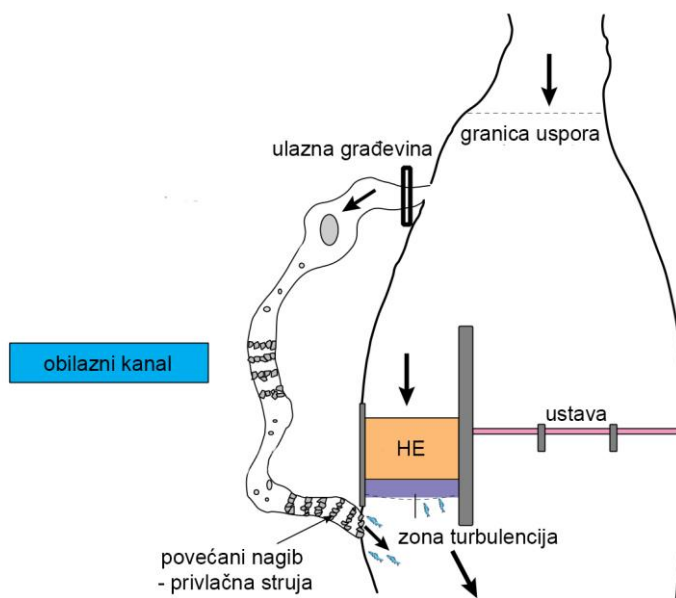


Slika 4.5 Obilazni kanal (www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/fishways)

Njihova svrha nije samo u omogućavanju migracija riba, već i u stvaranju poželjnog staništa za ribe. Prirodni uvjeti tečenja, i samim time poželjno stanište za ribe, se postižu vijugavim i meandrirajućim trasama, postavljanjem velikih kamenih blokova radi stvaranja bazena i brzaca što za posljedicu ima varijacije u brzinama toka i dubinama vode, sadnjom priobalne vegetacije, varijacijom u veličini i obliku poprečnih profila, itd.. Ovisno o karakteristikama rijeke nagib takvih ribljih staza se kreće od 1:100 do maksimalnih 1:20. Iako se teži projektiranju bypass staza sa što blažim nagibom, na većini staza su neizbježne i dionice sa strmijim nagibima. Kod strmijih ribljih staza potrebno je dodatno stabilizirati dno i obale, te uvesti neke mjere u cilju smanjenja brzina. Stabilizacija dna se vrši grubim šljunkom ili riječnim kamenjem postavljenim na podlogu od šljunka ili geotekstila.



Slika 4.# Prirodna riblja staza – akumulacija Obermaubach, Njemačka
(<https://commons.wikimedia.org/>)

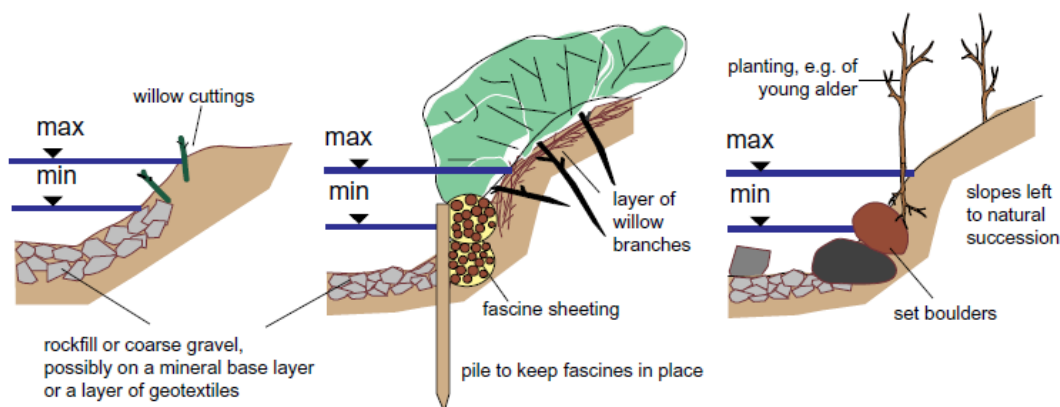


Slika 4.6. Shema tipične „bypass“ riblje staze uz hidroelektranu (FAO 2002)

Tablica 4.2 Preporučene vrijednosti nagiba dna i minimalnog protoka na temelju zonacije rijeka (BMLFUW 2012)

Protok [m ³ /s]		Zona pastve, gornji tok	Zona pastve, donji tok	Zona lipljena	Zona mrene
<i>U</i> vodotoku	<i>U</i> ribljoj stazi	Nagib [%]			
5	0,25	2,0-3,0	1,5-2,0	1,0-1,5	0,7-1,0
10	0,5	1,5-2,5	1,0-1,5	0,8-1,0	0,6-0,8
20	0,8	1,2-2,0	0,9-1,2	0,7-0,9	0,5-0,8
50	1,0	1,0-1,5	0,8-1,0	0,6-0,8	0,5-0,7
100	1,5	0,9-1,4	0,7-0,9	0,5-0,7	0,4-0,7
200	2	-	-	0,4-0,6	0,3-0,6
>200	>2	-	-	-	0,3-0,4

Za stabilizaciju obala poželjno se koristiti kombinacijama raznih metoda, kao npr. kombinacija živih biljaka i kamenja ili snopova šiblja. Također, mogu se koristiti stabilizacije od blokova kamenja, slojeva vrbinih grana, zasađenih čestara i sl. (Slika 4.7).



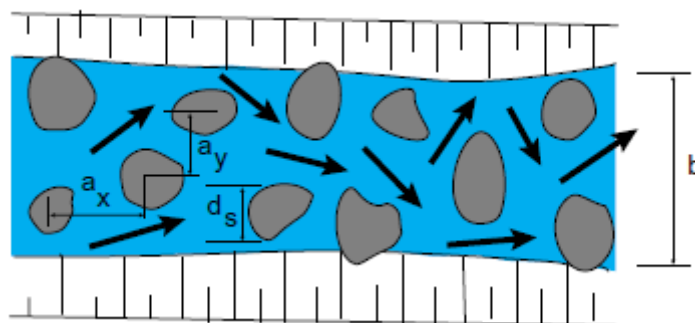
Slika 4.7. Primjeri stabilizacije dna i obala „bypass“ ribljih staza (FAO 2002)



