

STRUČNE SMJERNICE - MALE HIDROELEKTRANE

Rezultat 2:

Stručne smjernice za izabrane tipove zahvata
s ciljem unaprjeđenja kvalitete OPEM, naročito za
infrastrukturne zahvate i ostale javne zahvate

IPA program Europske unije za Hrvatsku

Twinning Light projekt

EU HR/2011/IB/EN/02 TWL

“Jačanje stručnih znanja i tehničkih kapaciteta svih relevantnih
ustanova za Ocjenu prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (OPEM)”

Mag. Bernd Perdacher (Vlada Pokrajine Tirol)

Ova publikacija izrađena je uz financijsku potporu Europske unije.
Sadržaj publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske agencije za okoliš i prirodu
i Austrijske agencije za okoliš (Umweltbundesamt)
i ne odražava nužno gledišta Europske unije.

ZAGREB, rujan / listopad 2015.



Projekt financira
Europska unija

**Hrvatska agencija
za okoliš i prirodu**

umweltbundesamt[®]
ENVIRONMENT AGENCY AUSTRIA

SADRŽAJ

1. Uvod	3
2. Tipovi hidroelektrana	5
2.1. Podjela hidroelektrana s obzirom na način iskorištavanja vode	5
2.2. Podjela hidroelektrana s obzirom na smještaj strojarne	7
2.3. Hidrokinetičke turbine	8
3. Glavni mogući utjecaji	9
3.1. Hidrološki režim	9
3.2. Sedimentacija	10
3.3. Kakvoća vode	10
3.4. Migracijske prepreke	10
3.5. Emisije stakleničkih plinova	11
3.6. Biološka raznolikost	11
3.7. Obalna (riparijska) zona	12
3.8. Krajobraz, rekreacijska vrijednost – nije od značaja za Natura 2000 područja	12
3.9. Glavni mogući utjecaji hidroelektrana na ciljne vrste i stanišne tipove ekološke mreže (Natura 2000)	12
3.10. Interakcije s drugim zahvatima na predmetnom području – kumulativni utjecaji	13
4. Mjere ublažavanja	14
4.1. Uklanjanje brane	14
4.2. Reguliranje protoka vode	14
4.3. Ublažavanje utjecaja narušenog pronosa sedimenata	16
4.4. Poboljšavanje ekoloških uvjeta riječnih staništa	17
4.5. Riblje staze	17
5. Primjer smjernica za male hidroelektrane – tirolski pristup	36
5.1. Gdje graditi (poželjne lokacije)	37
5.2. Kako graditi (tehnička rješenja)	39
6. Literatura	40

1. Uvod

Twinning light projekt EU HR/2011/IB/EN02 TWL, Jačanje stručnih znanja i tehničkih kapaciteta svih relevantnih ustanova za Ocjenu prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (OPEM) zajednički su proveli Twinning partneri iz Republike Austrije i Republike Hrvatske: Hrvatska agencija za okoliš i prirodu (HAOP) i Austrijska agencija za okoliš (Umweltbundesamt) u trajanju od 8 mjeseci tijekom 2015. i 2016. godine.

Opći cilj projekta bilo je: unaprjeđenje zaštite okoliša i prirode u Republici Hrvatskoj jačanjem kapaciteta za provedbu pravne stečevine EU, sukladno Direktivi o staništima i Direktivi o pticama. Svrha projekta je podržati hrvatske ustanove u provedbi stručnog rada vezano za OPEM s ciljem osiguranja učinkovitije provedbe postojećeg pravnog okvira.

Ove stručne smjernice izrađene su u okviru Rezultata 2: **Stručne smjernice za izabrane tipove zahvata s ciljem unaprjeđenja kvalitete ocjene prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (OPEM), naročito za infrastrukturne zahvate i ostale javne zahvate.**

Sukladno raspravama na više sastanaka te rezultatima analize izrađenih studija glave ocjene i mišljenja HAOP-a, Twinning partneri su zajednički utvrdili oblik i sadržaj smjernica za tri tipa zahvata:

- prometna infrastruktura
- male hidroelektrane
- upravljanje rijekama

Temljem iskustva iz Republike Austrije, Njemačke i Češke (te drugih zemalja s dužim članstvom u Europskoj uniji u odnosu na Hrvatsku), smjernice daju sažeti pregled najbolje prakse pri sagledavanju utjecaja ovih skupina zahvata i provođenju mjera ublažavanja. Smjernice obuhvaćaju i popis literaturnih izvora a također je pokušano u što većoj mjeri koristiti dokumente dostupne na internetu poput različitih tematskih priručnika iz EU ili provedenih EU projekata (poveznice u tekstu).

Njihov cilj nije dati neposredna uputstva, već potaknuti hrvatske stručnjake da razmotre izložene primjere te ih u praktičnoj primjeni provjere, prilagode i nadograde sukladno potrebama zaštite prirode u Hrvatskoj.

Smjernice su izradili stručnjaci iz javnih tijela Republike Austrije s višegodišnjim iskustvom vezanim uz određenu temu, u suradnji s djelatnicima HAOP-a iz Odjela za ocjenu prihvatljivosti zahvata za prirodu.

