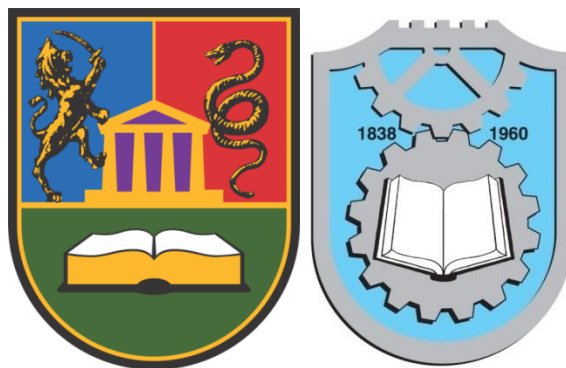


Универзитет у Крагујевцу
Факултет инжењерских наука у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Обновљиви извори енергије 2

Број индекса: 315/2015

Небојша А. Драмлић
Степеничасти рибљи прелази МХЕ
мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Професор др Душан Гордић

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Резиме

Рибљи прелази се сматрају најстаријим алатом за управљање који се користи да би се смањио утицај блокирања рута за миграцију риба код малих хидроелектрана(МХЕ). У овом мастер раду су дефинисане мале хидроелектране са својим предностима и манама које доводе до потребе за пројектовањем прелаза за рибе. Такође је дат преглед типова риба који утичу у процесу миграције као и фактори који доводе до те појаве. Дати су и примери конвенционалних прелаза који се најчешће користе у пракси и урађен је прорачун једног степеничастог(базенског) прелаза за рибе код МХЕ. У програмском пакету SOLIDWORKS 3D CAD Desing измоделиран је прорачунати степеничасти прелаз за рибе.

кључне речи: МХЕ, миграције риба, степеничасти (базенски) рибљи прелаз

Abstact

Fish passes are considered to be the oldest management tool used to reduce the impact of blocking the migration routes for small hydropower plants (SHPs). SHPs plants were defined with their advantages and disadvantages that lead to the necessity for designing a fish pass. An overview of the types of fish affecting the migration process as well as factors leading to this phenomenon has also been reviewed. The examples of conventional transitions that are most commonly used in practice were shown and the calculation of a single pool fish pass for the SHPs was done. In the SOLIDWORKS 3D CAD Desing software package, the defined pool fish passage was modelled.

Keywords: SHP, fish migrations, pool fish pass

Садржај

1. Увод.....	3
1.1.Дефиниција МХЕ	3
1.2. Утицаји током функционисања МХЕ	7
2. Миграције риба	9
2.1. Фактори који утичу на миграције.....	10
2.2. Типови мигрирајућих риба и њихове брзине пливања.....	11
3.Прелази за рибе	14
3.1.Типови прелаза за рибе.....	15
3.2.Степеничасте рибље стазе.....	16
3.3.Пролаз у виду вертикалних преграда.....	17
3.4.Денилов пролаз.....	18
3.5. „Мердевине за јегуље“.....	20
3.6.Рибљи кавези (шахтне преводнице).....	23
3.7.Рибљи лифтови.....	26
4.Математички прорачун степеничастог (базенског) пролаза за рибе.....	28
5.Пример прорачунаи пројектовања (степеничасте рибље стазе у виду каскаде базена) прелаза	32
6. Закључак	39
7. Литература.....	40

1. Увод

Енергија је неопходни предуслов и основни покретач свих производних и пратилац свих друштвених активности. Такође је и једна од најважнијих компоненти развоја привреде и друштва уопште.

Да би се одржао привредни и друштвени развој а уједно и штедела фосилна горива потребно јеу што већој мери прећи на обновљиве изворе енергије. Обновљиви извори енергије (ОИЕ) представљају такав вид енергије који се обнавља истом брзином којом се и троши и уједно представља "чисту" енергију. Светски енергетски тренд последњих година је све већи искорак ка обновљивим изворима енергије.

Најчешће коришћени типови (ОИЕ) су:

- енергија ветра
- енергија воде
- соларна енергија
- енергија биомасе
- геотермални извори енергије

Поред биомасе, највише коришћени ОИЕ је хидро-енергија (првенствено енергија водотокова) која чини око 3,7 % глобалног примарног енергетског микса. Хидро-енергија воде се најчешће у постројењима – хидроелектранама, претвара у електричну енергију.

1.1.Дефиниција МХЕ

Хидроелектране су постројења у којима се потенцијална енергија воде (трансформисана енергија сунчевог зрачења) најпре претвара у кинетичку енергију њеног струјања (у статору турбине), а потом у механичку енергију (у ротору турбине) ротације вратила турбине те, коначно, у електричну енергију у генератору.

Не постоји интернационално прихваћена дефиниција "мале" хидроенергетике. У различитим државама, горња граница варира између 1,5 и 50 MW. Неке земље попут Португалије, Шпаније, Ирске, Грчке и Белгије су прихватиле 10 MW као горњу границу инсталисане снаге за мале хидроелектране (МХЕ). У Италији је граница 3 MW, у Шведској 1.5 MW, у Француској 8 MW, у Кини 25 MW, у Индији 15 MW.

Међутим, у Европи се све више прихвата граница од 10 MW коју су усвојиле ESHA (The European Small-Hydropower Association), Европска комисија (European Commission) и UNIPED (International Union of Producers and Distributors of Electricity). У категоризацији малих хидроелектрана (МХЕ), израз "мини" обично се односи на системе капацитета испод 1 MW, "микро" испод 100 MW и "пико" испод 5 MW.

У Србији према законској регулативи граница је 10 MW.

Мале хидроелектране (МХЕ) чине мали део укупног светског хидроенергетског капацитета, али је порастао са 4,1% од укупног броја у 1980., до преко 8% у 2012.

Глобални инсталирани капацитет МХЕ процењен је 75 GW (2011-2012). Највећи део раста настао је од 2000 године. Процена је да ће се капацитет МХЕ повећао на 95 GW у 2015[1].

Тренутно МХЕ капацитета до 10 MW, постоје у 148 земаља или територија. 64% глобалних капацитета МХЕ је инсталирано у Кини у 2008.години,

У Европи инсталирано је преко 15 GW МХЕ. Од тога у ЕУ 13.5 GW при чему је годишња производња 48.783 GWh. Код нас је инсталирано око 50 MW.[1]

МХЕ се могу разврстати на два начина:

- Према величини напора разликују се три категорије идејних решења:
 - високи напор : 100 m и изнад
 - средњи напор : 30-100 m
 - ниски напор : 2-30 m



Слика 1. Хидроелектрана¹

- Према локацији изградње:
 - на природним водотоковима (рекама, потоцима)
 - на хидрауличним акумулацијама (друге намене)
 - у водоводним каналима (наводњавање, хлађење термоелектрана, отпадне воде после третмана, итд.) и системима за водоснабдевање.

¹Преузето са https://civilgeo.scdn5.secure.raxcdn.com/wp-content/uploads/John_Day_Dam_fish_ladder.jpg



Слика 2. МХЕ са пролазом за рибе на природном водотоку²

Сем поменутих, МХЕ се такође могу разврстати и:

- Према режиму рада МХЕ изводе се тако да остварују:
 - паралелан рад са енерго-системом; рад по дотоку,
 - рад на изолованој мрежи; острвски рад (рад по дијаграму оптерећења),
 - комбиновани рад на изолованој мрежи или прикључењем на мрежу.
- Према систему аутоматизације:
 - потпуно аутоматизоване мале хидроелектране (рад без посаде),
 - делимично аутоматизоване МХЕ (мала посада, обично један човек).



Слика 3. МХЕ на водоводним каналима³

²Преузето са <http://portalanalitika.me/storage/2016/02/02/thumbs/56b1168c-03f0-44df-93f8-21b3b0765237-malelektrangl-preview.jpg>

³Преузето са http://obnovljiviizvorienergije.rs/wp-content/uploads/2011/05/11-05-26_izgradnja-malih-hidroelektrana_01.jpg



Слика 4. МХЕ на хидрауличним акумулацијама ⁴

Предности коришћења МХЕ:

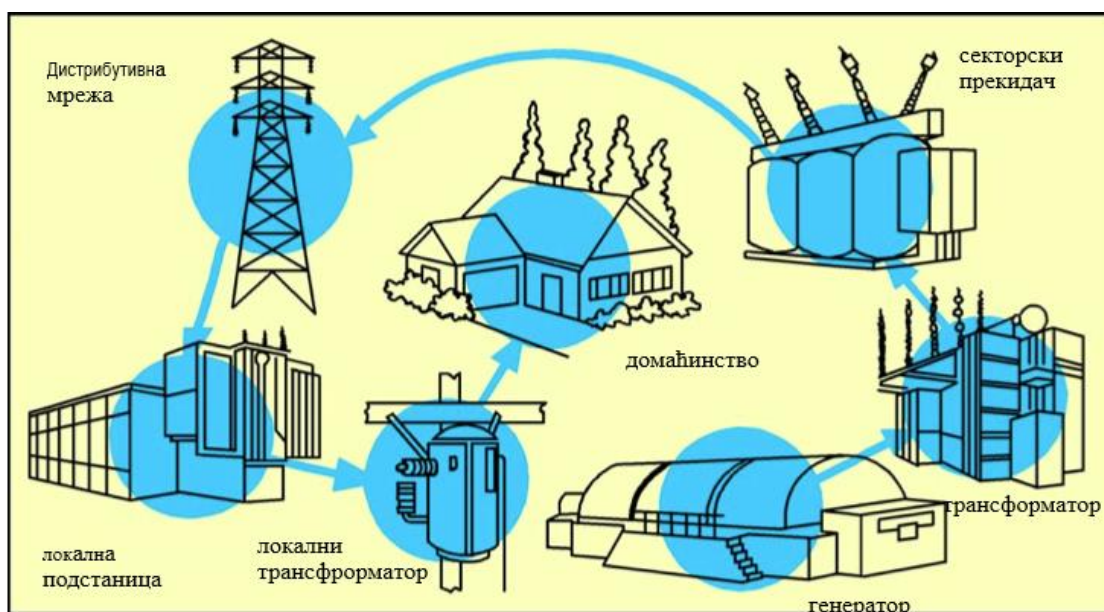
- чист и обновљив извор енергије, јер за погон користи воду која се у процесу производње електричне енергије не троши,
- у односу на велике хидроелектране нема плављења широких подручја (како би се обезбедио простор за акумулацију воде) и нарушавања локалног еколошког система,
- могу обезбедити наводњавање земљишта, као и снабдевање водом околних насеља, изградњу рибњака и заштиту од поплава,
- смањују се инвестициона улагања за електрификацију удаљених насеља од опште електричне мреже, а електрификацијом таквих руралних насеља доприноси се унапређењу њиховог развоја,
- пошто су најчешће лоциране близу корисника, губици електричне енергије у преносу се смањују и растерећује се електро мрежа,
- креирају нова локална радна места за надгледање функционисања електране,
- експлоатишу се уз релативно ниске трошкове,
- радни век је врло дуг, у просеку 30 година, мада има МХЕ које раде и 80 и више година. [1]

Мане коришћења МХЕ су:

- потреба обезбеђења биолошког минимума (резервног тока),
- потреба уградње пролаза за рибе (повреде и миграција рибе, утицај на непосредни еко-систем),
- бука, вибрације, визуелно нарушавање околине,
- основни проблем при раду у електроенергетском систему – nestалан проток: варијације тока и мала акумулација,

⁴Преузето са https://gradiuinflaciji.files.wordpress.com/2016/03/bac5a1ta-balkana_-slika-kanala-za-odbranu-i-navodnjavanje.jpg

- компликована изградња и релативно високи инвестициони трошкови.