Slika 4.8 Riblja staza tipa obilazni prirodni tok u Bavarskoj

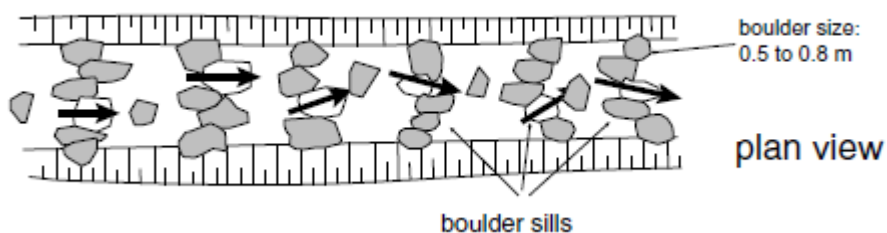
Dopuštene brzine toka za srednji protok se kreću od 0,4 - 0,6 m/s, a maksimalne dopuštene brzine za najveći protok ne smiju prelaziti od 1,6 - 2,0 m/s, s time da te vrijednosti mogu varirati ovisno o ribljoj vrsti. U uvjetima kad nije moguće postići brzine za srednji protok ispod 0,4 - 0,6 m/s (strmije dionice), potrebno je dodavanje nekih kontrolnih struktura. U tom pogledu postavljaju se veliki kameni blokovi, a mogu se koristiti slijedeće metode:

- a) Veliki kameni blokovi postavljaju se u nepravilnom rasporedu, ali ujednačeno po čitavoj dionici, čime se postiže veća hrapavost. Njima se omogućuju veće dubine i manje brzine toka, te također služe kao skloništa za ribe. Postavljaju se na udaljenosti $a_x=a_y=2-3d_s$, a najmanja udaljenost među kamenim blokovima ne smije biti manja od 0,3 - 0,4 m (Slika 4.9). Kameni blokovi moraju biti dovoljno veliki da onemoguće njihovo neovlašteno premještanje, te također da kod malih i srednjih protoka voda teče oko njih, tj. ne bi smjeli biti potopljeni. Ugrađuju se u dno do 1/3 ili 1/2 njihove dubine.



Slika 4.9. Shema riblje staze s nepravilnim rasporedom kamenih gromada (FAO 2002)

- b) U ovom slučaju kameni blokovi se ugrađuju u dno tako da tvore poprečne pregrade. Poprečne pregrade toliko sužuju protočni profil, da dolazi do stvaranja bazena između pregrada gdje se voda zadržava (Slika 4.10).



Slika 4.10. Shema riblje staze s pragovima od velikih kamenih blokova (FAO 2002)



Slika 4.11. Primjer prirodne riblje staze s pragovima od velikih kamenih blokova (PIANC 2013)

c) Kameni blokovi se postavljaju na način da tvore potopljene pragove (kaskade). Pragovi se rade na udaljenostima ne manjim od 1,5 m, a visinski pad na svakom pragu ne smije biti veći od 0,20 m (a često ni 0,10 - 0,15 m). Zbog pragova se usporava voda, te se formiraju bazeni s ciljanom dubinom $h = 0,3 - 0,6$ m.

„Bypass“ riblje staze projektiraju se s varirajućom širinom dna većom od 0,8 m ($b_{bot} > 0,8$ m), dok minimalna dubina vode ovisi o karakteristikama riba, ali ne smije biti manja od 0,2 m.

Ulazni dio riblje staze se mora pozicionirati uz samu branu kako bi se osigurao ulaz riba u nju. Također, preporuča se ulazna dionica većeg nagiba zbog stvaranja većih brzina toka koje privlače ribe u riblju stazu. Zbog većih brzina vode, dolazi do većih turbulencija koje uzrokuju veće erozije dna i obala na samom ulazu. Stoga se često ulazni dio u „bypass“ riblju stazu izvodi kao neki oblik tehničke riblje staze. Dno riblje staze trebalo bi biti direktno povezano s dnom same rijeke.

Lokacija izlaznog dijela riblje staze se nalazi dosta uzvodno od brane zbog velike duljine samih staza. Kod rijeka s većim oscilacijama u razini vode potrebno je na izlaznom dijelu projektirati čvrstu konstrukciju s kontrolnim uređajem. Konstrukcija mora biti takva da u slučaju malih voda osigura protok kroz riblju stazu koji omogućava kretanje riba, a kod većih voda i kad postoji mogućnost poplavlivanja obala spriječi ili limitira protok koji prolazi ribljom stazom.

Glavni nedostaci „bypass“ ribljih staza, uz već navedene probleme ulaza i izlaza, su velike površine koje je potrebno osigurati za njihovu izgradnju, velike duljine samih staza i veliki iskopi često potrebni za njihovu izvedbu.

5. Tehničke riblje staze

Osnovna podjela tehničkih ribljih staza je

- riblje staze bazenskog tipa
- riblje staze s vertikalnim otvorom
- Denilove riblje staze
- specijalne riblje staze – riblji liftovi, riblje prevodnice, staze za jegulje, ljestve za losose.

U nastavku će se opisati standardni tipovi.

5.1. Riblje staze bazenskog tipa

Osnovna ideja projektiranja ribljih staza bazenskog tipa je podjela kanala na bazene gradnjom vertikalnih pregrada koje osiguravaju stepenasti pad vodnog lica od gornje do donje vode. Protok se omogućava kroz otvore u pregradnim zidovima ili preko preljeva a potencijalna energija disipira se postepeno bazen po bazen. (slika 5.1)

Ribe migriraju iz jednog bazena u drugi kroz otvore (u dnu pregrade) odnosno preko preljeva. Pri tome svladavaju veće brzine samo dok prolaze kroz otvor dok je unutar bazena područje odmora. Preduvjet za prolaz svih migratornih vrsta a ne samo riba je uređenje dna prirodnim agregatom kao u koritu.

Riblje staze bazenskog tipa u pravilu su linijskog tlocrta, ali s obzirom na raspoloživi prostor i visinu koju je potrebno svladati postoje situacije u kojima imaju i nekoliko lomova od 180 stupnjeva (slika 5.2).

Brzine toka usko su povezane s razlikom u razini vode između pojedinih bazena. Pribavljiva razlika razine vode između bazena iznosi $\Delta h=0,15$ m, a maksimalna ne bi smjela bit veća od $\Delta h = 0,20$ m.