Autori smjernica su:

DI. Elke Hahn (Austrijsko federalno ministarstvo prometa) – Prometna infrastruktura
Mag. Stefan Guttman (Vlada pokrajine Gornje Austrije) – Upravljanje vodama
Mag. Bernd Perdacher (Vlada Pokrajine Tirol) – Male hidroelektrane

Stručne smjernice – male hidroelektrane

Između EU i država članica ne postoji usaglašena definicija malih hidroelektrana (MHE). Osnovni parametar kojim su MHE definirane je instalirani kapacitet. Nekoliko država poput Portugala, Španjolske, Irske, Grčke, Belgije i Austrije definiraju MHE kao elektrane s instaliranim kapacitetom do maksimalno 10 MW. U Italiji je granica 3 MW, a u Švedskoj samo 1,5 MW (Amt der Tiroler Landesregierung, 2006). Druge države, poput Francuske, odredile su gornju granicu od 12 MW instaliranog kapaciteta, dok je izvan granica Europe, npr. u Kini, gornji prag instaliranog kapaciteta čak 50 MW. U Hrvatskoj su MHE definirane kao elektrane s instaliranim kapacitetom od 10 kW do 10 MW (MINGORP, 2010). Karta Hrvatske s prikazom lokacija postrojenja obnovljivih izvora energije nalazi se na: <http://oie.mingorp.hr/default.aspx?id=24>

2. Tipovi hidroelektrana

Hidroelektrane se općenito sastoje od brane, dovodnog i odvodnog kanala. Na ulazu u dovodni kanal obično se stavlja zaštitna rešetka kako bi se spriječio ulaz rijekom nošenog materijala (npr. drvenih naplavina). Nakon vodozahvata dovodnim kanalom voda se preusmjerava u sedimentacijski bazen gdje se talože nošene čestice te se voda dalje tlačnim cjevovodom odvodi do strojarnice s jednom ili više turbina i generatorom. Na kraju procesa voda se vraća u rijeku kroz odvodni kanal.

2.1. Podjela hidroelektrana s obzirom na način iskorištavanja vode

- **Akumulacijske hidroelektrane**

Akumulacijske hidroelektrane karakterizira veći akumulacijski bazen, dovoljno velik da može zadržati količinu vode dostatnu za rad postrojenja tijekom kišnih i sušnih razdoblja te tako smanjiti ovisnost postrojenja o prirodnom dotoku vode. Strojarnica je obično smještena nizvodno, a s akumulacijom je povezuju cjevovodi ili tuneli. Ovaj tip hidroelektrane je poznat i pod imenom elektrana visokog vodnog pada, a uobičajen je u planinskim predjelima. Njegova prednost je akumuliranje vode iza brane i njezina dostupnost kad god je to potrebno za rad elektrane (N2K Group, 2015).



Slika 1: Akumulacija hidroelektrane Kaunertal, Tirol, Austrija; Fotografija: TIWAG – Tirolska tvrtka za proizvodnju i distribuciju električne energije

• Protočne hidroelektrane

Protočne hidroelektrane karakteriziraju manje akumulacije koje mogu uskladištiti vodu potrebnu za nekoliko sati rada i u pravilu ovise o dostupnosti vode u određenom vremenu. Ovaj tip hidroelektrane je poznat i pod nazivom elektrana niskog vodnog pada. Protočne hidroelektrane u pravilu manje utječu na okoliš u odnosu na akumulacijske hidroelektrane podjednake snage (Kumar et al., 2012), ali i dalje imaju negativne utjecaje na migracije riba i protok sedimenta.



Slika 2: Protočna hidroelektrana na rijeci Jivice; Donja Austrija; Fotografija: Guttman

• Reverzibilne (crpno-akumulacijske) hidroelektrane

Reverzibilne hidroelektrane imaju mogućnost skladištenja energije prebacivanjem vode iz donjeg u gornji bazen, odnosno akumulaciju. To se obično radi u vrijeme kad nije velika potražnja za električnom energijom i kad je cijena električne energije niska, kako bi se voda mogla ponovno koristiti za proizvodnju kada je to potrebno (npr. u razdoblju vršne potrošnje električne energije i veće isplativosti).



Slika 3: Reverzibilna hidroelektrana Kühtai; Tirol, Austrija; Fotografija: TIWAG

2.2. Podjela hidroelektrana s obzirom na smještaj strojnice

• Derivacijske hidroelektrane

Derivacijske hidroelektrane su hidroelektrane kod kojih se strojnica za proizvodnju energije nalazi na lokaciji izmještenoj od vodotoka ili akumulacije, a voda se umjetnim kanalom dovodi do turbine i nakon prolaska kroz turbinu voda se vraća u vodotok. Derivacijske hidroelektrane, ukoliko su protočne, imaju utjecaj samo na dio rijeke između vodozahvata i ispusta, gdje su kao posljedica preusmjeravanja dijela vode neizbježni smanjeni protoci (ekološki prihvatljiv protok) u prirodnom koritu rijeke. Ukoliko se radi o tipu derivacijske elektrane s branom, također su mogući negativni utjecaji na migracije riba i protok sedimenta. U Tirolu se najčešće koristi tip derivacijske hidroelektrane pod nazivom „tirolski prag“ (Tyrolean weir), gdje je vodozahvat na istoj razini kao korito rijeke ili potoka.



Slika 4: „Tirolski prag“, Dorferbach, Austrija; Fotografija: TIWAG – Tirolska tvrtka za proizvodnju i distribuciju električne energije

• Pribranske hidroelektrane

Kod pribranske hidroelektrane strojnica se nalazi izravno uz branu, a često je i njezin dio, pa je u brani ugrađen zahvat, tlačni cjevovod i odvod.