Слика 5. Пример заокруженог циклуса ел.енергије од производње до крајњих корисника⁵

1.2. Утицаји током функционисања МХЕ

У исто време када треба прихватити чињеницу да производња струје из МХЕ не узрокује емисију угљен диоксида или течних загађивача, стоји чињеница да због лоцирања у осетљивим подручјима локални на животну средину утицаји нису увек занемарљиви. Утицаји на животну средину се јављају у току изградње и током оперативног функционисања МХЕ.

Приликом изградње комплекса МХЕ, директно се врши утицај на живи свет у самој води (присуство радних машина, измене воденог тока, концентрација грађевинских материја у води итд.). Законски, за МХЕ до 2 MW, није потребно радити студије утицаја, док је за веће комплексе то неопходно учинити још у процесу добијања грађевинске дозволе да би се тачно дефинисале зоне најзначајнијег утицаја као и евентуална решења за те проблеме како у процесу изградње тако и у процесу функционисања.

Утицаји који настају током фазе функционисања постројења приказани су у табели 1.

⁵Преузето
са <http://www.sswm.info/sites/default/files/toolbox/US%20DEPARTMENT%20OF%20INTERIOR%202005%20Electricity%20distribution%20network.png>

Табела 1. Утицаји при функционисању, однос и приоритети [1]

Догађаји током функционисања	На кога се односи утицај	утицај	приоритет
производња обновљиве енергије	општа јавност	редукција загађивача ж.с.	висок
преграђивање водотока	водени екосистем	модификовање станишта	висок
стални радови у кориту реке	водени екосистем	модификовање станишта	висок
скретање водотока	водени екосистем	модификовање станишта	висок
цевовод	дивље животиње	визуелна сметња	средњи
нови електрични водови	општа јавност, дивље животиње	визуелна сметња	низак
утврђивање токова насипањем обале (спречавање ерозије)	водени екосистем, општа јавност	модификовање станишта, визуелна сметња	низак
насип (спречава преливање)	водени екосистем, општа јавност	модификовање станишта, визуелна сметња	низак
измена протока тока	рибе	модификовање станишта	висок
	биљни свет	модификовање станишта	средњи
	општа јавност	промена рекреативних активности	
бука од електро-механичке опреме	општа јавност	промена квалитета живота	низак
уклањање материјала из корита водотока	водени свет, општа јавност	унапређење квалитета воде	висок

2. Миграције риба

Већина риба мигрира како у узводном, тако и у низводном правцу. Удаљеност и трајање миграције варирају у зависности од врсте и животног доба јединки и може да буде од неколико десетина метара до више од хиљаду километара у току дневног или годишњег периода. Животне потребе се разликују између врста риба, у зависности од њихових навика у исхрани као и миграцији, током целог живота. Штавише, у зимском периоду мигрира се у малу, мирну зону воденог тока, а у току летњих периода, миграције иду у правцу већих водених средина. Постоји неколико разлога због којих рибе мигрирају:

- мрест,
- исхрана,
- склониште.

Мрест рибе је у вези са самом репродукцијом рибе, животним инстинктом за продужење врсте. Исхрана је заправо потреба живог света да се несметано креће у водотоку у потрази за храном. Склониште је углавном односи за хладне периоде где се рибе скривају и чекају смену годишњих доба, као и заштиту од предатора. У вези са местом репродукције, било у морској води или у слаткој води, различите врсте миграције одликују различити типови и врсте риба.[2]



Слика 7. Лого организације светског дана рибље миграције⁶

У зависности од миграционих навика, рибе можемо класификовати на:

- потамодромне рибе мигрирају само у рекама
- океанодромне рибе мигрирају само у сланим водама
- диадромне рибе мигрирају између сланих и слатких вода.

Диадромне рибе могу бити:

⁶Преузето са <http://www.fisheries.noaa.gov/stories/2016/05/images/world-fish-migration-day-logocmyk.jpg>

- анадромне рибе, које живе у океанима, а размножавају се у слатким водама,
- катадромне рибе, које живе у слатким водама, а размножавају се у океанима,
- амфидромне рибе, које се крећу између слатких и сланих вода током животног циклуса, али не због репродукције [2].

Време миграције везано је за животну фазу живота (односно период размножавања - мрест). Миграције могу бити часовне, дневне, месечне и сезонске у популацији риба, а у речним токовима могу бити и узводно и низводно оријентисане.

Тако на пример, одрасли лосос као пример анадромне рибе, у зависности од места становања, мигрира током посебне сезоне (јесени, зиме, пролећа или лета). Тек рођени лосос у слатководној води мигрира прво у пролеће као млада јединка, а касније у лето или раној јесени као одрасла јединка или пар, тражећи различита станишта док расте. Највеће кретање лососа настаје на пролеће, јер прелазе из њихових подручја узгоја слатководних вода у продуктивно океанско окружење, где ће прерасти у одрасле јединке. Рибе на атлантским обалама се првенствено мресте у пролеће, а одрасле рибе репродукују се у стаништима слатководне воде на јесен. Насупрот томе, америчка јегуља, као пример катадромне рибе, на источној обали Сједињених Држава живи у слатководним водотоковима и језерима до 5 година пре него што отпутује до мора Атланског океана у близини Бермуда. Младе јегуље проводе око годину дана у океану пре него што се врате у слатководне воде где расту у зреле јединке.[3]

Студија миграције риба у топле воде у Аркансасу показује двосмерно кретање у токовима и та појава није под утицајем сезоне. Ioung (1994) је открио да је поточна пастрмка у јужном централном Вајомингу прешла више од 60 миља током сезоне мреста између главних река и пратећих притока. Студије Ioung(1996) и Colier(2005) сугеришу да лососи често врше дневне и сезонске миграције како би експлоатисали подручја храњења, тражили уточиште и колонизовали нова станишта. [3]

2.1. Фактори који утичу на миграције

Већ је напоменуто да миграција риба у речним токовима може да буде у узводном или низводном току.

Фактори који утичу на низводну миграцију су:

- сезона године: након сезоне мреста младе јединке обично мигрирају низводно,
- температура воде нарочито повећава или смањује способност миграције,
- поплаве (сезона високог водостаја): током великог плављења, рибе обично плутају да би уштеделе енергију,
- дужина дана утичући на производњу хормона,
- месечна фаза снажно утиче на миграцију (на пример јегуља),
- доба дана (количина светлост, температура ваздуха и воде)

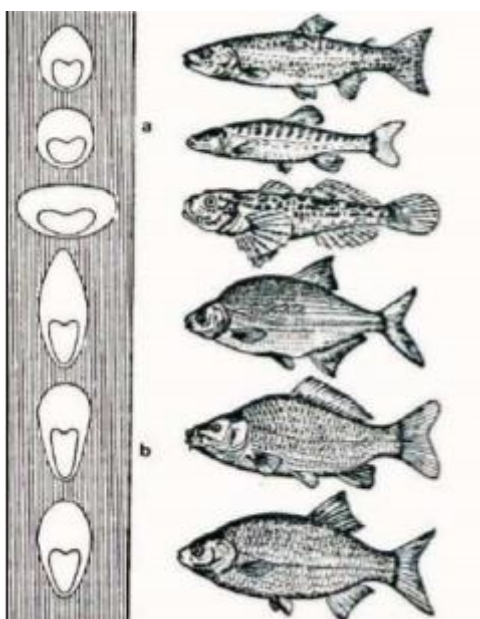
- атмосферски притисак.

Фактори који утичу на узводну миграцију су:

- брзина водотока,
- врста рибе (брзине водотока које одређена врста може да савлада),
- температура воде,
- сезона године.

2.2. Типови мигрирајућих риба и њихове брзине пливања

Облици тела и величина риба као и водених организама у зрелости често су прилагођени режимима протока и општим физичким атрибутима њихових станишта. На пример, рибе у брзим токовима са вишим градијентима брзине често имају тела у облику торпеда са смањеном отпорношћу односу на ток (калифорнијска пастрмка) (слика 8а). Насупрот томе, рибе са великом бочном подршком (шаран) колонизују реке са слабијим струјама или већим средњим дубинама (слика 8б). Величина тела у одређеном узрасту је нарочито важна за пројектовање самих пролаза за рибе. Неке врсте рибе су веома мале и више су подложне уласку у површинске диверзије или пумпне станице. Исто тако, одрасле јединке многих врста риба никад не расту на више од 10 до 15 *cm* и на сличан начин су у опасности да буду ухваћени у пумпе или канале. Мале или слабије рибе су подложне да постану жртве предатора. [4]



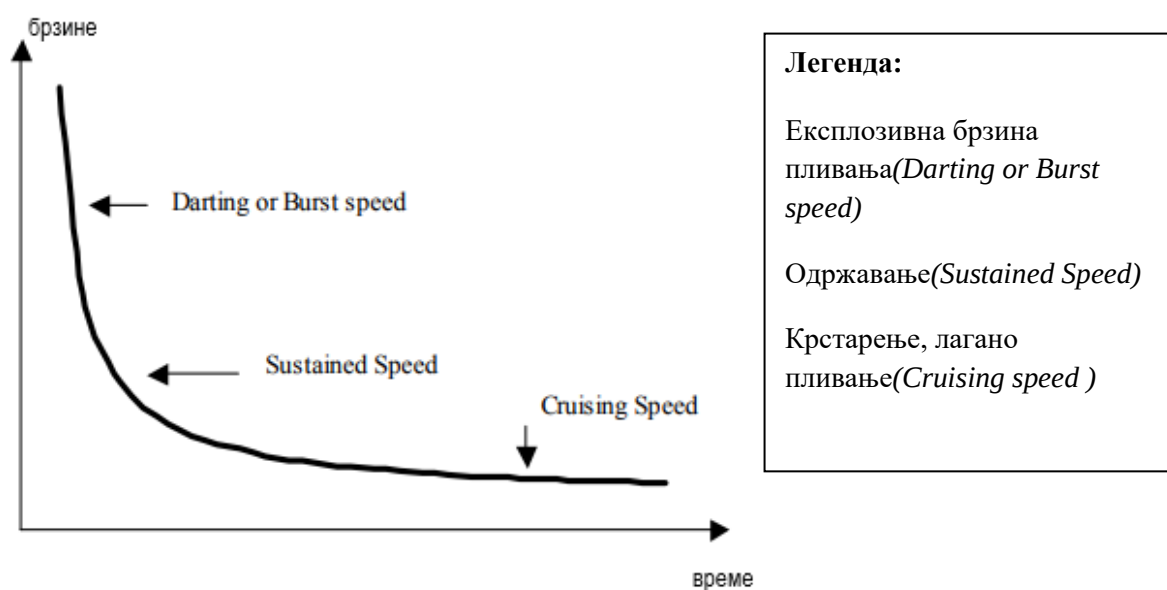
Слика 8. Облици тела риба у зависности од животног окружења; а – тип (изглед риба брзих вода) и б – тип (изглед риба мирнијих вода) [4]

При пројектовању било којег објекта за пролаз рибе, први фактор који треба размотрити је способност пливања рибе. Bell (1984) је дефинисао три нивоа брзина пливања рибе на следећи начин:

- крстарење - брзина која се може одржавати током дужег временског периода (у часовима).
- одржавање - брзина која се може одржавати на неколико десетина минута (≥ 200 минута).
- експлозивна брзина (*Burst speed*)- појединачни напор који није одржив (≥ 20 секунди).

Међутим, често се може наћи и на термин максималне брзине пливања. Максимална брзина је брзина пливања која представља јединствени напор који се може одржати само моментално у изузетно кратком периоду (готово тренутно). Ипак, треба имати у виду да су рибе жива бића и јединке, тако да не могу све јединке исте врсте да остваре максималну брзину. Рибљи пролаз треба да буде пројектован да омогући свим јединкама у реци прилику да прођу, а не само „атлетичарима“ међу њима.[5]

Графички приказ опште зависности брзине пливања рибе од времена приказан је на слици 9. Брзина коју риба постиже зависи од њене издржљивости: мале брзине могу бити одржаване у дужем временском периоду, док се највеће брзине могу одржавати само у кратком периоду (десет секунди или мање)[5]



Слика 9. Графички приказ односа брзине пливања рибе у зависности од времена[5 fishpass]

У табели 2. приказане су брзине неких од типова мигрирајућих риба које обитавају у свету као и код нас.