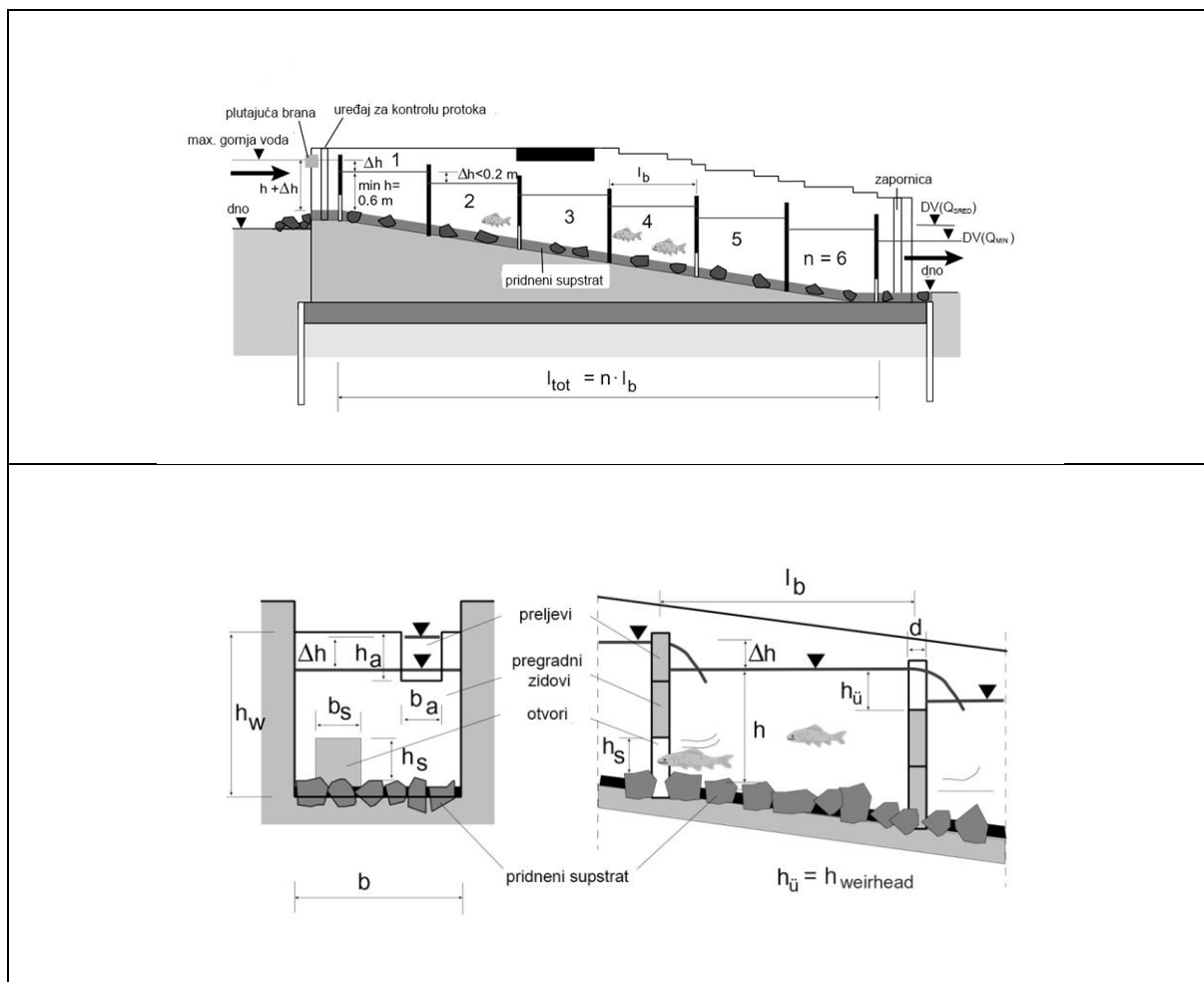
Nagib se dobiva kao omjer između razlike u razini voda i duljine bazena.

$$I = \frac{\Delta h}{l_b}$$

Za preporučene duljine bazena od 1,0 - 2,25 m, nagibi se kreću od 1:7 - 1:15.

Ukupni broj potrebnih bazena se dobije iz omjera ukupne visine h_{tot} (razlike u maksimalnoj razini vode uzvodno u rezervaru i minimalnoj razini nizvodno od pregarde prema kojoj je projektirana riblja staza) i dozvoljene razlike u razini voda između dva bazena (Δh).

$$n = \frac{h_{tot}}{\Delta h} - 1$$



Slika 5.1. Shema bazena s odgovarajućim oznakama prema (FAO 2002)



Slika 5.2 Riblja staza bazenskog tipa uz malu hidroelektranu u Njemačkoj

Kod projektiranja bazena, uzimaju se dimenzije koje osiguravaju dovoljan prostor ribama za kretanje ili odmor, ali i koje postižu disipaciju energije vode bez velikih turbulencija. Također, uzimaju se u obzir plivačke karakteristike očekivane riblje vrste i očekivani broj migracijskih riba. (Tablica 5.1)

Tablica 5.1 Preporučene dimenzije pojedinih elemenata konstrukcije ribljih staza bazenskog tipa i pripadni hidraulički uvjeti prema (FAO 2002)

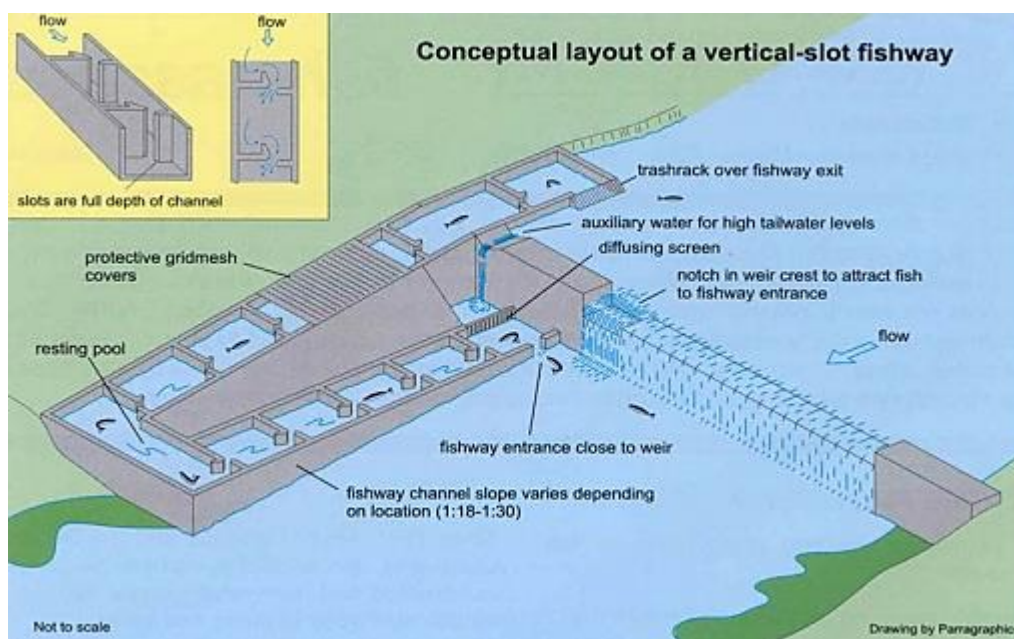
		<i>Zona pastrve, gornji tok</i>	<i>Zona lipljena</i>	<i>Zona mrene</i>	<i>Zona deverike</i>
Dimenzije bazena [m]	<i>Duljina</i>	>1,0		1,4-2,0	
	<i>Širina</i>	>0,8		1,0-1,5	
	<i>Dubina vode</i>	>0,6		0,6-0,8	
otvori		0,2x0,2	(0,25-0,35)x(0,25-0,35)		
Protok [m³/s]		0,05-0,1	0,08-0,2		
Max razlika vodnih lica između bazena [m]		0,20			

Za funkcioniranje riblje staze bazenskog tipa najvažniji parametri su:

- Brzina tečenja u prolazima ne smije biti preko 2m/s
- Osiguranje minimalnog protoka
- Volumetrijska disipacija snage ne smije prelaziti 150W/m^3 , odnosno 200W/m^3 kod salmonidnih vrsta.