2.3. Hidrokinetičke turbine

Novi tip tehnologije predstavljaju hidrokinetičke turbine ili turbine uronjene u vodotok. Ove turbine proizvode električnu energiju koristeći slobodni protok vode rijeke ili potoka. Za njih nije potrebna izgradnja brana ili većih građevina s obzirom da se ne oslanjaju na pad vode u proizvodnji električne energije (Vidi sliku 18).

3. Glavni mogući utjecaji

Prema Europskom udruženju malih hidroelektrana (ESHA, 2009) neki od negativnih utjecaja hidroelektrana su onemogućavanje migracija riba i prekid riječnog kontinuiteta, povećanje smrtnosti riba, morfološke promjene, buka te fragmentacija i degradacija staništa pojedinih vrsta. U ovom poglavlju naglasak je stavljen na glavne utjecaje MHE (Steinmetz i Sundqvist, 2014; N2K Group, 2015; Schwaiger et al., 2013).

3.1. Hidrološki režim

Prirodna varijabilnost protoka je najvažnija značajka rijeka i potoka, koja omogućuje održavanje dinamičnog okoliša i uvjeta koji pogoduju velikoj biološkoj raznolikosti. Kod izgradnje brana i hidroelektrana dolazi do promjena hidrološkog režima vodotoka i značajnih utjecaja kao što su:

- gubitak kopnenih staništa stvaranjem akumulacije uslijed izgradnje brane te promijene u prirodnoj varijabilnosti vodostaja;
- utjecaji na obalnu (riparijsku) zonu, npr. uslijed potapanja obalne zone pri čemu dolazi do promjene mikrostaništa;
- nagle promjene vodostaja koje se javljaju uslijed rada hidroelektrane uzvodno od brane nisu usklađene s prirodnim hidrološkim režimom što dovodi do degradacije i nestanka obalne vegetacije;
- isušivanje korita nizvodno od hidroelektrane u slučaju da povremeno ili trajno nema ispuštanja vode u staro korito pogubno je za floru i faunu koja živi u vodi ili u riparijskoj zoni;
- snižavanje razine podzemne vode nizvodno od brane ima negativne utjecaje na riparijsku i vodenu vegetaciju (fragmentacija i/ili gubitak ciljnih stanišnih tipova, npr. 3260 Vodeni tokovi s vegetacijom *Ranunculon fluitantis* i *Callitricho – Batrachion*);
- utjecaji su mogući i u slučaju kada se u staro korito rijeke ispušta ekološki prihvatljiv protok ovisno o njegovoj veličini; ako je ovaj protok jako mali proporcionalno će se smanjivati površine pod izvorno prisutnim stanišnim tipovima;
- stvaranje bujičnih valova i nagli porasti vodostaja (engl. *hydropeaking*) najčešće su prisutni kod rada akumulacijskih hidroelektrana. Uslijed naglih ispuštanja velikih količina vode dolazi do negativnih utjecaja, npr. otplavlivanja riblje mladi i malih riba. Ovi utjecaji su mogući i kod protočnih elektrana s kraćim razdobljima akumuliranja vode. Ribe se nakon takvog poplavnog događaja mogu naći zarobljene u malim bazenima zaostalim nakon poplave, te najčešće ugibaju kad se takva staništa isušuje;
- utjecaji na brzinu vode; uzvodno od brane nekadašnja tekućica postaje gotovo stajaćica (utjecaj na stvaranje pridnenog leda u zimskom periodu);
- utjecaji na temperaturu vode (uzvodno i nizvodno od brane) radi povećanog ili smanjenog protoka, promjene dubine vode (npr. kod akumulacija). Temperatura vode je važan okolišni čimbenik za biljne i životinjske vrste, a njene promjene utječu na mriješćenje riba i preživljavanje ribljih jajašaca.

3.2. Sedimentacija

Transport sedimenta u vodotoku podrazumijeva eroziju, pronos sedimenta i sedimentaciju čestica različite veličine, od vrlo sitnih čestica do kamenih blokova. Rijeke s velikim opterećenjem sedimentom se uglavnom nalaze u suhim, polu-suhim ili planinskim predjelima. Glavni utjecaji malih hidroelektrana na proces sedimentacije su:

- uslijed smanjene brzine toka vode povećana sedimentacija u akumulaciji rezultira smanjenim pronosom sedimenta nizvodno. Uzvodno od brane ovo može uzrokovati povećanje rizika od poplava i nestajanje staništa pogodnih za mrijest riba uslijed zamuljivanja riječnog dna (npr. reofilne vrste riba se uglavnom mrijeste na šljunčanom i kamenom substratu). Također, sediment istaložen uzvodno od brane vrlo često sadrži visoke koncentracije teških metala;
- smanjeni protok sedimenta nizvodno od brane također može djelovati na staništa riba, kao i ostale skupine životinja i biljaka. Mutnoća vode se može smanjiti te zbog povećanja prozirnosti vode može doći do povećanog razvoja planktona. Nadalje, smanjeni protok nanosa za posljedicu ima produbljivanje riječnog korita, što može utjecati na okolna vodena i močvarna staništa te dugoročno na razinu podzemne vode.