Табела 2. Типови риба са карактеристичним брзинама које могу да савладају [1,4]

врста рибе	брзине тока које могу да савладају (m/s)	
	максимална брзина	брзина одржавања
шаренка (врста пастрмке)	4.2-8.1	1.4-4.2
краљевски лосос	4.4-6.7	/
црвени лосос	3.1-6.3	1.0-3.1
сребрни лосос	3.7-5.3	/
пас лосос	2.5-5.0	0.8-2.5
лосос пастрмка	2.5-5.0	0.8-2.5
атлантски лосос	6.0-8.0	2.0-3.0
шаран	0.5-1.0	0.8-1.2
јесетра	0.8-1.2	1.0-1.5
лосос	2.0-3.0	1.5-2.5

3. Прелази за рибе

Пролаз за рибе уопштено дефинисан представља било који облик канала, лифта, другог уређаја или структуре који олакшава слободан пролаз мигрирајуће рибе преко, или око било које бране или друге опструкције, било да су природне или вештачке, или узводне или низводног правца.

Сврха рибљег прелаза је да омогући слободан пролаз рибљих врста одговарајућих развојне фазе у одговарајућем времену. При пројектовању прелаза потребно је узети у обзир потребе различитих животних фаза слатководних врста рибе, јегуља, пастрмке, лососа... Док је конструкција рибљег прелаза за одрасле миграторне лососе данас добро унапређен, захтеви других врста и захтеви за низводном миграцијом свих речних врста нису у потпуности схваћени.

С обзиром на то да се миграциони временски распоред и фреквенција кретања разликују између врста и сливова, познавање специфичног понашања циљних врста је неопходно за развој проласка рибе и критеријума праћења. Различите врсте или старосна класа могу мигрирати у различито време у години. Могуће су потребне вишеструке хидролошке анализе да би се одредили контролни хидраулички захтеви на било којој одређеној локацији где је неопходно конструисати прелаз.

Прелази могу бити и узводно и низводно оријентисани.

У прошлости, пружање рибљег пролаза обично се односио на узводну миграцију лососа (циклус морске - слатководне воде). Последњих година интересовање је проширено тако да укључује интерне (унутар слатководне) врсте рибе и друге врсте попут јегуља нпр. Недавно је дошло до пораста употребе постојећих, а понекад и нових решења, које се користе у системима за производњу електричне енергије од стране хидроелектрана. Од суштинског је значаја за такве пројекте да се узима у обзир прелазак риба како из зоне горње у зону доње воде (низводни правац) тако и из зоне доње у зону горње воде (узводни правац)[6][7]

Историјски посматрано, узводни системи за миграцију риба се изводе већ неколико векова, углавном у Европи, мада треба напоменути да су системи који су коришћени у прошлости били прилично примитивни. На прелому века, Денил (1909) је први који је предложио систем заснован на више научних принципа распореда струјне енергије унутар рибњака. Током првог дела 20. века проучавани, су хидраулични аспекти рибњака, као и способности пливања главних миграторних врста као што су лососи.

Изградња бране Bonneville на реци Колумбија крајем тридесетих година и рад Неменii-а и McLoид-а почетком 1940-их година представљају циновски корак напред у разумевању пролаза за рибе.

Данас у погледу ефикасности различитих врста рибљих пролаза и општих рибљих перформанси постоји велико искуство, како конструктора тако и искуства самих екосистема, нарочито код мигрирајућих врста као што су лососи. Међутим, миграционе карактеристике осталих врста животиња у рекама су мање познате.[3]

Проблем рибље миграције на малим хидроелектричним постројењима углавном се односи на смртност до које може доћи кроз њихов пролаз кроз турбине, иако је пролаз кроз прелазе или падове такође проблем. Зато се ради на што бољем усавршавању самих постројења и пратећих делова који омогућују што је више ефикасније скретање рибе и смањивање могућности за директно доспевање рибе у радна кола МХЕ[2]. Углавном се то односи на решетке, предтурбинскескретаче, одводнице (са механичким деловима) али све већу примену налазе и светлосне групе које светлосним сноповима природно усмеравају рибу ка пролазима далеко од усиса за турбине. Главни проблем код наведених механичких делова јесте њихова пропусност услед честог запрљања, а код светлосних групација њихова цена и одржавање.

3.1. Типови прелаза за рибе

Постоји више група објеката за пропуштање риба преко успорне грађевине:

- рибље стазе, у којима рибе саме савлађују денивелацију између доње и горње воде
- преводнице за рибе, у којима се превођење рибе обавља хидрауличким путем
- преноснице риба механичким путем
- посебно опремање постојећих објеката хидроелектране

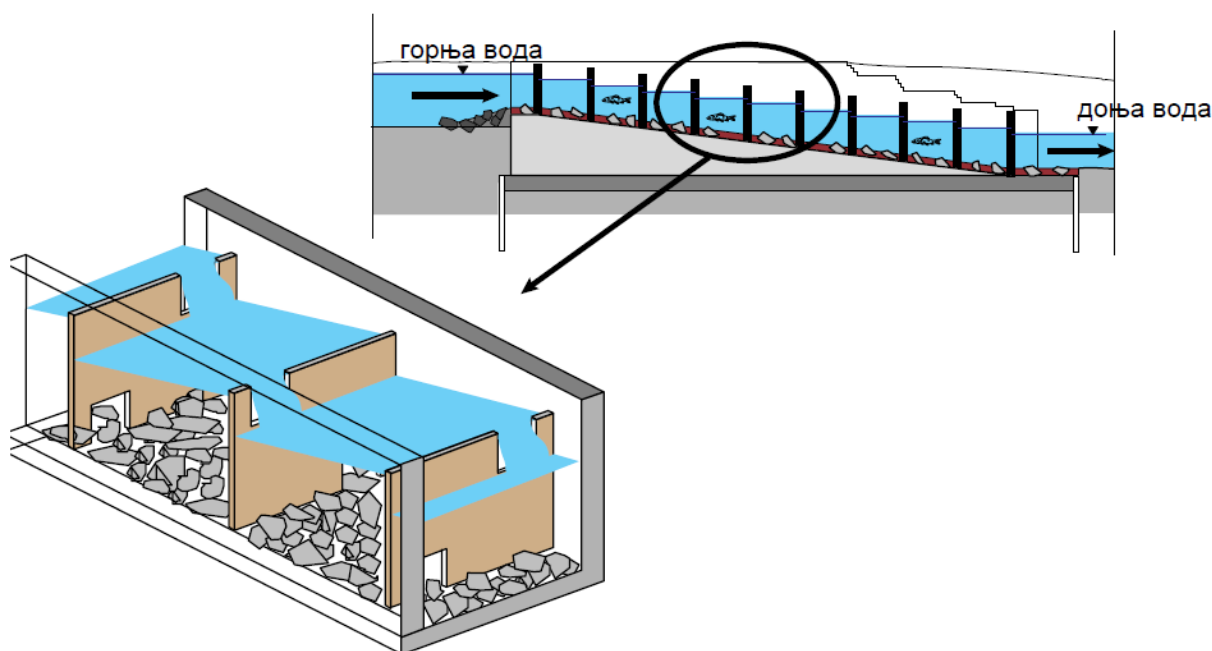
Рибље стазе су посебни канали у саставу брана или широј зони, преградног профила у којима рибе саме, пливајући савлађују пад између доње и горње воде. У тим каналима вода тече из горње у доњу воду, кроз лавиринте или каскадне преграде, омогућавајући рибама, да пливајући уз воду савладају успорну денивелацију.[1]

У конструкцијском погледу рибљи пролази разликују се као:

- степеничасте рибље стазе,
- пролаз у виду вертикалих преграда,
- Денилов прелаз,
- „мердевине за јегуље“,
- рибљи кавези,
- рибљи лифтови.

3.2.Степеничасте рибље стазе

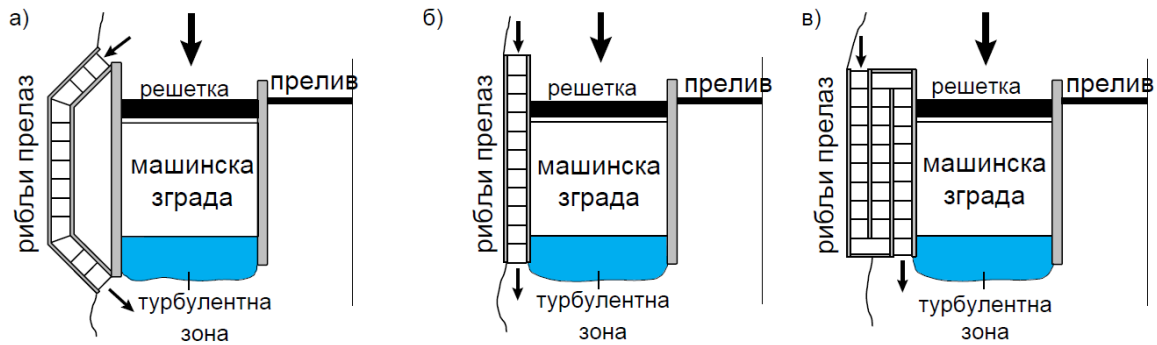
Принцип функционисања степеничастих рибљих стаза заснива се у подели канала који води од главне воде до доње како би се постигао што мањи прелаз уз већи низ корака. Проток се остварује кроз отворе у сваком базену. Могу бити са једним или два отвора унакрсно постављена. Рибa мигрира из једног базена у други кроз отворе у унакрсним зидовима који се налазе на дну (потопљене отворе) или на врху (усеке). Миграциона рибa сусреће се са високом брзином струјања само током њиховог проласка кроз унакрсне зидове, а базени са својим ниским брзинама струјања нуде склониште и могућности за одмор. Грубо дно је такође битан фактор у успоравању самог струјања воде и за што реалистичније услове за саме рибе.[6][7]



Слика 10. Изглед степеничасте рибље стазе са уздужним пресеком [8]

Конструктивно извођење степеничастих рибљих стаза обично је директно од горње до доње воде. Међутим, користе се и закривљени пролази, или пролазе које су унакрсно постављени тако да се враћају назад сами за 180° , или чак неколико пута што резултира компактношћу структуре на местима где је простор за њихово постављање ограничен.

Где год је то могуће, излаз воде испод одвода за турбине мора бити постављен на такав начин да се не формирају мртви углови.



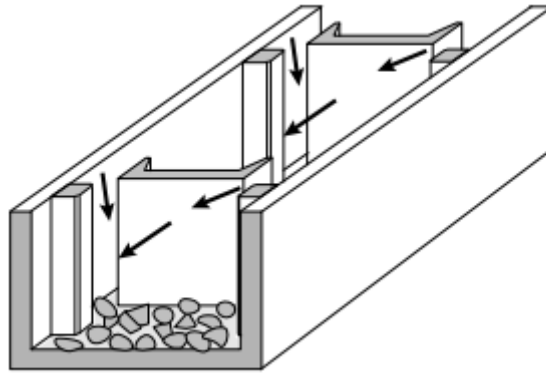
Слика 11. Три принципа извођења базенског прелаза у зависности од потребе и могућности постављања, а) закривљени, б) прав, в) унакрсни [8]



Слика 12. Изглед једнестепеничасте рибље стазе на практичном примеру[8]

3.3. Пролаз у виду вертикалних преграда

Вертикални пролаз је развијен у Северној Америци и широко се користи тамо од средине двадесетог века. Ова врста структуре је такође коришћена све више у Немачкој у последњих неколико година. Пролаз вертикалних преграда је варијација рибљих стаза при чему се крстасти зидови упуштају вертикално у преграде који се протежу преко целе висине унакрсног зида.