Glavne prednosti ovog tipa ribljih staza su pogodnost za migraciju svih ribljih vrsta, mala potreba za vodom (zbog malih protoka) i normalne razlike u razinama voda. S druge strane, potrebna su česta održavanja zbog potencijalnog zatrpavanja pridnenih otvora nanosom.

5.2. Riblje staze s vertikalnim otvorima



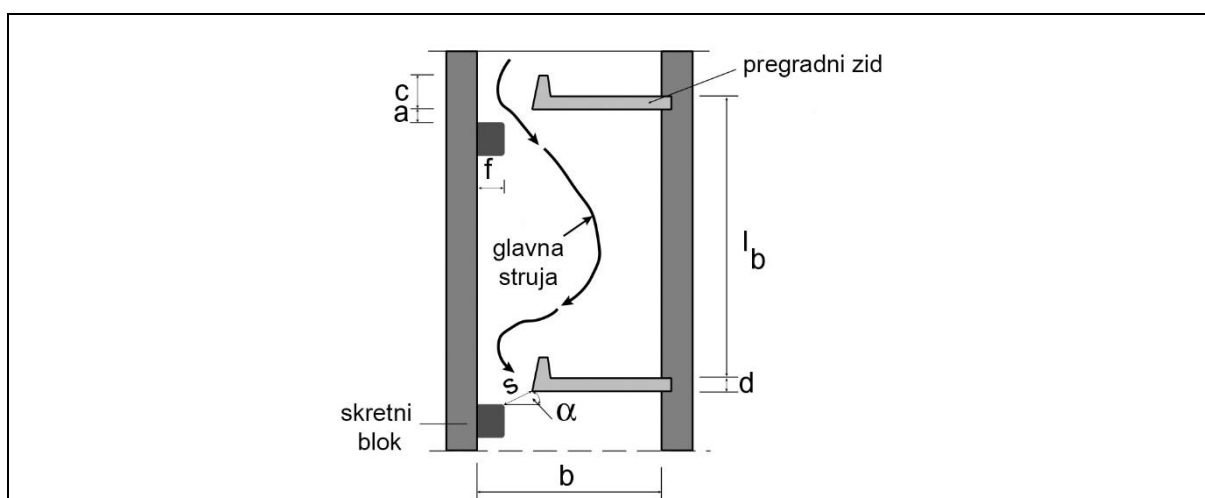
Slika 5.3 Konceptualno rješenje riblje staze s vertikalnim otvorima (www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/fishways)

Ovaj tip ribljih staza može se promatrati i kao podvrsta ribljih staza s bazenima zbog mnogih sličnosti koje dijele s njima. Riječ je o tehničkim stazama kod kojih se kanal pregrađuje vertikalnim pregradama čime se stvaraju bazeni. Za razliku od ribljih staza s bazenima, ovaj tip karakterizira otvor po cijeloj visini prepreke (vertikalni prorez). U slučaju kanala većih širina na jednoj pregradi se rade dva proreza. Riblje staze s vertikalnim prorezima jedne su od najčešće korištenih tipova tehničkih ribljih staza za uzvodnu migraciju riba. Čine ih pravokutan kanal s nagnutim dnom koji je vertikalnim

pregradama podijeljen na niz bazena. Pregrade se mogu izvoditi od različitih materijala (drvo, beton, čelik) i moraju biti dovoljno visoke da nikada ne dolazi do prelijevanja preko samih pregrada. Voda teče nizvodno prolazeći nizom vertikalnih proreza na pregradama iz jednog bazena u slijedeći. Vodni tok formira mlaz na prorezu između dva bazena, a energija tog mlaza se disipira miješanjem u bazenu.



Slika 5.4 Riblja staza uz HE Blanca – SLO, r. Sava, staza s vertikalnim otvorima (svladavanje veće razlike u padu) prelazi u obilazni prirodni kanal



Slika 5.5 Karakteristične veličine kod projektiranja ribljih staza s vertikalnim prorezom prema (FAO 2002)

Uzdužni i tlocrtni presjek u pravilu kod ovog tipa ribljih staza općenito odgovara spomenutima kod ribljih staza s bazenima. Minimalne dimenzije prema Gebleru (1991) su širina otvora $s=0,15-0,17\text{m}$, udaljenost između pregrada $1,9\text{m}$ a širina riblje staze minimalno $1,2\text{m}$. Osnovna karakteristika ovakvog tipa riblje staze je širina vertikalnog otvora koja ovisi o ribljoj vrsti dominantnoj za projektiranje i raspoloživom protoku.

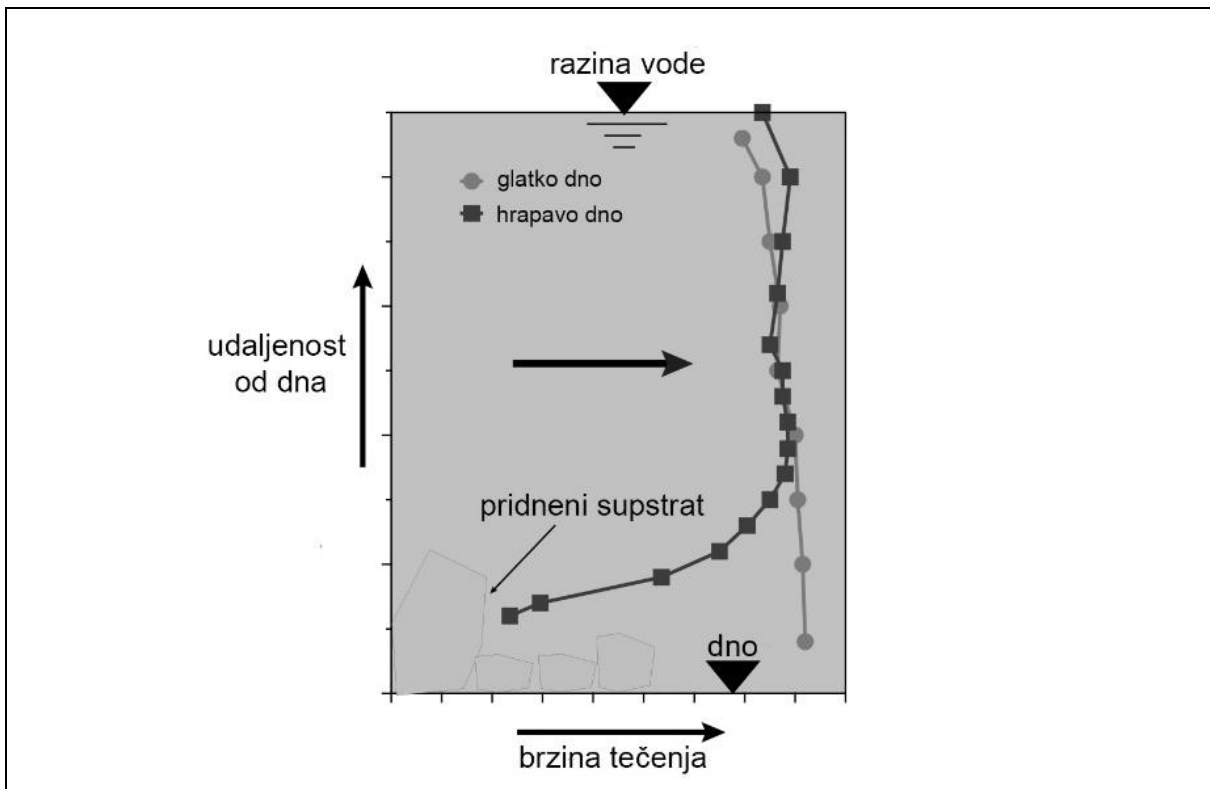
Nadalje sam oblik poprečnog zida mora biti takav da osigura povoljno strujanje za potrebe migracija. U tu svrhu izvode se i tzv. skretni blokovi na određenoj udaljenosti od samog otvora.