3.3. Kakvoća vode

Kakvoća vode obično se ne mijenja protokom vode kroz turbine. Utjecaji na kakvoću vode su specifični za svaku pojedinačnu hidroelektranu i ovise o načinu rada i vrsti hidroelektrane:

- moguće je da se uslijed smanjenog protoka vode poveća osjetljivost vodotoka na onečišćenje;
- biocidi i sredstva za sprječavanje obraštanja koja se koriste za čišćenje postrojenja te drugi radovi održavanja mogu dovesti do onečišćenja vode;
- izljevanje ulja (nafte) može utjecati na kvalitetu vode (pogoni na naftu u hidroelektranama se koriste npr. za reguliranje turbine, ulaznih zapornica vodozahvata, itd.);
- promjene temperature vode; voda u akumulaciji je obično hladnija ljeti i toplija zimi nego što bi bila da nema brane; temperatura vode utječe na životinjske vrste, npr. ona je okidač migratornim vrstama za početak migracija.

3.4. Migracijske prepreke

Jedan od najvećih utjecaja hidroelektrana na prirodu je prekid riječnog kontinuiteta zbog stvaranja prepreka za kretanje životinja, što prvenstveno ima negativan utjecaj na ribe, ali utječe i na druge skupine životinja. Migratorne vrste riba trebaju različite uvjete staništa u različitim fazama životnog ciklusa te im je slobodno kretanje od ključnog značaja. Glavni utjecaji su:

- nemogućnost prolaza riba uzvodno - ukoliko nije izgrađena riblja staze za uzvodne migracije, ribe neće moći zaobići hidroelektranu;

- stradavanje riba prilikom nizvodnih kretanja. Ako ne postoji druga mogućnost i jedini način za prolaz riba je kroz turbine, često veliki broj jedinki strada, ozlijeđene su ili u stresu. Nisu problem samo ozljede od stacionarnih ili pokretnih dijelova lopatica turbina, već i ozljede uslijed promjena tlaka, kavitacije (pojava isparavanja vode i stvaranja mjehurića vodene pare uslijed rotacije turbina) i turbulencije. Također, zbog velike brzine vode prilikom prolaska riba kroz turbinu dolazi do dodatnog trenja (engl. *shear stress*), koje može dovesti do njihovog ozljeđivanja;
- moguće je i ozljeđivanje jedinki riba na zaštitnoj rešetki na ulazu u vodozahvat/dovodni kanal, posebice ukoliko je prisutan jak pritisak vode na rešetku, te prilikom njenog čišćenja.

3.5. Emisije stakleničkih plinova

Bez obzira što hidroelektrane predstavljaju obnovljivi izvor energije, odgovorne su za dio emisija stakleničkih plinova. Tri su faze u kojima hidroelektrane stvaraju stakleničke plinove: izgradnja, rad i uklanjanje hidroelektrane. Općenito, kvantificiranje emisija hidroelektrana je vrlo zahtjevno i specifično za svaki pojedini slučaj.

3.6. Biološka raznolikost

Sve opisane fizikalne promjene utječu na ekosustave u blizini hidroelektrane te time i na bioraznolikost. Bioraznolikost nekog područja je puno više od samog zbroja vrsta koje dolaze na tom području. Također, potrebno je očuvati genetsku raznolikost unutar i između pojedinih populacija, kao i raznolikost vrsta, staništa i ekosustava. Glavni utjecaji su:

- promjene, fragmentacija i gubitak staništa te gubitak posebnih stanišnih tipova;
- mikroklimatske promjene, npr. promjene temperature u blizini hidroelektrane;
- stvaranje uvjeta i kvalitete staništa koji su pogodniji za strane i invazivne vrste biljaka i životinja u odnosu na autohtone vrste;
- najveći je utjecaj hidroelektrana na slatkovodne vrste (ribe, ali i ostale skupine) uslijed onemogućavanja migracija uzvodnih i nizvodnih migracija, promjene uvjeta i kvalitete staništa, povećane smrtnosti i sl.;
- promjene u varijabilnosti širine i dubine vodotoka te promjene brzine protoka vode mogu dovesti do promjena u sastavu vrsta na način da se vrste tipične za tekućice (lotičke vrste) postepeno zamijene vrstama tipičnim za vode stajaćice (lentičke vrste);
- hidroelektrane također utječu na makrozoobentos i plankton (npr. uslijed promjena temperature, prozirnosti vode, brzine toka vode, količine kisika u vodi i sl.).

3.7. Obalna (riparijska) zona

Obalna (riparijska) zona je značajno prijelazno stanište između kopna i vode te sačuvano u svom prirodnom obliku podržava visoku biološku raznolikost. Rijeke s očuvanom prirodnom dinamikom periodički plave obale omogućujući veliku raznolikost staništa te ukoliko poplavni događaji nisu mogući, smanjuje se biološka raznolikost riparijske zone (npr. vrste vezane uz ova staništa, kao što su kukci i ptice koje se hrane kukcima). Riparijska vegetacija duž akumulacija je posebice siromašna vrstama u usporedbi s obalama prirodnih rijeka.

Obalna zona ima veliku važnost u zaštiti od poplava, u smanjenju erozije tla i pročišćivanju vode (biofiltracija).

3.8. Krajobraz, rekreacijska vrijednost (nije od značaja za Natura 2000 područja)

Vrlo često su krajobrazne i rekreacijske vrijednosti područja zakonski zaštićena dobra (npr. u Tirolu je to regulirano zakonodavstvom zaštite prirode) te ih stoga treba uzeti u obzir, iako nisu značajne u kontekstu Natura 2000 područja i OPEM postupka.

Za razliku od minimalnoga protoka kako ga definiraju limnolozi, minimalni protok nužan kako bi se izbjegli utjecaji na izgled krajobraza može biti znatno viši. Na osnovu istraživanja doživljaja ljudi, pokazalo se da svjesnost o smanjenju protoka vodotoka počinje kad je izgubljeno 35 – 40 % količine vode.