Слика 13. Пример пролаза са вертикалним преградама (стрелице означавају смер струјања воде) [8]

Унакрсни зид може имати једну или две преграде у зависности од величине тока и испуста као што је приказано на слици 14.



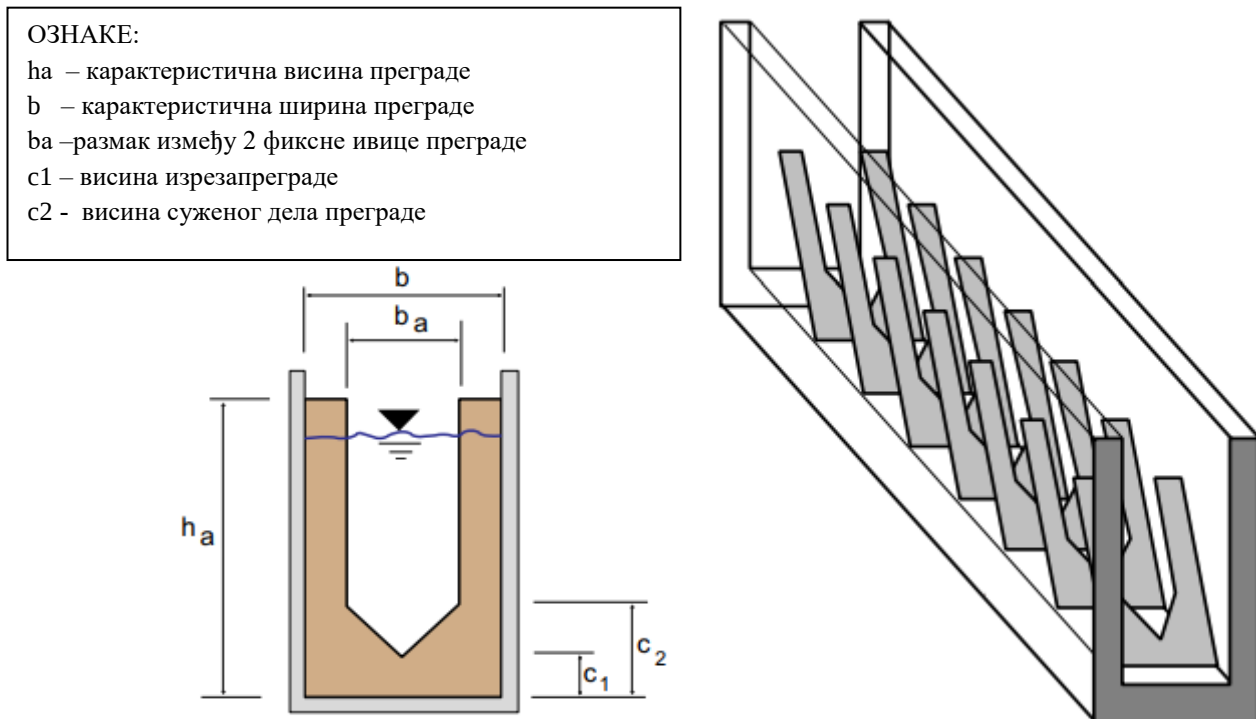
Слика 14. Изглед пролаза са вертикалним преградама на практичном примеру⁷

3.4. Денилов пролаз

На почетку деветнаестог века Белгијски инжењер Г. Денил је развио рибљи прелаз који је тада назван "пролаз протока", због начина на који је функционисао, а данас се зове "Denilpass" по свом проналазачу (ДЕНИЛ, 1909).

⁷Преузето са http://www.migratoebre.eu/wp-content/uploads/2017/02/DSC_0505.jpg

Прелаз за рибе састоји се од канала, у коме су преграде постављене редно и на релативно кратком одстојању, нагнуте према правцу протока. Повратни токови настали између тих препрека расипају значајне количине енергије струјања и, због њихове интеракције, остварује се релативно ниска брзина струјања у доњем делу преграде изреза. Пролаз Денил-а има стрм нагиб. Рибе пролазе и превазилазе малу до средњу висину разлике на релативно кратким растојањима. Компактна конструкција Денил пролаза оставља могућност склапања пролаза у сувим условима и монтирање у једном склопу. Овај тип конструкције посебно је погодан за адаптација постојећих брана, које немају рибљи прелаз, као и за употребу тамо где нема превише простора да би се поставили неки други пролази.[8]



Слика 15. Попречни пресек Денил прелаза са карактеристичним позицијама и поглед у изометрији [8]

Оригинални рибљи прелази које је конструисао Денил су израђени од бетона. Полазећи од овога прототипа бројне варијације развијене су у наредним годинама. Од ових тзв. "стандардних" Денил прелаза, у облику слова U, пролаз као што је приказан на слици 15. показао се као најфункционалнији. Данас се Денил прелази скоро искључиво овог стандардног типа користе тако да овај опис може бити ограничен на стандардни Денилов пролаз.[7]

Канал је увек равно у плану. Бентови нису допуштени, јер имају негативан утицај натрнутне карактеристике и функцију самог прелаза. Промене правца може се постићи само коришћењем средњих базена. Код излаза риба из средњих базена за промену правца пролаза риба упливавају наредни Денил пролаз у једном делу и наставља да плива низводно. Мање и слабије рибе ће одједном пролазити по неколико преграда без могућности да постепено прелази из зоне једних преграда у следеће, зато је најбоље изабрати овај пролаз за веће и јаче врсте.



Слика 16. Изглед Денил пролаза на практичном примеру [8]

3.5. „Мердевине за јегуље“

Јегуље, као слатководно-миграциона риба, живи у готово свим стајећим и текућим водама које су директно повезане са морем. Расте у свежој води до сексуалне зрелости и потом мигрира низводно кроз реку у море. Доста (тзв. "стаклених") јегуља мрести се на обали Атлантског океана, западне Европе, кроз две до три године и продире одатле у унутрашње воде. Јегуље са својом телесном дужином од 7 до 25 *cm* свакако су у позицији да превазиђу мале препрекеса грубим површинама, ситним пукотинама или неравнинама па се у складу са том чињеницом прелаз који се најчешће за њих користи тако и конструише.



Слика 17. Изглед младе јегуље [8]

Међутим, претпоставка способности младих јегуља да се успењу уз одговарајуће препреке је често прецењена и из тог разлога се користи конструкцијско решење које ће бити детаљније описано што је дивна помоћ јегуљи за пењање, где су се поред тога вертикално постављени снопови ,четкице итд., показали неуспешно.



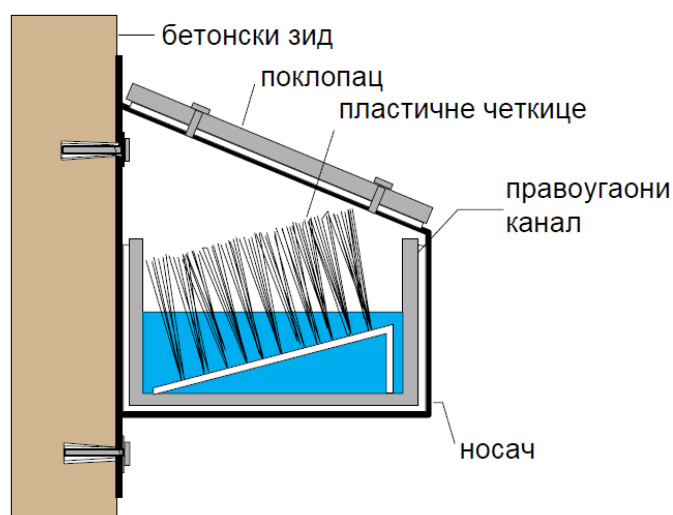
Слика 18. Изглед пролаза за јегуље на практичном примеру[8]

Стога, објекти за ублажавање брзине струјања посебно су прилагођени перформансама "стаклених" јегуља и могу бити корисни поред постојећих рибљих прелаза, посебно у области река где су узгојне младе врсте и даље веома мале. Јегуље већих дужине тела такође користе и најчешће кориштене типове рибљих пролазе тако да се не издвајају у индивидуалном случају и проблематика се своди само на младе јединке.

Постоје два принципа извођења. Први се заснива на томе да се цеви преносе кроз тело плоче близу дна реке, у коме се налазе снопови постављени да смање брзину струјања воде. Четкице су често причвршћене за ланац, тако да се могу извући и заменити. Систем мора да се окреће преко уграђених уређаја за превазилажење

препрека миграцијама. Овај тип уређаја није много у пракси, јер од самог почетка цеви постају брзо залепљене и на тај начин издвојене од остатака конструкције. Овакав систем је врло је тешко контролисати (цев је потпуно испод воде) и баш као такво тешко поправити у случају отказа.

Други принцип се заснива на релативно малим и равним отвореним каналима, који пролазе са одводне воде до главне воде и израђени су од бетона, челика или пластике у којој су различити постављени елементи који помажу јегуљи у пливању навише. Према ЈЕНС-у (1982), тип четке, структура је која се показале најприкладнијим за ову сврху. Међутим, шљунак и мрежа се такође користе као пратећи уређаји. Ови канали би требало да имају заштиту против предатора као што су пацови и галебови. Начин на који су постављене мердевине за јегуље обезбеђују да вода пролази кроз њих само тад кад су ту јегуље. То значи да се они не могу користити за успон других врста риба, нити је то намењено. Веза са дном није потребна као код "стаклене" јегуље, која мигрира у слоју површинске воде. Треба напоменути да су мала запреминска пражњења кроз мердевину еза јегуље једва довољна да се обезбеди одговарајућа струјна енергију и, ако је потребно, додатно снабдевање водом, нпр. преко обилазнице могуће ју је обезбедити. Због ниске перформансе пливања младих јегуља, излаз из пролаза по сваку цену мора бити смештен у што је слабијем подручју струјања. Ни под којим околностима не би требало да буде постављене близу усиса за турбине.[7][8]



Слика 19. Изглед пресека једног пролаза за јегуље [8]