Tablica 5.2 Preporučene dimenzije pojedinih elemenata konstrukcije ribljih staza bazenskog tipa i pripadni hidraulički uvjeti prema (FAO 2002)

<i>Zona lipljena, mreže, deverike</i>		
<i>Širina otvora</i>	<i>[m]</i>	<i>0,15-0,30</i>
<i>Širina bazena</i>		<i>1,20-1,80</i>
<i>Duljina bazena</i>		<i>1,90- 3,00</i>
<i>Duljina usmjerivača</i>		<i>0,16-0,18</i>
<i>Razmak usmjerivača i skretnog bloka</i>		<i>0,06-0,14</i>
<i>Širina skretnog bloka</i>		<i>0,16-0,40</i>
<i>Min. dubina vode</i>		<i>0,50-0,75</i>
<i>Protok</i>	<i>[m³/s]</i>	<i>0,15-0,40</i>

Općenito riblje staze ovog tipa dobar su odabir za riblje vrste malih jedinki i lošije plivače. Prednosti ovih ribljih staza su relativno mala osjetljivost na oscilacije donje vode te mogućnost prilagodbe konstrukcije na oscilacije gornje vode (npr. ulazi na različitim razinama). Brzina tečenja pri dnu prolaza je manja pa omogućava nesmetanu migraciju slabijim vrstama. Ugradnjom pridnenog kamenog supstrata osigurana je migracija i biotskim organizmima. Moguće ih je izvesti i u područjima malih i velikih protoka (od 100l/s do nekoliko m^3/s). Ove karakteristike daju im određenu prednost kod odabira u odnosu na ostale tehničke riblje staze.

Najdulja riblja staza s vertikalnim otvorima Europe izvedena je u Geesthachtu na rijeci Elbi, a dugačka je 550m . Razlika u padu između gornje i donje vode je 4m , a savladana je kroz 45 bazena s maksimalnim protokom $15\text{m}^3/\text{s}$ (2% srednjeg protoka vodotoka)

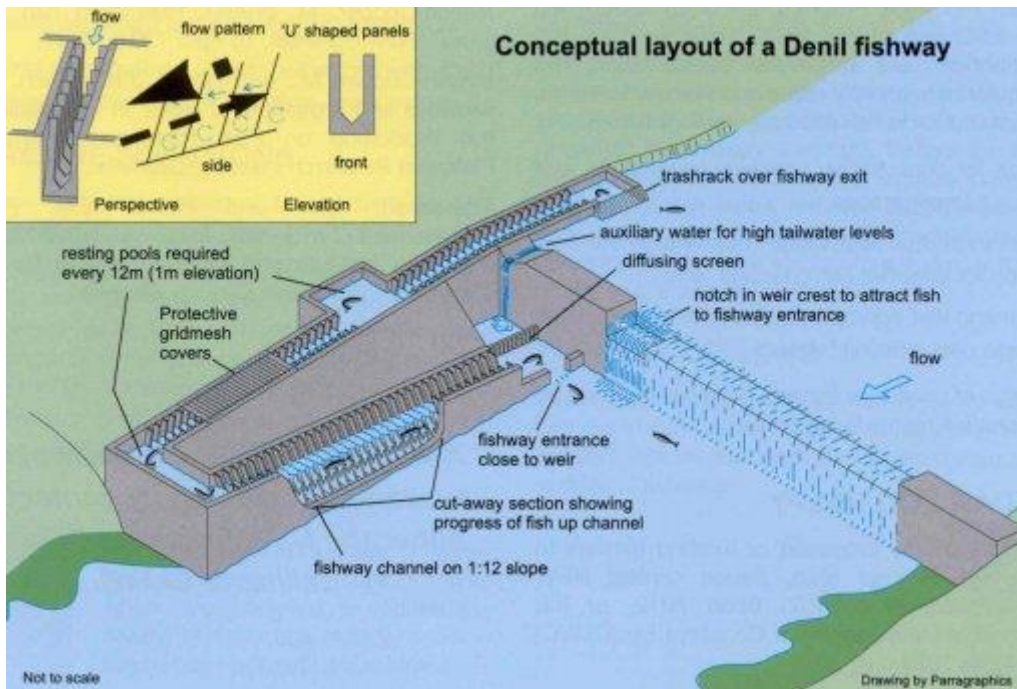


Slika 5.6 Raspodjela brzina duž otvora ovisno o izvedbi dna (sa ili bez kamenog supstrata) (FAO 2002)