3.9. Glavni mogući utjecaji hidroelektrana na ciljne vrste i stanišne tipove ekološke mreže (Natura 2000)

Kod ocjene utjecaja hidroelektrana u okviru OPEM postupka važno je znati da se ovaj postupak provodi isključivo u kontekstu ciljnih vrsta i stanišnih tipova radi kojih je područje proglašeno Natura 2000 područjem te njihovih ciljeva očuvanja. Stoga, svi prethodno spomenuti utjecaji nisu nužno relevantni u kontekstu OPEM postupka.

Glavni utjecaji na Natura 2000 područja dijele se u sljedeće kategorije: promjene staništa i izravni utjecaji na vrste (N2K Group, 2015).

Utjecaji vezani za promjene staništa:

- narušavanje ekološke cjelovitosti uslijed uništavanja dijelova prirodnih tokova i posljedične promjene u kvaliteti i zastupljenosti pojedinih stanišnih tipova;
- promjene u dinamici sedimenta;
- kemijske i fizikalne promjene vode (npr. količina otopljenog kisika, temperatura, onečišćenje)

- promjene hidrološkog režima:
 - nedovoljan protok vode u starom koritu ima za posljedicu pregrijavanje vode i nedostatak kisika što utječe na ekološke uvjete za različite vrste;
 - naglo ispuštanje velike količine vode (bujični valovi i nagli porasti vodostaja, engl. hydropeaking) uzrokuje stres kod organizama koji žive na području utjecaja te uzrokuje promjene u uvjetima i kvaliteti staništa.
 - promjene u režimu plavljenja kopnenih i aluvijalnih staništa (npr. poplavne šume, močvare, travnjaci)
 - promjene u sezonskim poplavnim ciklusima (npr. narušavanje sezonskog karaktera poplavnih događaja) mogu utjecati na staništa poput povremenih lokvi i mrtvica te posljedično na vrste koje dolaze na takvim staništima (npr. na vrste riba piškur *Misgurnus fossilis* i crnka *Umbra krameri*).

Izravni utjecaji na vrste:

- migracijske barijere. Uzvodna migracija je najvažnija za potamodromne migratorne vrste slatkovodnih riba (npr. mladica *Hucho hucho*, plotica *Rutilus virgo*, dunavska paklara *Eudontomyzon vladykovi*). Nizvodne migracije su ključne za ribe koje migriraju iz rijeke u more radi mriješta (katadromne vrste, npr. jegulja *Anguilla anguilla*), ali i ostale migratorne vrste (čepa *Alosa fallax*, morska paklara *Petromyzon marinus*, regionalno izumrle vrste jesetri: moruna *Huso huso*, pastruga *Acipenser stellatus*, atlantska jesetra *Acipenser sturio*);
- ozljede i stradavanje jedinki tijekom prolaska kroz turbine;
- promjene staništa ciljnih vrsta ;
- bujični valovi i nagli porasti vodostaja (engl. hydropeaking) utječu na kvalitativnu i kvantitativnu strukturu ihtiofaune i samih populacija.

Kod ocjene utjecaja na područja ekološke mreže važno je imati na umu da se različiti utjecaji javljaju u različitim fazama, npr. tijekom izgradnje, rada, održavanja, obnove i prestanka rada hidroelektrane.

3.10. Interakcije s drugim zahvatima na predmetnom području – kumulativni utjecaji

Bitno je kumulativne utjecaje ocijeniti u ranoj fazi procjene. Kumulativni utjecaj je kombinirani utjecaj svih planiranih i postojećih zahvata zajedno. Ako se gleda utjecaj jedne hidroelektrane izolirano od drugih utjecaja, možda će ocjena pokazati da nema značajnog utjecaja, ali ako je planirano ili postoji više hidroelektrana s preprekama na istoj rijeci, utjecaj na populacije ciljnih vrsta će vrlo vjerojatno biti veći.

4. Mjere ublažavanja

Bitno je znati razliku između mjera ublažavanja i kompenzacijskih uvjeta. Mjere ublažavanja usmjerene su na uzroke negativnih utjecaja i njihovo smanjivanje ispod razine značajnosti, dok kompenzacijski uvjeti kompenziraju utvrđene značajne gubitke (pogoršanje stanja) pojedinih stanišnih tipova i vrsta. Mjere ublažavanja kod hidroelektrana su često povezane s isplativosti poslovanja, npr. smanjenjem profita i smanjenom proizvodnjom energije. Glavne mjere ublažavanja uključuju uklanjanje brane, reguliranje protoka vode, ublažavanje utjecaja narušenog pronosa sedimenata, poboljšavanje ekoloških uvjeta riječnih staništa i riblje staze.

4.1. Uklanjanje brane

Uklanjanje brane moguće je u slučaju starih brana koje je potrebno obnoviti ili brana koje su u lošem stanju te predstavljaju sigurnosni problem. Primjerice, na rijeci Mirni u Sloveniji uklonjena je zastarjela brana te je izgrađena kamena rampa (engl. rocky glide) (N2K Group, 2015). Općenito se preporučuje, ako je planirana obnova cijele ili nekih dijelova postojeće hidroelektrane, primjenu dostupnih tehničkih rješenja povoljnijih za prirodu i okoliš. Posebice treba voditi računa da su omogućena i uzvodna i nizvodna kretanja riba.