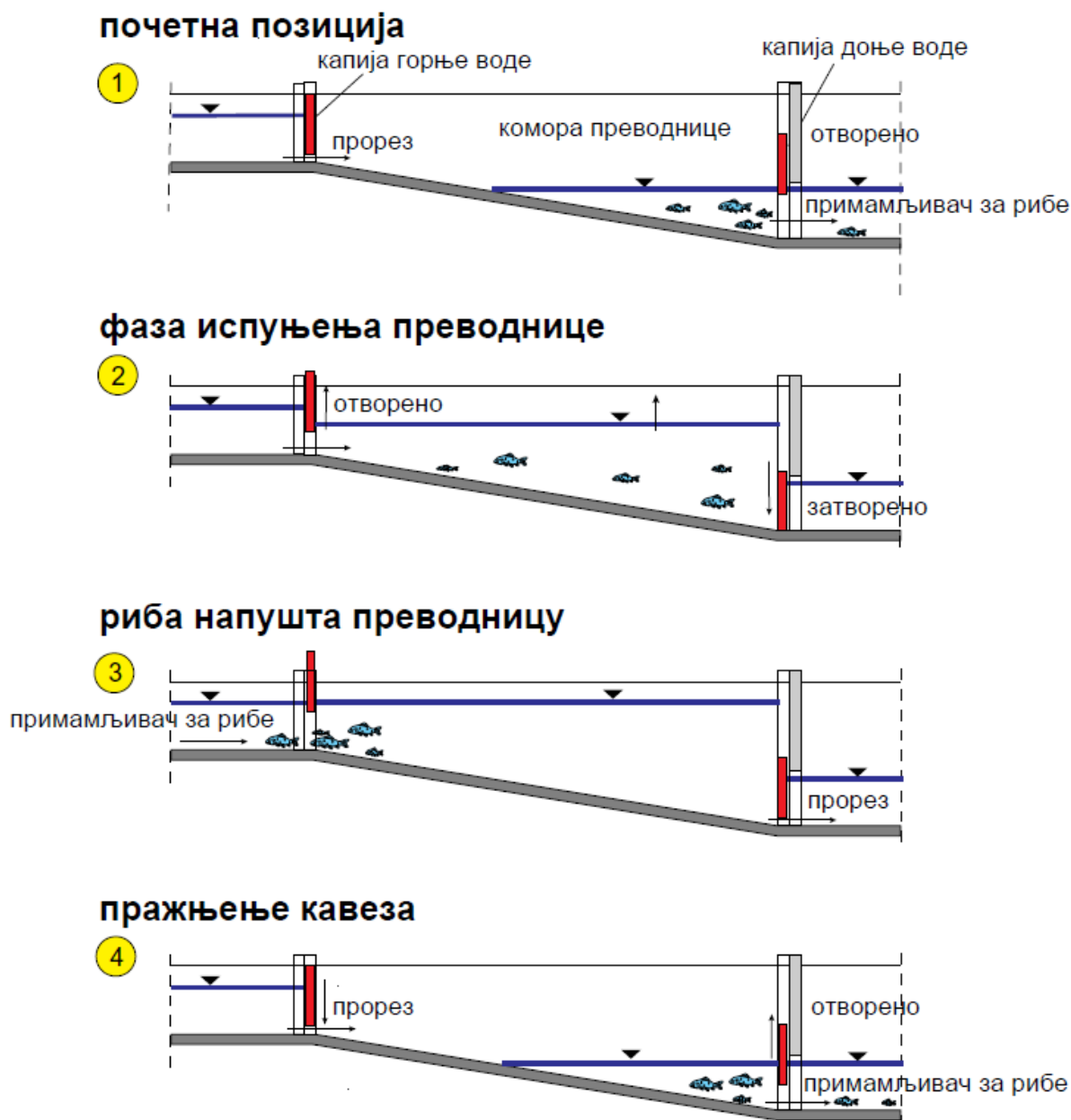
3.6.Рибљи кавези (шахтне преводнице)

Употреба кавеза за рибе као уређаја за превођење риба користи се и познат је већ доста времена посебно у Холандији, Шкотској, Ирској и Русији. Неки рибљи кавези постоје на рекама Саар и Сиег у Немачкој. Структура рибљег кавеза је слична бродском кавезу. Оба се суштински састоје од коморе за закључавање као и доњег улаза и горње излазне конструкције са уређајима за затварање. Међутим, постоје разлике у односу на начин функционисања, то је такође јасно да бродски кавези, изнад своје стварне сврхе, обично није довољан метод за извођење рибљих миграција нити може заменити пролаз за рибе. Нарочито, недостатак сталног водича струје течности, кратког временског отвора сводних врата, висока турбуленција у комори током поступака пуњења и положаја кавеза на брани само ретко дозвољавају рибама да нађу свој пут кроз бродски кавез до друге воде. Међутим, у изузетним случајевима је могуће размотрити да ли је начин рада бродског кавеза може привремено мењати рибљи кавез (нпр. Током главних миграционих сезона за јегуље или лососе нпр.).[7][8]

Могуће је разликовати четири фазе рада:

- 1. Кавез је празан. Доња капија је отворена и ниво воде у комори је на нивоу доње воде. Риби сада треба показати пут од доње воде до коморе за закључавање од стране водене струје. У ту сврху водена струја произведена слањем воде из зоне доње у зону кавеза преводи рибу. Риба се окупља у комори.
- 2. Комора за закључавање се пуни. Доња капија је затворена, горња се полако отвара у потпуности и усмерава воду ка себи. Ток који долази из главне воде води рибу у комору догорњег излаза.
- 3. Ниво воде у комори је једнак оном од главне воде и риба прелази у зону горње воде. Сада се вода у комори преноси у испустну воду кроз прорез у доњој капији или посебну цев, при чему се привлачна струја производи на излазу ка главној води.
- 4. Комора за кавез се празна након затварања горње и отварања доње капије. Кавез је поново у стању мировања и спреман је за нови циклус.

Ове четири фазе функционисања овог принципа пролаза за рибе приказане су на слици 20.



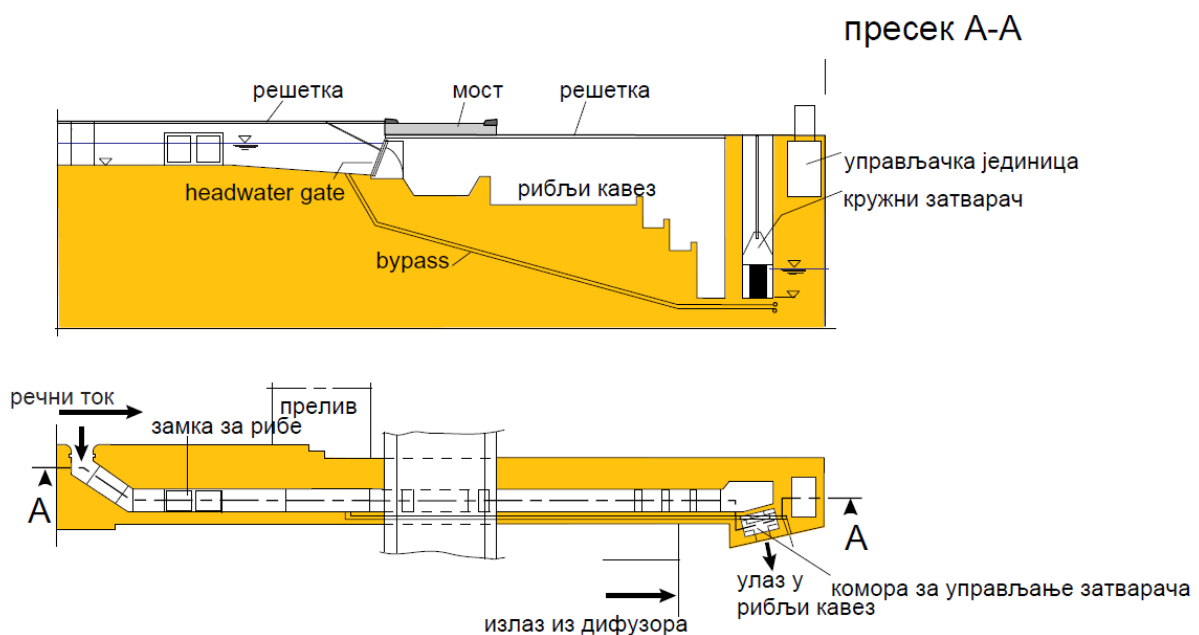
Слика 20. Уздужни пресек једног кавезног пролаза у четири фазе функционисања [8]

Временски режим рада је урађен аутоматски. Обично је потребно до 30 минута да би се процес у све четири фазе остварио. Најефикасније ритам као и неопходна сезонска прилагођавања, могу се одредити у циљу контроле и праћења самих процеса.



Слика 21. Изглед рибљих кавеза на практичном примеру[8]

Дизајн комора и уређаја за затварање је варијабилан и у великој мери зависи од специфичних локалних услова. Приликом пројектовања дна коморе требало би предузети конструкцијске мере како би се спречио останак рибе у подручјима која су сува. У ту сврху, дно коморе може имати степенести дизајн или само бити благо нагнут у циљу задржавања једне количине воде. Димензија коморе треба јасно бити већа од базена конвенционалних рибљих пролаза да што више риба могу остати у комори при процесу прелаза. Могућа је изградња грубог дна такође. Коморе са отворима на врху су пожељне због могућности изједначавања притиска између комора.

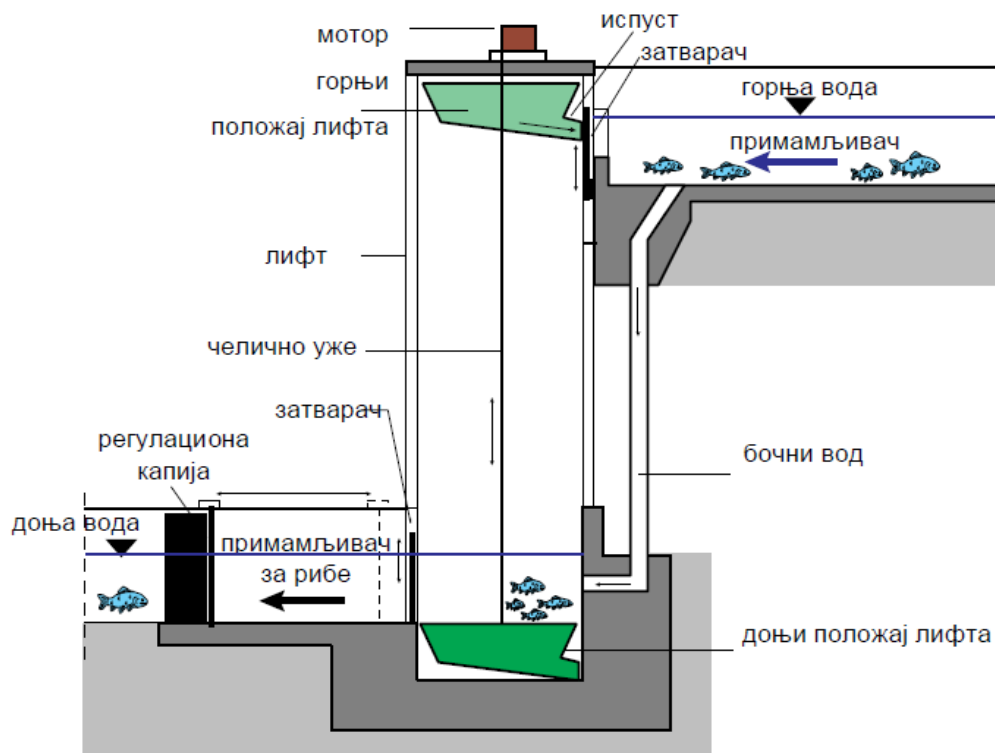


Слика 22. Изглед пројекција једног конвенционалног кавезног пролаза за рибе [8]

3.7.Рибљи лифтови

Тамо где постоје значајне висинске разлике (>од 6 м до 10 м) и мало воде на располагању ограничења применљивости конвенционалних рибљих пролаза су велика, због трошкова изградње, простора и у најмању руку, физиолошких способности и перформансе рибе. У тим случајевима користе се рибљи лифтови или елеватори. Где је потребно велике висине превазићи, решења постоје у виду елеватора који носи рибу из зоне доње воде до горње воду користећи лифт. Корито се користи као контејнер који је опремљен са затвореним излазном капијом и може бити нагнут у циљу веће ефикасности пуњења контејнера рибом. Када је у доњем положају, корито је потопљено у дно доње воде. Рибе треба привући помоћу мамаца који се користе да би се риба концентрисала. Осим тога, клизач и склопива мрежа која се налази испред лифтова, могу послужити да гурну рибу у лифт. Доња капија лифта затвара се у редовном циклусу. Риба је прикупљена изнад корита и више не може да побегне, корито их тако скупљене преноси на врх. Овде водо-непропусна веза може бити изведена у горњем нивоу воде или у супротном корито једноставно преклапајући се изнад нивоа воде у левак. Упоредо са тим вода из корита рибе достиже горњи део канала, где се још једном мора изазвати привлачење струје како би рибе изашла из система.[7][8]

Редовни циклус се одређује према стварним миграторским активностима за дати регион. Рад је обично аутоматизован.