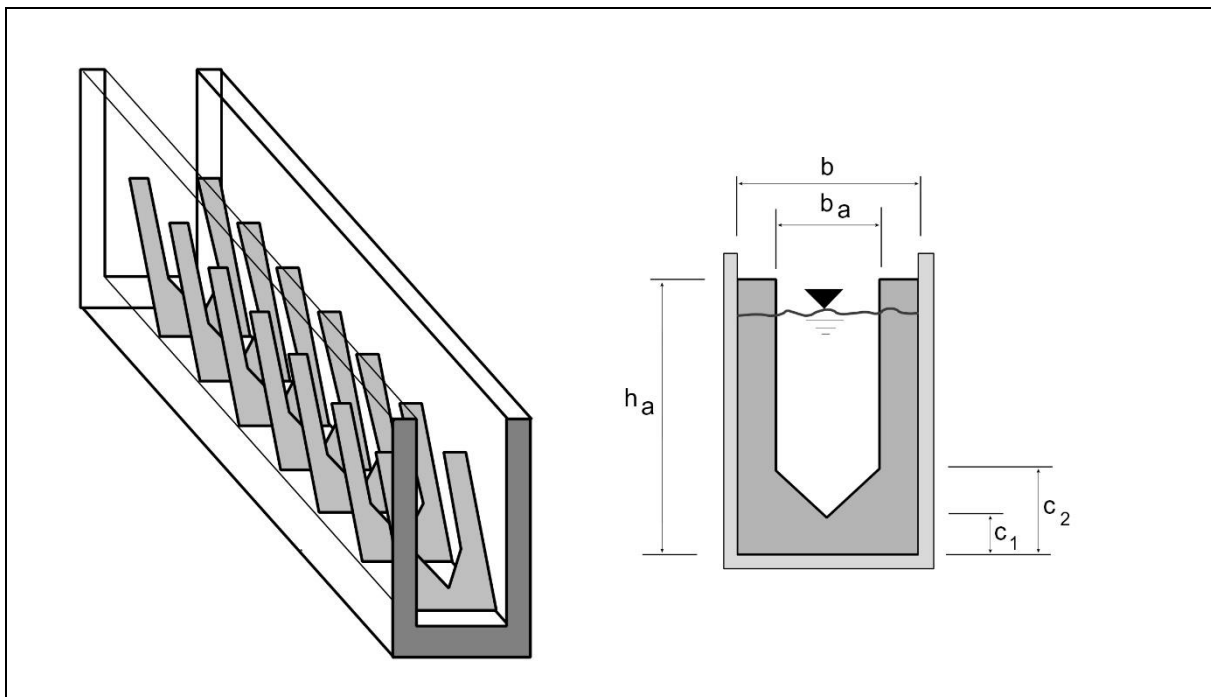
5.3. Denilove riblje staze

Denilove riblje staze, koje su dobile naziv prema svome izumitelju G. Denilu (1909. godine), sastoje se od pravocrnog pravokutnog kanala u koji su postavljene pregrade u pravilnim i kratkim razmacima, nagnute suprotno od smjera tečenja vode. Tokom godina je bilo razvijano mnogo verzija Denilovih ribljih staza, no danas se najviše upotrebljavaju staze „U“ oblika, koje su se pokazale kao najfunkcionalnije.

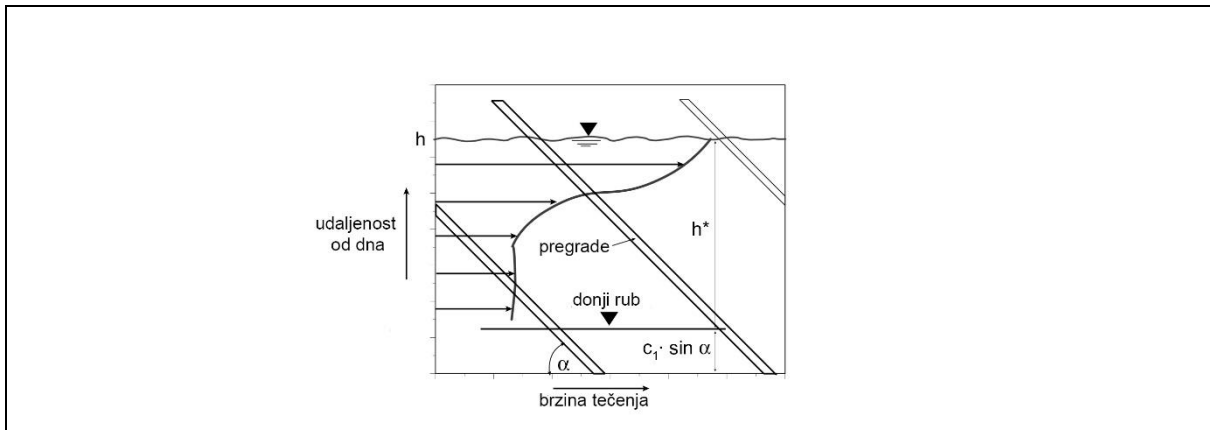
Karakteristična za ovu vrstu staza je velika disipacija energije i nastajanje uspora u području između pregrada, što uzrokuje manje brzine toka pri dnu (slika 5.9). To pogoduje ribama u njihovom prelasku staze, te također omogućuje projektiranje ribljih staza većih nagiba, i samim time manjih duljina. U slučaju većih dionica potrebno je napraviti odmorišta za ribe. Također, jedna od prednosti Denilovih ribljih staza su i veliki protoci, koji privlače ribe i olakšavaju usmjeravanje riba u riblju stazu.



Slika 5.7 Konceptualno rješenje Denilove riblje staze
(www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/fishways)



Slika 5.8 Denilova riblja staza i osnovne oznake prema (FAO 2002)



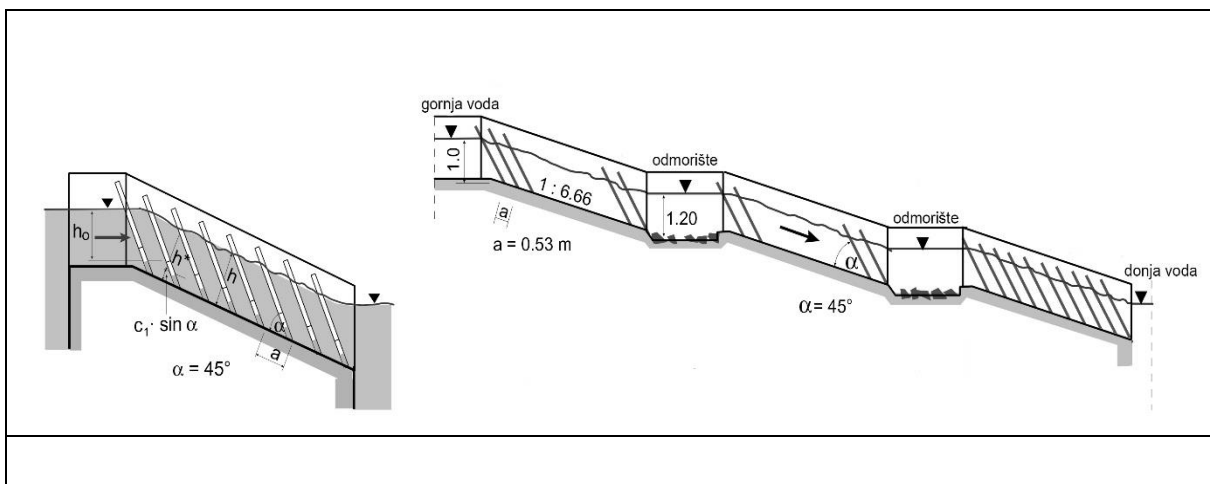
Slika 5.9 Raspored brzina u Denilovoj ribljoj stazi (FAO 2002)

Praktična prednost Denilove riblje staze je i ta što je pregrade moguće ugrađivati kao predgotovljene elemente što olakšava i ubrzava gradnju. Često koriste kod gradnje ribljih staza na postojećim branama s obzirom da su to tehničke riblje staze koje podnose najstrmije nagibe (i do 20%).