4.2. Reguliranje protoka vode

Nema opće prihvaćene definicije za dinamički minimalni protok, statički minimalni protok ili ekološki prihvatljiv protok. Minimalni protok koji je potrebno održavati podrazumijeva ispuštanje određenog protoka vode s dvojakim ciljem: održavanja postojećih ekoloških uvjeta te u estetske i rekreacijske svrhe. Pravilno dimenzioniranje minimalnoga i ekološki prihvatljivog protoka je kompleksna tema jer povećanim ispuštanjem vode dolazi do gubitaka u proizvodnji električne energije. Nema jedinstvene metodologije vezano za njihovo određivanje, važno je da dogovoreni protok odražava prirodnu varijabilnost u režimu protoka na predmetnoj lokaciji. Statičke minimalne protoke treba izbjegavati.

Minimalni protok bi trebao odgovarati normalnom niskom protoku vode s prirodnom dinamikom za pojedinu sezonu. Stoga se kao primjer dobre prakse kod mjera ublažavanja preporučuje korištenje ekološki prihvatljivog protoka koji odražava ekološki važne komponente prirodnog režima protoka, te kombinira relativno stalan osnovni protok i povremene dinamičnije protoke.

Primjer 1: Određivanje minimalnog protoka – austrijski pristup

U Austriji je određivanje minimalnog protoka propisano **Pravilnikom** (BGBl. II Nr. 461/2010) koji uključuje i parametre za određivanje ekološkog statusa površinskih voda. Cilj ovog pravilnika je određivanje glavnih uvjeta koje je potrebno postići sukladno Zakonu o vodama (Federalno službeno glasilo br. 215, 1959. g.), kao i uvjeta koji su važni za poštivanje načela očuvanja postojećeg stanja tipova površinskih voda (sukladno vrijednostima bioloških, hidromorfoloških i općih uvjeta fizikalno-kemijskih komponenti za određivanje ekološkog statusa u svrhu procjene kvalitete površinskih voda).

Članak 13. stavak 2. Pravilnika propisuje:

U svim vodnim tijelima, ekološki prihvatljiv minimalni protok mora osigurati razinu i dinamiku toka i povezanost s podzemnim vodama na način da se s pouzdanošću mogu postići tražene vrijednosti kvalitete bioloških elemenata potrebne za postizanje dobrog stanja vodotoka. Ovi uvjeti se smatraju ispunjenima ako:

1. postoji stalni minimalni protok u koritu koji

- a) premašuje vrijednost minimalnog prirodnog dnevnog protoka ($Q_{ekol_min} \geq Q_{dnevni_min}$),
- b) iznosi najmanje jednu trećinu prosječnog prirodnog godišnjeg minimalnog protoka ($Q_{ekol_min} \geq 1/3 Q_{god_min}$) u vodnim tijelima kod kojih je vrijednost prirodnog najnižeg dnevnog minimalnog protoka ispod jedne trećine prirodnog prosječnog godišnjeg minimalnog protoka,
- c) iznosi najmanje jednu polovinu prirodnog prosječnog godišnjeg minimalnog protoka ($Q_{ekol_min} \geq 1/2 Q_{god_min}$) u vodnim tijelima koja imaju prosječan protok vode manji od $1 \text{ m}^3/\text{s}$ i vrijednost najnižeg zabilježenog prirodnog dnevnog minimalnog protoka ispod jedne polovine prirodnog prosječnog godišnjeg niskog protoka i postiže vrijednosti navedene u **Prilogu G** relevantne za minimalnu dubinu vode i minimalnu brzinu protoka u prirodnim staništima riba, i

2. postoji također i dinamički protok koji prati prirodnu dinamiku protoka vodnog tijela u određenom vremenu kako bi se osigurali:

- a) sezonski karakter prirodnog pronosa sedimenta i posljedično sastav supstrata koji je tipičan za određeno vodno tijelo
- b) primjeren protok i brzina vode u vrijeme migracija radi mrijesta
- c) zadovoljavanje stanišnih potreba pojedinih dobnih razreda ciljnih organizama u različitim godišnjim dobima i
- d) količina kisika u vodi i toplinski uvjeti koji su tipični za određeno vodno tijelo.

Prilog G – Minimalni ekološki vodostaj u staništima za ribe

Primjena minimalnog dogovorenog protoka koji iznosi 50% vrijednosti prosječnog godišnjeg prirodnog minimalnog protoka (50% of $Q_{\text{god_min}}$), izračunatog na temelju dnevnog prosjeka za period od najmanje 10 godina, u skladu je s traženim vrijednostima minimalne dubine, protoka i brzine vode te stoga u velikoj mjeri osigurava očuvanje kontinuiteta vodnog tijela. Ukoliko se ispušta navedena količina vode, daljnja mjerenja dubine i brzine protoka više nisu potrebna.

Smjernice za određivanje ekološki prihvatljivog minimalnog protoka i ekološkog stanja utjecanog dijela vodotoka koriste se u federalnoj pokrajini Salzburg, pogotovo u slučaju malih hidroelektrana (Amt der Salzburger Landesregierung, 2015).

Osnovni parametri za ekološki minimalni protok su:

- Pravilnik o cilju kvalitete (vezano za minimalni prirodni protok, odnosi se na Prilog G i 20% dinamičke količine)
- Nije dozvoljeno daljnje uzimanje vode iz vodotoka na dijelovima gdje je već određen minimalni dogovoreni protok
- Voda mora biti prisutna u barem 80% riječnog korita u vrijeme prosječnog prirodnog godišnjeg minimalnog protoka ($Q_{\text{god_min}}$), izračunatog na temelju dnevnog prosjeka za period od najmanje 10 godina
- Održavanje pronosa sedimenta osiguravanjem prikladnog protoka vode tijekom godine.