Слика 23. Пример пресека једног рибљег лифта [8]

Битно је рећи и то да су предности и мане овог система у датим случајевима онострано значајне. Односе се на:

- Мали простор је потребан и велике висина разлике се могу превазићи таквим рибљим конструкцијама, на пример. чак и на високим бранама. Међутим, структурално трошкови су знатни.
- Како се рибе преносе пасивно низводно, ови пролази су погодни за врсте са ниским пливајућим способностима, као и за превоз великих риба.
- Рибљи лифтови нису погодни за горњи ток миграције бескичмењака и низводно миграција рибе.
- Велике варијације у нивоу доње воде увек повлаче конструкционе проблеме у пружању адекватног водича или атрактора који привлачи рибе.
- Расходи за одржавање рибарских лифтова сувиши него за традиционалне рибље пролазе.

4. Математички прорачун степеничастог (базенског) пролаза за рибе

Изрази којима се дефинише начин прорачуна степеничастог (базенског) пролаза за рибе приказани су у наредном делу текста.

Разлике у нивоу воде између појединачних базена утичу на максималне брзине струјања. Оне су стога ограничавајући фактор за лакоћу којом риба може да савлада пројектовани пролаз. У најгорем случају, разлика у нивоу воде не сме да прелази 0,2 m[8]. Међутим, препоручене разлике у нивоу $h = 0,15$ m на нормалном нивоу пуњења резервоара су знатно погодније. Идеалан нагиб за степеничасти пролаз се рачуна из разлике у нивоу воде и дужине базена:

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

где су:

I [-] - нагиб базена,

Δh [m] - разлике нивоа воде два суседна базена

l_b [m] - дужина базена

За вредности дужине базена l_b од 1,0 m до 2,5 m, добијају се вредности нагиба $I = 1:7$ до $I = 1:15$. Стрмији нагиби се добијају извођењем краћих базена уз поштовање дозвољене разлике у нивоу воде. Међутим, ово резултира значајном турбуленцијом у базенима што треба избећи, ако је могуће.

Број потребних базена се добија од укупне висине воде (пада, успона) коју треба превазићи и дозвољене разлике у нивоу воде између два базена

$$n = \frac{htot}{\Delta h} - 1$$

где су:

n [-] – број потребних базена

$htot$ [m] – укупна висина воде коју треба превазићи

Канали базена су углавном изграђују од бетона или природног камена. Елементи препрека (преградни зидови) могу се извести од дрвета или префабрикованог бетона. Димензије базена морају бити одабране тако да долазећа риба има адекватан простор да се креће и да се енергија воде губи са малом турбуленцијом. Са друге стране, брзина протока не сме се смањити тако да се јављају депозити (наслаге) на дну базена. Дозвољени специфични губици енергије струјања воде по јединици запремине не смеју прекорачити вредност од 150 W/m³ да би се осигурало да струјање воде у базенима не буде турбулентно. Специфични губици енергије струјања воде по

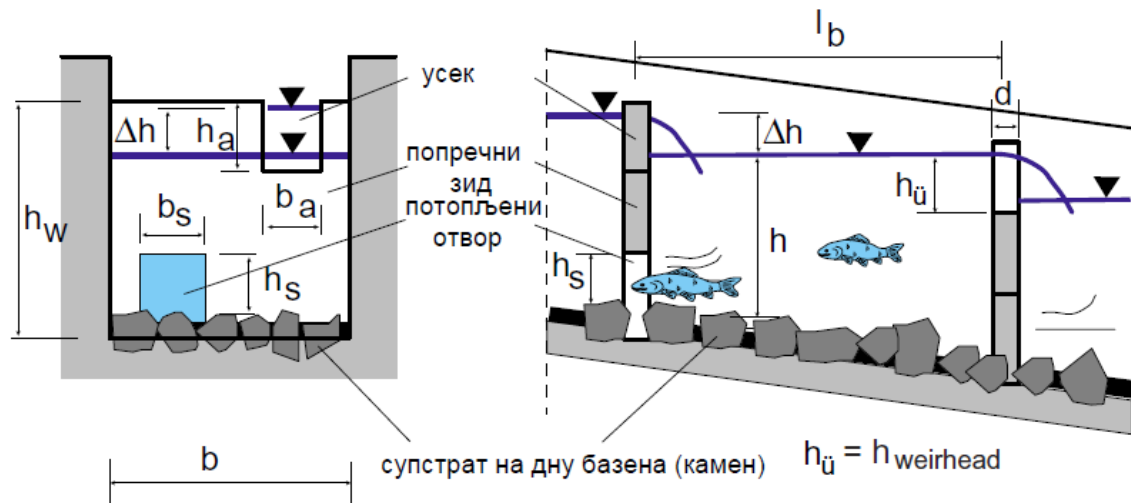
јединици запремине од $200 \text{ W/m}^3\text{су}$ дозвољену у зони где углавном живе лососи. Величина базена мора бити изабрана тако да одговара карактеристикама понашања потенцијалног природног окружења, фауни рибе и требало би да се подудара са величином и очекиваним бројем миграјућих риба.[8]

У табели 3. приказане су препоручене минималне димензије величине базена и конструкције попречних пресека из различитих литературних извора, прилагођених критеријуми пројектовања хидрауличких структура и емпиријским вредностима за функционисање рибљих прелаза. Мањи димензије базена се односе на мање водене токове, а веће вредности одговарају већим водотоцима. Ако су препоручене дужине и протоци у базену не могу постићи, мора се узети у обзир алтернативна врста рибљег прелаза. Дно базена мора увек бити изведено као груба површина како би се смањила брзина протицања и олакшала егзистенција бентоске⁸ фауне за мале рибе. Оваква се површина се може произвести уграђивањем камена у бетон пре него што се поставља.

Табела 3. Препоручене минималне димензије за величину базена са компонентама [8]

посматране врсте риба	димензије базена [m]			димензије потопљених отвора [m]		димензије усека [m]		Проток кроз пролаз за рибе [m ³ /s]	максимална. разлика у нивоу воде h [m]
	дужина lb	ширина b	дубина воде h	ширина bs	висина hs	ширина ba	висина ha		
белуга	5,0-6,0	2,5-3	1,5-2	1,5	1	-	-	2,5	0,2
лосос, морска пастрмка, младица	2,5-3	1,6-2	0,8-1,0	0,4-0,5	0,3-0,4	0,3	0,3	0,2-0,5	0,2
липљен, клен, фратар	1,4-2	1,0-1,5	0,6-0,8	0,25- 0,35	0,25-0,35	0,25	0,25	0,08-0,2	0,2
пастрмка	>1,0	>0,8	>0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	0,05-0,1	0,2

⁸ Бентос (од грч. benthos = дубина) је еколошка група организама, која своје животне активности остварује на дну водених екосистема



Слика 24. Попречни пресек једног базена степеничастих риблих пролаза за рибе са карактеристичним позицијама и величинама [8]

Максимална брзине струјања се јавља унутар потопљених отвора и може се израчунати из формуле:

$$v_s = \sqrt{2g\Delta h}$$

где су:

$v_s[\frac{m}{s}]$ – максимална брзина протка унутар отвора

$g[\frac{m}{s^2}]$ – убрзање силе земљине теже

Ако се у претходну једначину убаца вредност дозвољене разлике нивоа горње и доње воде два суседна базена од $\Delta h = 0,2$ m, добија се гранична (максималну) вредност брзине V_{smax} приближно 2 m/s.

Коришћењем једначине за брзину струјања, добија се израз за проток (протицај) воде кроз потопљене отворе који се налазе на преградним зидовима базена:

$$Q_s = \psi A_s \sqrt{2g\Delta h}$$

гдесу:

$Q_s[\frac{m^3}{s}]$ – проток кроз потопљени отвор пролаза за рибе

$A_s = h_s * b_s$ – површина потопљеног отвора

$\psi [-]$ – коефицијент протока.

За вредност коефицијента протока може се узети $\psi = 0,65$ до $0,85$ (експериментално добијена вредност).

Проток кроз горњи отвор (усек) може бити израчунат из једначине:

$$Qa = \frac{2}{3} \mu \sigma b_a \sqrt{2gh_{weirhead}^{\frac{3}{2}}} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

Где је;

- $h_{weirhead}[m]$ - разлика нивоа горње и доње воде два суседна базена
- $Qa[\frac{m^3}{s}]$ - проток кроз усек отвора пролаза за рибе
- $\mu [-]$ - коефицијент протока ($\mu \approx 0,6$)
- $\sigma [-]$ - фактор сужења "потопљеног" протока

Фактор сужења "потопљеног" протока може се рачунати из израза:

$$\sigma = \left\{ 1 - \left\{ 1 - \frac{\Delta h}{h_{weirhead}} \right\}^{1.5} \right\}^{0.385}$$

у опсегу од $0 \leq \frac{\Delta h}{h} \leq 1$, а за случај где је $\Delta h > h_{weirhead}$, $\sigma = 1$.

Коефицијенти протока у једначинама за Qs и Qa могу бити само приближне вредности, оне у свим случајевима зависе од облика отвора. Ако је неопходно, морају се прецизније одредити. Укупан проток кроз сваки од базена $Q[m^3/s]$ рачуна се као збир два претходно израчуната протока:

$$Q = Qs + Qa$$

Као што је већ напоменуто, дозвољени специфични губици енергије струјања воде по јединици запремине не смеју прекорачити вредности од $150 W/m^3$ до $200 W/m^3$ да би се осигурало да струјање воде у базенима не буде турбулентно. Специфични губитак енергије струјања воде по јединици запремине, може да се процени једначином:

$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{b h m (l b - d)} \left[\frac{W}{m^3} \right]$$

где су:

- $\rho [\frac{kg}{m^3}]$ - густина воде
- $b [m]$ - ширина базена
- $h[m]$ - висина горње воде до дна једног базена
- $d[m]$ - средња апроксимативна висина супстрата дна

5. Пример прорачуна и пројектовања (степеничасте рибље стазе у виду каскаде базена) прелаза

У наредном делу текста приказан је пример прорачуна и пројектовања степеничастог прелаза бране једне МХЕ. МХЕ се налази на речном току код кога мигрирају риба лосос, младица и морска пастрмка.

Најпре је из табеле 3. усвојена препорука димензија прелаза за рибе користећи се почетном претпоставком и усвојеном висинском разликом горње и доње прорачунске воде у износу од $h_{totmax} = 6,2$ m и $h_{totmin} = 5,4$ m, као и висинском разликом два суседна базена величине $\Delta h = 0,2$ m. Вредности прорачунских ограничења брзина струјања, дозвољеног запреминског протока за ову врсту риба усвајају се из табеле 3., као и препоручене вредности димензија базенских елемената рибље стазе у m.

Табела 4. Усвојене почетне вредности димензија базена

базен [m]			доњи отвор [m]		усек [m]		Запремински проток [m ³ /s]	мах. разлика висина суседних базена у m
lb	b	h	bs	hs	ba	ha		
3	2	1	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2-0,5	max 0,2

Следи прорачун који повезује табеларне вредности са почетним улазним подацима и одговарајуће корекције вредности. Најпре се рачуна број потребних базена узимајући податке из табеле 4.

$$n = \frac{h_{tot}}{\Delta h} - 1 = \frac{6,2}{0,2} - 1 = 30$$

Добијена вредност од 30 базена везује се за максималну вредност горње воде (6.2m), док се разлика у нивоу воде рачуна користећи минималну вредност (5.4m) разлике горње и доње воде. Следи да је ;

$$\Delta h_{min} = \frac{5.4}{30} = 0.18 \text{ m}$$

Брзина струјања воде кроз потопљене отворе је:

$$v_s = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{19,62 * 0,2} = 1,98 \left[\frac{m}{s} \right]$$

док се брзина за случај $\Delta h_{min}=0,18$ m добија;

$$v_s = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{19,62 * 0,18} = 1,87 \left[\frac{m}{s}\right]$$

При овоме треба водити рачуна давредност брзине струјања буде мања од $2\frac{m}{s}$.