Tločno gledano Denilove riblje staze uvijek su pravocrtne, a neophodne promjene smjerova rješavaju se međubazenima koji ujedno mogu služiti i kao riblja odmorišta (s obzirom da se ne mogu odmarati između samih pregrada). Ovisno o vrsti riba odmorišta se izvode svakih 6-8 odnosno 10-12m. Same dimenzije odmorišta biraju se tako da umire energiju i omoguće formiranje odmorišnih zona (disipacija volumetrijske snage ne bi smjela biti veća od $25-50W/m^3$). Položaj ulaza i izlaza rješava se na isti način kao i kod ribljih staza bazenskog tipa. Prednost Denilovih staza je u dozvoljenom nagibu, tako da se uobičajeni nagibi kreću u rasponu 10-20% (1:10 do 1:5). Osnovne preporuke dimenzija prema literaturi (Larinier, 1983) dane su u tablici 5.3. Kod izvedbe samih pregradica preporuča se korištenje drveta s uredno obrađenim rubovima kako ne bi došlo do ozljeđivanja riba. U pravilu prepreke se postavljaju pod kutem 45° u odnosu na dno kanala i imaju „U“ presjek s trokutom u dnu (slika 5.10). S obzirom da sam oblik pregrade ima značajan utjecaj na uvjete tečenja ne preporučaju se veća odstupanja od veličina prikazanih u tablici 5.3.

Tablica 5.3 Preporučene veličine za projektiranje Denilovih ribljih staza za riblje vrste na području RH prema (FAO 2002), oznake prema slici 5.9

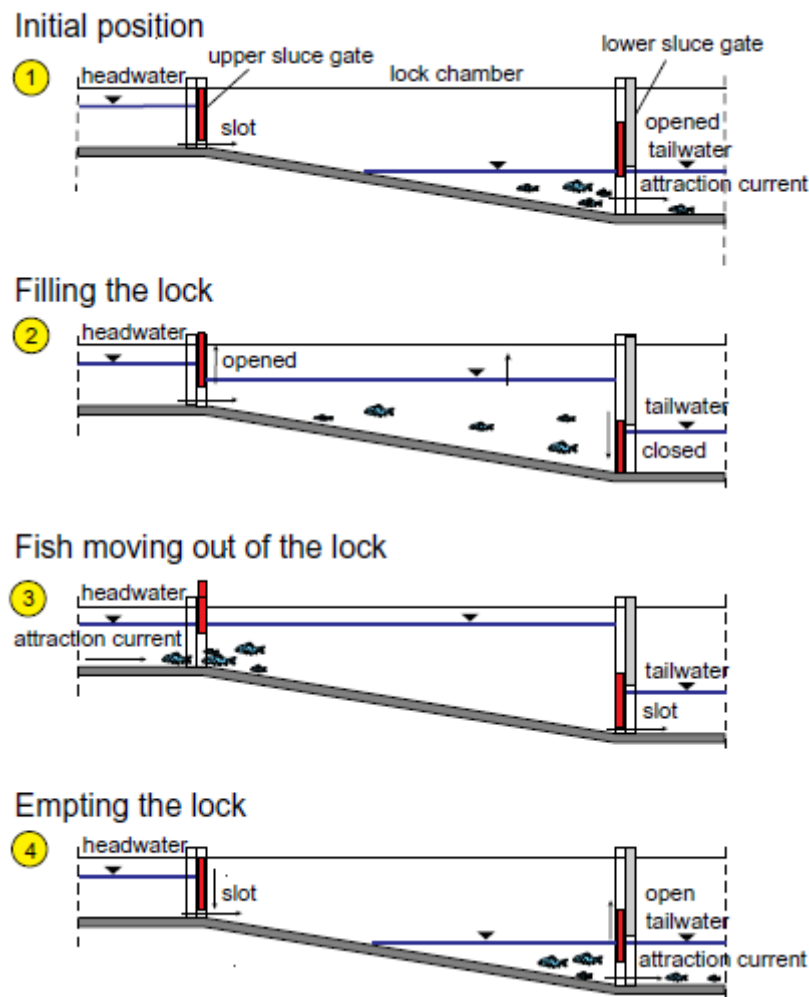
širina kanala	[m]	0,6-0,9
nagib	[%]	13,5-20,0
	1:n	1:7,4 – 1:5
protok	m ³ /s	0,25-0,60
širina pregrade	b _a /b	0,5-0,6
razmak pregrada	a/b	0,5-0,9
udaljenost najniže točke otvora i dna	c ₁ /b	0,23-0,32
dubina trokutnog presjeka	c ₂ /c ₁	2



Slika 5.10 Uzdužni presjek kroz Denilovu riblju stazu

5.4. Riblje prevodnice

Konstrukcija ribljih prevodnica jednaka je brodskim prevodnicama. Sastoji se u pravilu od komore ulazne i izlazne građevine sa vratima. (slika 5.11). Funkcionalno brodske prevodnice ne mogu se poistovjetiti s ribljim stazama zbog nedostatka stujanja koje bi usmjerilo ribe, relativno kratkog vremena otvaranja vrata te velikih turbulencija u samoj komori tijekom punjenja. Kod u svijetu izvedenih ribljih prevodnica (Nizozemska, Škotska, Irska, Rusija) rad je obično automatiziran na interval od pola sata ili sat.



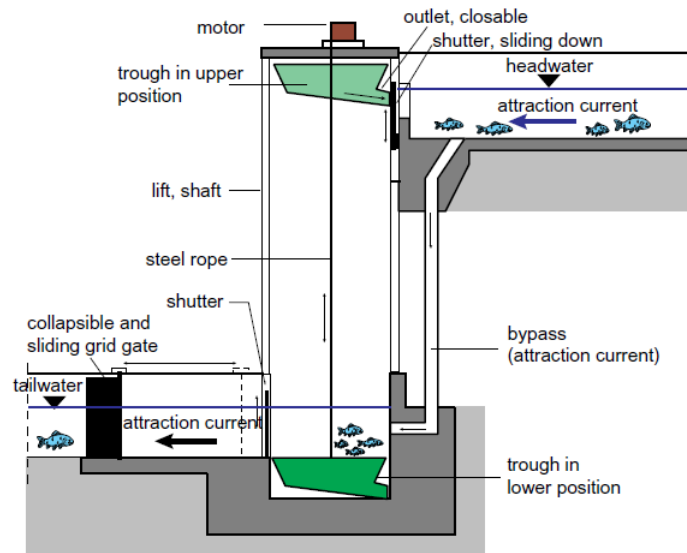
Slika 5.11. Shema funkcioniranja ribljih prevodnica u 4 faze (FAO 2002)

Važno je osigurati struju koja će privući ribe u prevodnicu, što se nerijetko rješava „bypass“-om. Poprečni presjek mora biti tako oblikovan da brzine strujanja budu u rasponu 0,9-2,0m/s (srednja vrijednost 1,2 m/s), te da se punjenje odnosno pražnjenje ne obavlja brzinom većom od 2,5m po visini/min.