Kako bi se izbjegli utjecaji na izgled krajobraza i njegovu rekreacijsku vrijednost, potrebno je osigurati protok vode vrijednosti i do 50% minimalnog prirodnog protoka. To je ponekad znatno viša vrijednost u usporedbi s minimalnim protokom određenog od strane limnologa. U mnogim slučajevima dobar kompromis predstavlja kombinacija statičkog i dinamičkog minimalnog protoka. To znači da se minimalnom protoku kojeg su odredili limnolozi doda 20% količine dinamičkog protoka odražavajući prirodnu sezonsku dinamiku, pogotovo u razdoblju od proljeća do jeseni.

Što više vode u starom riječnom koritu to bolje!

4.3. Ublažavanje utjecaja narušenog pronosa sedimenata

Najčešće mjere ublažavanja su:

- izgradnja malih brana koje djeluju kao zamke za sediment i zaustavljaju pijesak i čestice sedimenta. Kasnije se brane mogu ručno ukloniti te po potrebi sediment vratiti nizvodno;
- periodičko uklanjanje sedimenta uzvodno od prepreke i njegovo vraćanje nizvodno u rijeku;
- omogućavanje periodičkog ispiranja/propuštanja sedimenta iz akumulacije – treba biti kontrolirano kako bi se izbjeglo razdoblje mriješta riba te preveliko opterećenje sedimentom nizvodno od brane;

- ako su nanosi sedimenta onečišćeni, ispiranje nije prihvatljivo rješenje te je sediment potrebno izvaditi i tehnički obraditi te zbrinuti na propisan način. Ukoliko postoje dvojbe o sastavu sedimenta, prije iskopa je potrebno napraviti kemijsku analizu kako bi se utvrdilo je li vraćanje sedimenta u riječno korito prihvatljivo rješenje.

4.4. Poboljšavanje ekoloških uvjeta riječnih staništa

Poboljšavanje ekoloških uvjeta kako bi staništa bolje odgovarala pojedinim vrstama riba može se izvesti uporabom kamenja i kamenih blokova. Ponekad samo postavljanjem kamenih blokova u vodotok dolazi do promjena u načinu strujanja vode i stvaraju se nova mikrostaništa. Također se mogu umjetno stvoriti nova područja za mrijest riba u obliku šljunčanih i kamenih podloga.

Preporučuje se i poboljšavanje ekoloških uvjeta staništa na početnom dijelu akumulacija gdje često postoje stanišni uvjeti slični onima u prirodnoj rijeci. Dodatne mjere za poboljšavanje ekoloških uvjeta riječnih staništa uključuju kreiranje šljunčanih sprudova, uspostava riparijske zone i proširenje riječnog korita (za više vidjeti Eberstaller et al. 2014.).

Zahvaljujući poboljšanju ekoloških uvjeta riječnih staništa i izvedbi zaobilaznog toka oko brane hidroelektrane u Skandinaviji, značajno su poboljšani ekološki uvjeti za bisernu školjku *Margaritifera margaritifera*, kao i za riječnu pastrvu, važnog domaćina za preživljavanje ličinačke faze razvoja ovog školjkaša (Steinmetz i Sundqvist 2014)