Након добијања валидне брзине која одговара задатим условима прелази се на одређивање максималних запреминских протока кроз потопљени отвор и усек.

За димензије потопљеног отвора $b_s=0,4$ m и $h_s=0,4$ m, запремински проток доњег(потопљеног) отвора базена добија се:

$$Q_s = \psi A_s \sqrt{2g\Delta h} = 0,75 * 0,4^2 * 1,98 = 0,237709 \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

За димензије усека $b_a=0,3$ m и $h_a=0,3$ m, запремински проток горњег (усека) отвора базена добија се:

$$Q_a = \frac{2}{3} \mu \sigma b_a \sqrt{2gh_{weirhead}^{\frac{3}{2}}} = \frac{2}{3} * 0,6 * 1 * 0,3 \sqrt{19,62 * 0,15} = 0,0475 \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

Сабирајући величине запреминских протока горњег(усек) и доњег(потопљеног) отвора базена добија се да је укупан проток кроз један базен степеничасте рибе стазе:

$$Q = Q_s + Q_a = 0,2377 + 0,0475 = 0,2852 \left[\frac{m^3}{s}\right]$$

што одговара вредности из табеле 4.

Дубина воде једног базена h_m која одговара свим прорачунским и полазним параметрима рачуна се као:

$$h_m = h + \frac{\Delta h}{2} = 1 + \frac{0,2}{2} = 0,9m$$

Вредност висине базенског зида $h=1$ m усваја се из табеле 4. као полазни податак.

Да би обезбедило протицање са ниском турбуленцијом и адекватном трансформацијом енергије унутар базена неопходно је да специфични губици енергије струјања воде по јединици запремине не смеју прекорачити вредности од $E = 150$ W/m³. Сходно томе неопходно је извршити проверу прорачуна добијених вредности користећи једначину специфичних губитака енергије струјања.

$$E = \frac{\rho g \Delta h Q}{b h m (l b - d)} = \frac{1000 * 9,81 * 0,2 * 0,2852}{1,8 * 0,9 (2,5 - 0,1)} = 129,5514 \left[\frac{W}{m^3}\right]$$

где је d дебљина преградне плоче базена (d=0,1 m).

Провера вредности нагиба се рачуна према релацији односа разлике висина два суседна базена и дужине једног базена. Да би прорачун био потпуно задовољен неопходно је и да вредности нагиба минималног и максималног нивоа остану у оквиру граничних вредности нагиба, односно вредности нагиба $I = 1:7$ до $I = 1:15$. (0,14287 до 0,066667).

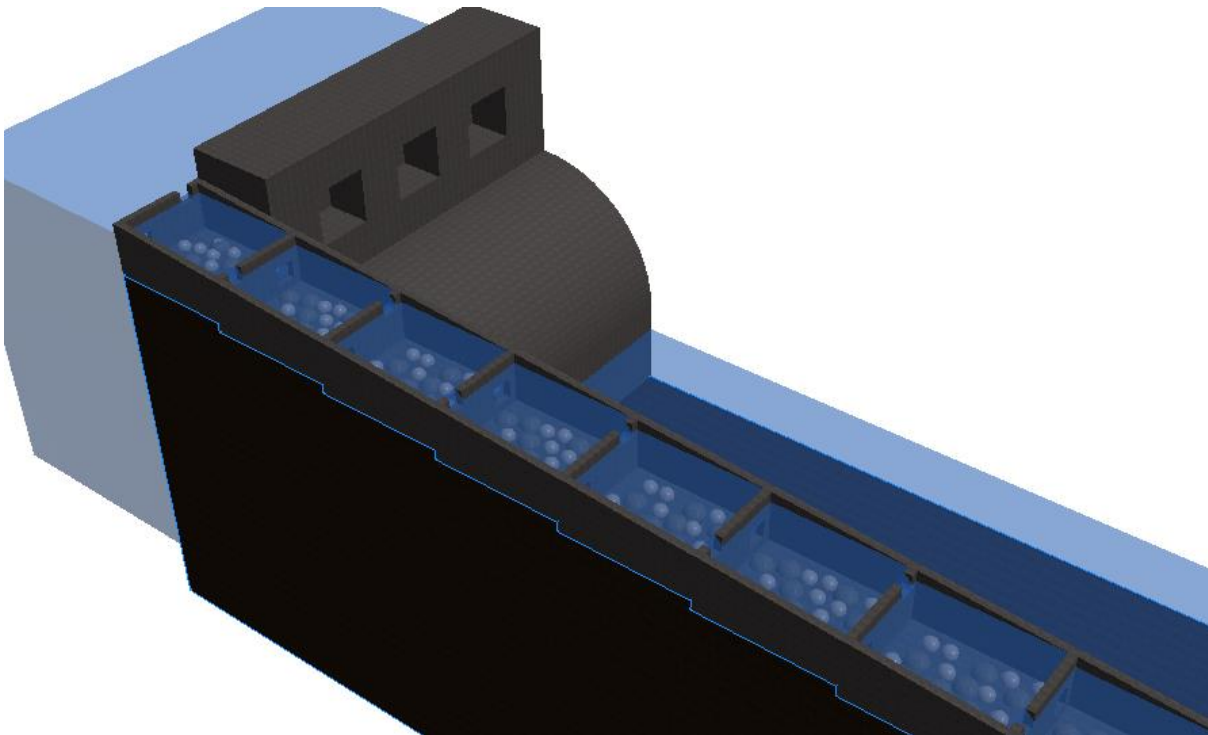
$$I = \frac{\Delta h}{l_b} = \frac{0,2}{2,5} = 0,08, \text{ за вредност } \Delta h = 0,2m$$

$$I = \frac{\Delta h}{l_b} = \frac{0,18}{2,5} = 0,072, \text{ за вредност } \Delta h_{\min} = 0,18m$$

Након добијених свих потребних података и извршене провере приступа се пројектовању.

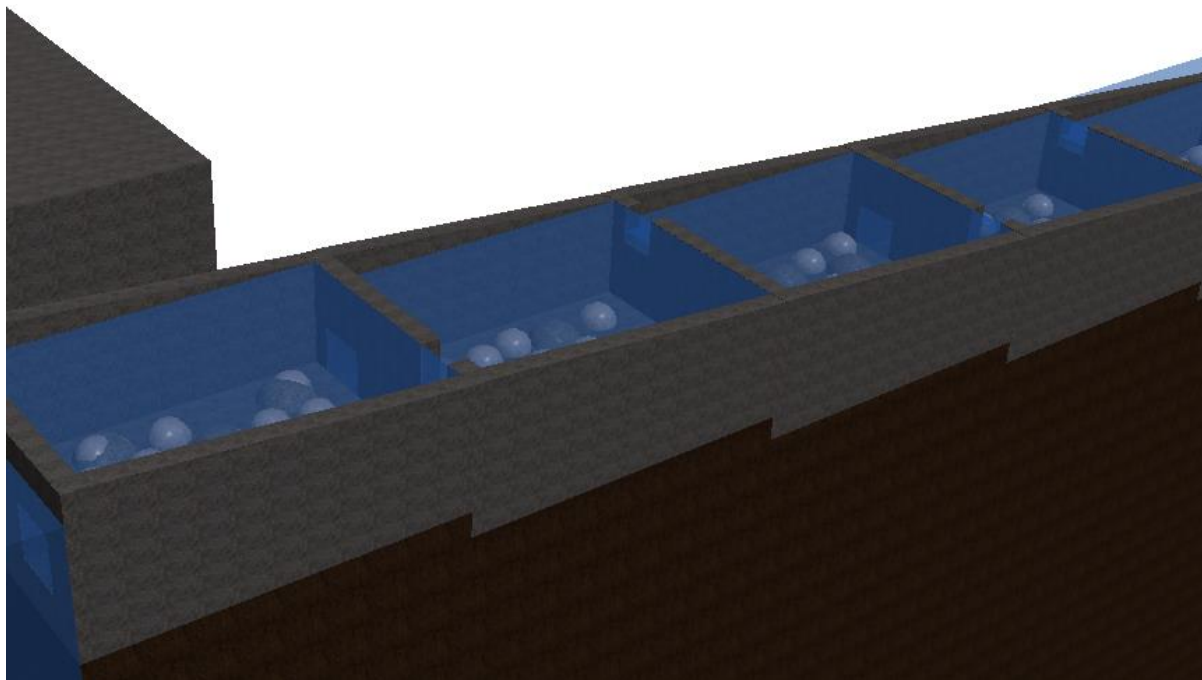
На сликама је приказан 3D – модел комплекса пролаза за рибе на примеру МХЕ са примером извођења и позиционирања.

Материјал израде склопа пролаза је бетон. На сликама које следе може се видети пример повезивања комплекса пролаза са горњом и доњом водом што је циљ и сврха овог комплекса.

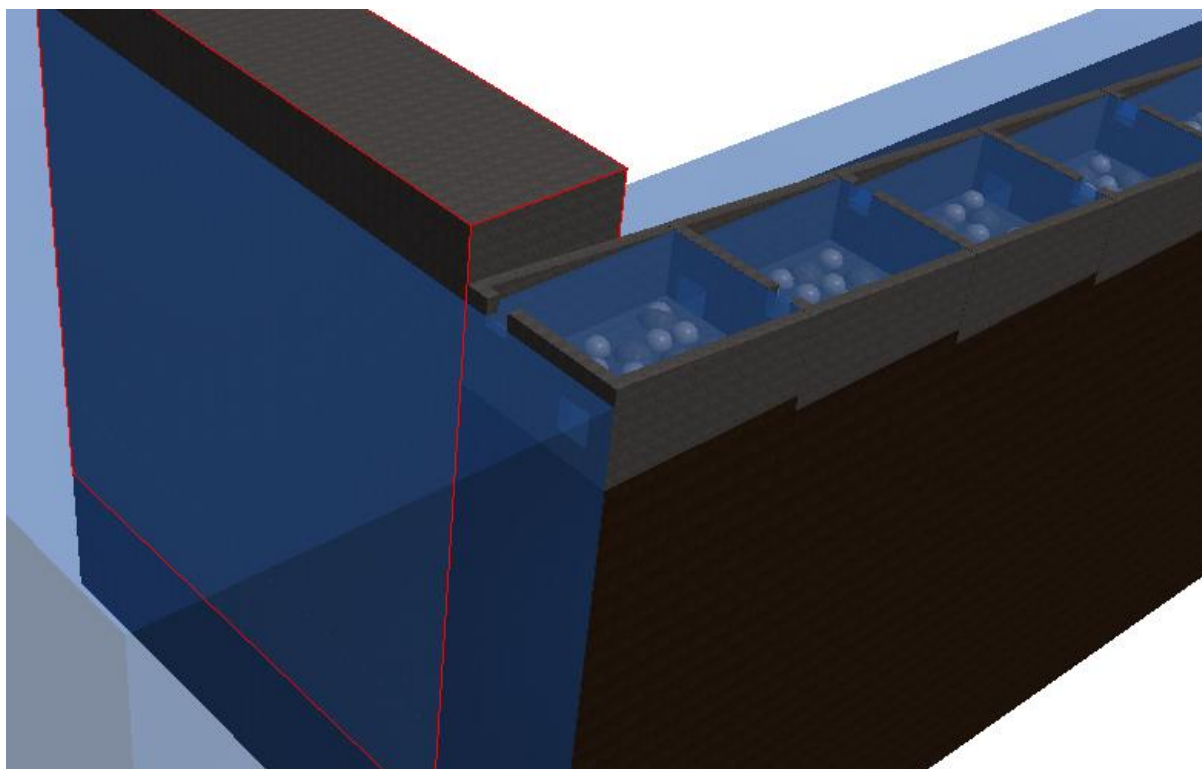


Слика 24. Изглед модела примера извођења пролаза за рибе

На слици 25. дат је приказ изгледа прорачунског модела базена за степеничasti прелаз за рибе. Као што је на слици приказано, рибама је остављена могућност да се несметано крећу кроз отворе и урезнице и тако прелазе из једног базена у други и на тај начин савлађују денивелацију нивоа два суседна базена.