Glavna prednost ribljih prevodnica u odnosu na klasične riblje staze je što ne zauzimaju puno prostora i u mogućnosti su savladati vrlo velike razlike u visini. Isto tako pogodne su za riblje vrste „slabe plivače“. Nedostatak prevodnica je što za razliku od klasičnih ribljih staza zahtijevaju znatno više održavanja.

5.5. Riblji liftovi

Riblji liftovi izvode se u slučajevima kada je potrebno svladati veću visinsku razliku između gornje i donje vode (preko 6 m) ili je na raspolaganju je manja količina vode te nije moguće izvesti klasičnu riblju stazu. (slika 5.12)



Slika 5.12 Presjek kroz riblji lift (FAO 2002)

Najveća prednost ovog tipa konstrukcije je što zahtjeva malo prostora i pri tome je u mogućnosti svladati najveće visinske razlike, pogodne su za riblje vrste „loše plivače“ jer se ribe uzvodno premještaju pasivno. Nedostaci su zahtjevno i skupo održavanje te nisu pogodni kod većih oscilacija gornje vode.

6. Zaključak

Uzdužna povezanost vodotoka ključna je s ekološkog stajališta za zadovoljenje migracijskih potreba vodnih organizama te je zato nužan uvjet za sve vodotoke. Konstrukcije koje predstavljaju prepreku uzdužnoj povezanosti su pragovi, brane, ali i propusti i razni oblici kanaliziranja vodotoka umjetnim elementima. Prije planiranja ribljih staza na postojećim građevinama, odnosno u slučaju obnavljanja uzdužne povezanosti nužno se prvo zapitati da li je postojeća prepreka zaista neophodna i služi li još uvijek svojoj primarnoj svrsi. Naime uklanjanje prepreka trebalo bi imati prednost pred izgradnjom ribljih staza.

U Izvještaju 2 dan je pregled postojećih znanja i osnovni pristupi projektiranju ribljih staza. Prikazani su osnovni tipovi prirodnih i ribljih staza te uobičajene geometrijske karakteristike pojedinih tipova u ovisnosti o zonaciji vodotoka. Na temelju prikazanih znanja u nastavku projekta Planiranje i projektiranje ribljih staza analizirat će se riblje staze od interesa na području Republike Hrvatske numeričkim i fizikalnim modelima.

Također opisani su opći kriteriji koje riblje staze moraju zadovoljiti uključujući biološke zahtjeve i ponašanje migratornih vodnih organizama a predstavljaju važne aspekte u postupku planiranja ribljih staza. Isto tako definirani su i opisani problemi vezani uz funkcioniranje ribljih staza s posebnim naglaskom na smještaj ribljih staza te oblikovanje ulaza i izlaza.

Na temelju prikazanih podataka numerički modeli bit će definirani za prirodne riblje staze i riblje staze bazenskog tipa, s vertikalnim prorezima i Denilove riblje staze dok će fizikalni modeli za potvrdu i tariranje numeričkih modela biti izvedeni za tehničke riblje staze bazenskog tipa i staze s vertikalnim prorezima.

U daljnjim fazama projekta detaljno će se za svaki pojedini tip riblje staze analizirati u literaturi korišteni numerički modeli te utjecajni parametri na rezultate – geometrija, hidraulički uvjeti i slično. Nastavno će se formirati numerički modeli pogodni za primjenu na vodotocima hrvatskih slivova. Granične i preporučene vrijednosti iz dostupne literature prikazane u ovom Izvještaju u nastavku projekta Planiranje i projektiranje ribljih staza bit će detaljno analizirane sa ciljem što jednostavnije primjene u inženjerskoj praksi.

S obzirom da nisu dostupni detaljni podaci o izvedenim i planiranim pragovima na vodotocima RH analize će se provoditi na temelju iskustvene procijene za padove u rasponu 1-4 m. Naime prema geografskom položaju i raspoloživom hidrološkom potencijalu te trenutnim uvjetima u kojima se okrećemo obnovljivim izvorima i okolišno gledano prihvatljivim rješenjima u obliku malih hidroelektrana nema potrebe za



detaljnou analizou ribljih staza kod većih padova. U slučaju potrebe revitalizacije postojećih vodotoka na izvedenim lokacijama brana s većim padovima potrebno je pristupiti svakom problemu pojedinačno te je očekivano i izvođenje specijalnih tehničkih rješenja koja nisu dio ovog projekta.

LITERATURA

BMLFUW (2012). Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen. D. D. R. F. Dr. Veronika Koller-Kreimel. Beč, Austrija, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Calluau, D., et al. (2014). "Modification of vertical slot fishway flow with a supplementary cylinder." Journal of Hydraulic Research **52**(5): 614-629.

Damien Calluau, V. C., Badreddine Bourtal, Laurent Dupuis, Christian Refin, Dominique Courret, Laurent David (2012). Scale effects of turbulence in vertical slot fishways : field and laboratory measurement investigation. 9th International Symposium on Ecohydraulics - ISE 2012. Vienne, Austria.

EA (2010). Environment Agency Fish Pass Manual. E. Agency. Almondsbury, Bristol, Environment Agency

FAO, D. (2002). Fish passes – Design, dimensions and monitoring. Rim, Italija, FAO (Food and Agriculture Organization of the US), DVWK (German Association for Water Resources and Land Improvement).

Jovanović, M. (2011). "Riblje staze u skolpu 'naturalnog' uređenja malih vodotoka." Vodoprivreda **43**(4-6): 217-226.

Larinier, M. (1992). "Implantation des passes à poissons." Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture(326-327): 30-44.

LARINIER, M. and F. TRAVADE (2002). "DOWNSTREAM MIGRATION: PROBLEMS AND FACILITIES." Bull. Fr. Pêche Piscic.(364): 181-207.

Liao, J. C. (2007). "A review of fish swimming mechanics and behaviour in altered flows." Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences **362**(1487): 1973-1993.

PIANC (2013). Fish Passage. I. W. G. 127. Bruxelles, PIANC. **InCom report 127**.

Prša, M., Rebrina, M., Srednoselec, I. (2013). Analiza geometrijskih karakteristika ribljih staza u ovisnosti o hidrauličkim uvjetima tečenja. Zagreb.

Tarrade, L., et al. (2008). "Topologies and measurements of turbulent flow in vertical slot fishways." Hydrobiologia **609**(1): 177.

Wu, S., et al. (1999). "Structure of Flow in Vertical Slot Fishway." Journal of Hydraulic Engineering **125**(4): 351-360.

www.dpi.nsw.gov.au/fishing/habitat/rehabilitating/fishways.