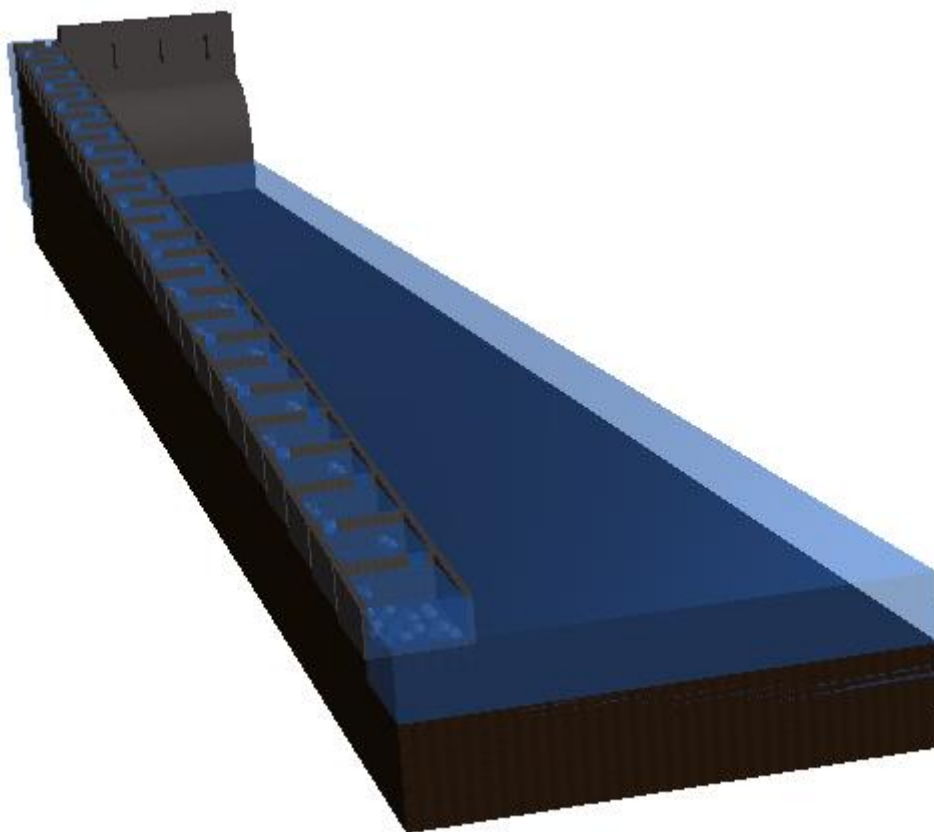


Слика 25. Изглед модела рибље стазе



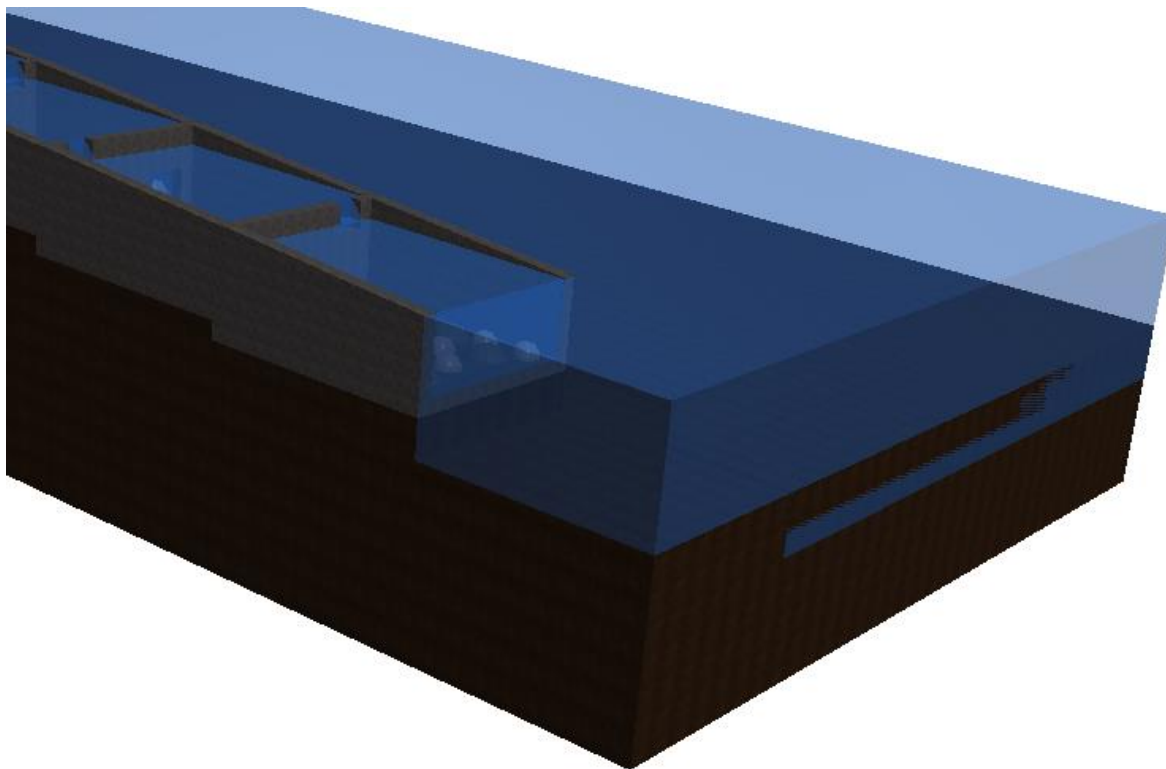
Слика 26. Степеничaste рибље стазе, поглед из правца горње воде

Рибе које долазе из зоне горње воде прилазе брани и ту се скретачима и мрежама, а све чешће светлосним сноповима (ткзв. мамцима), усмеравају ка првом и највишем позиционираном базену у низу где ће имати могућност да пређу у зону доње воде неповређене.



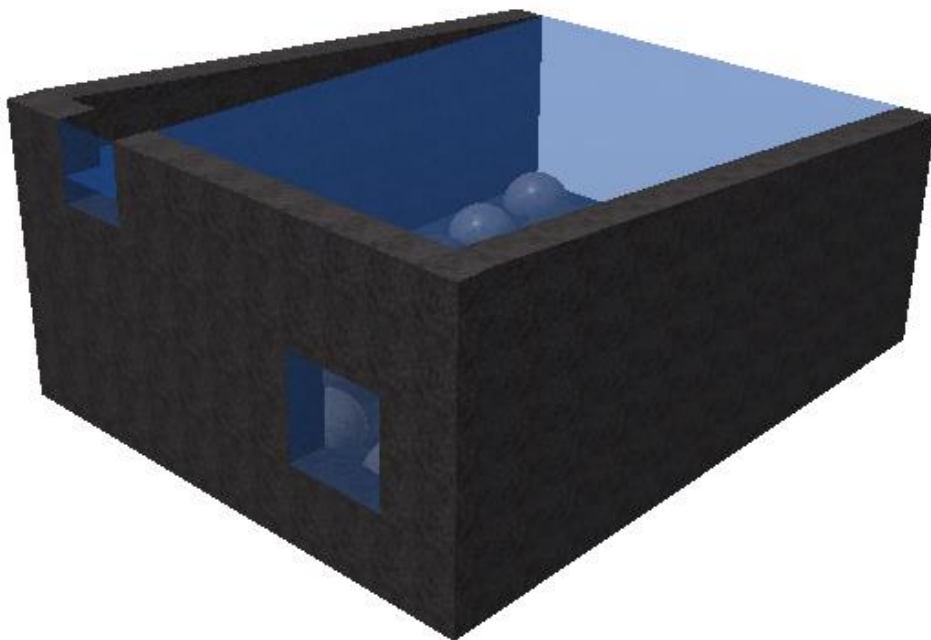
Слика 27. Рибље стазе , пример повезивања горње и доње воде водом

Слика 28. приказује позиционирање најнижег базена који је директно повезан са зоном доње воде. У једном случају из њега излазе рибе које учествују у низводној миграцији као последњем чиниоцу базенског прелаза, а у другом случају рибе које учествују у узводној миграцији најпре улазе у њега па затим систематски се крећу даље да би дошле до зоне горње воде.



Слика 28. Пример повезивања са доњом водом

На слици 29. приказан је један елемент склопа степеничасте рибље стазе. Остали делови склопа као и техничка документација за прорачунски добијени модел приказана је у прилогу овог мастер рада.



Слика 29. Базен рибље стазе

6. Закључак

МХЕ представљају често коришћен чист и обновљив извор енергије, јер за погон користи воду која се у процесу производње електричне енергије не троши и не ствара се негативан утицај на атмосферу. У питању је знатно развијена технологија, са релативно дугим временским периодом коришћења. Но и поред тога, коришћење МХЕ често изазива негодовања код локалног становништва, првенствено забринутог за очување речних екосистема свога краја. Један од начина елиминисања негативног утицаја изградње и коришћења МХЕ је уградња пролаза за рибе чиме се ихтиофауна водотока штити од негативног утицаја модификације постојећег речног тока.

У овом раду је приказан начин прорачуна и конструкције једног често коришћеног типа рибљег прелаза. Питање прелаза за рибе је један од врло битних елемената процене утицаја на околину пројеката коришћења енергије малих водотокова. Чињеница је да се ови пројекти све више развијају из саме потребе и тежње друштва за обновљивим облицима енергије, као и то да они сами по себи стварају баријеру за узводно и низводно кретање живог света у самом водотоку. Стога настаје и потреба да пролази за рибе буду што је могуће ефикаснији пратећи склопови МХЕ, који ће што је могуће више умањити утицај на животну средину и повећати атрактивност и прихватљивост ових ОИЕ међу локалним становништвом.

7. Литература

- [1]Гордић Д., *Уводне напомене и дефиниције енергије малих водотокова*.Скрипте за предавања „Енергија малих водотокова“.Факултет инжењерских наука, Крагујевац, (2015).
- [2]Cuchet M.: *FishProtectionandDownstreamMigration at HydropowerIntakes. Investigation of FishBehaviorunderLaboratoryConditions*. Technical University of Munich, Germany (2014).
- [3]Therrienand J., Bourgeois G.:*Fishpassage at SmallHydroSites*. The International EnergyAgency – Implementingagreement forhydropowertechnologiesandprogrammes.TechnicalReport. GenivarConsultingGroupInc., QuébecCity, Canada (2000).
- [4]NationalEngineeringHandbook:*FishPassageandScreeningDesign*.TechnicalSupplement 14N. (2007) Dostupno na: <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17824.wba>Пристапљено 28.08.2017.
- [5]ArmstrongG.S., Aprahamian M,W., FewingsG.A., GoughP.J., ReaderN.A.,VaralloP.V.,*EnvironmentAgencyFishPass. Guidance Notes On The Legislation, SelectionandApproval Of FishPasses In EnglandAndWales*. EnvironmentAgency, Rio House, Bristol, UK (2010).
- [6]Стојић П., *Хидротехничке грађевине - књига II*.Грађевински факултет Сплит, Сплит, Хрватска (1998).
- [7]CarlingandP.A., DobsonJ.H, *FishpassDesignandEvaluation – Phase 1*, NationalRiversAuthority, Bristol, UK (1992).
- [8] FAO and DVWK:*Fishpasses-Design, dimensionsand monitoring*. Rome, Italy(2002).

Прилог- Техничка документација цртежа склопа као и пројекције прорачунски добијене степеничасте рибље стазе.