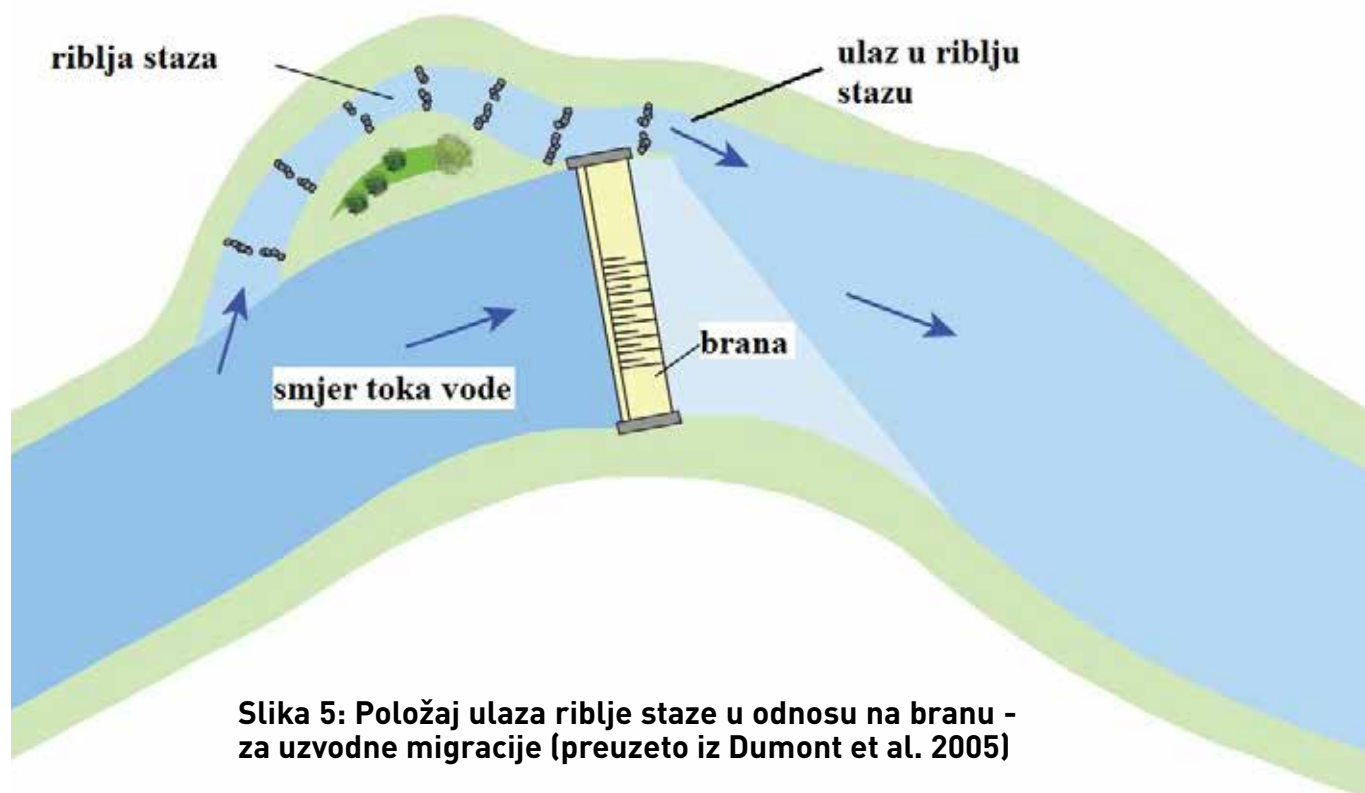
4.5. Riblje staze

Riblje staze su obvezne kod svake hidroelektrane koja predstavlja migracijsku barijeru!

Riblje staze bi uvijek trebale omogućiti prolaz za sve vrste prisutne na određenom području, ne samo ribama, nego i bentičkim beskralježnjacima, sisavcima i vodozemcima, te bi trebale omogućavati i uzvodna i nizvodna kretanja životinja. Sezonska funkcionalnost ribljih staza treba iznositi barem 300 dana godišnje (BMLFUW 2012; DWA 2010).

Protok vode na ulazu i izlazu iz riblje staze mora uvijek imati dostatnu brzinu vode i turbulentnost, kako bi privukao ribe. Istraživanja su pokazala da je važno da volumen protoka vode kroz riblje staze i protok na ulazu u stazu (koji je važan za privlačenje riba) iznosi oko 1-5% prosječnog protoka vode za vrijeme migracijskog perioda (Bell 1980).

Pravilan smještaj ulaznog otvora riblje staze je od velike važnosti, kako bi ga ribe mogle pronaći. Ulaz bi trebao biti što je moguće bliže brani, ali izvan područja s jakim turbulencijama (zona bijele vode, zona pjenjenja vode). Ulaz u riblju stazu (za migracije uzvodno) najbolje je smjestiti na rubnom nizvodnom dijelu brane i uzdužnog migracijskog koridora riba (Slika 5). (Dumont et al. 2005; Schmutz i Mielach, 2013),



Riblja staza bi trebala biti postavljena paralelno s glavnim tokom, u blizini strojarnice i obalne linije uz koju protječe glavni tok. Vezano uz derivacijske hidroelektrane kod kojih se preusmjerava dio toka, najbolje rješenje je izgradnja dviju ribljih staza, jedne na brani koja preusmjerava vodu, a druge kod strojarnice.

Riblje staze trebaju biti projektirane na način koji omogućuje da i najslabije vrste i dobni razredi mogu savladati hidrauličke uvjete, tako da se osigura minimalna brzina vode od 0.3 m/s za rijeke u kojima žive salmonidne vrste riba i 0.2 m/s za sve ostale vrste. Prostorni parametri riblje staze (dubina, širina, dužina) moraju biti takvi da omogućuju prolaz odraslim jedinkama ključnih vrsta (Schmutz i Mielach, 2013).

Također je jedan od važnih čimbenika maksimalna brzina vode koja ovisi o ukupnoj dužini riblje staze. U Tablici 1 prikazane su granične vrijednosti maksimalnih brzina vode ovisno o ukupnoj visinskoj razlici (od ulaza do izlaza iz riblje staze) i zonaciji na osnovu vrsta riba (prema DWA 2010, cit. iz Schmutz i Mielach, 2013).

Pojava turbulentog toka smanjuje sposobnost riba za svladavanjem struje vode (Pavlov et al. 2008) i uzrokuje iscrpljivanje ili čak ozljede poput gubitka ljuski (Degel 2006). Preporuka je da riblje staze sadrže bazene za odmor ili da se smanji visinska razlika između pojedinačnih bazena i poveća dužina riblje staze u uzvodnom smjeru.

Tablica 1: Granične vrijednosti za maksimalne brzine protoka (m/s)

Ukupna visinska razlika	Zona pastrve, gornji tok	Zona pastrve, donji tok	Zona lipljena	Zona mreke	Zona deverike	Zona krkuške
-------------------------	--------------------------	-------------------------	---------------	------------	---------------	--------------

Staze s bazenima

< 3	2,2	2,1	2,0	1,8	1,7	1,6
3 do 6 m	2,1	2,0	1,9	1,7	1,6	1,5
6 do 9 m	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
> 9 m	1,9		1,8	1,7		po procjeni stručnjaka

Obilazni tok (engl. bypass fish passes)

< 5	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
5 do 10 m	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
> 10 m	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8

Kamene rampe

< 5	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4
5 do 10 m	1,9	1,8	1,8	1,6	1,5	1,4
> 10 m	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2

Nagib ribljih staza je također važan, a razlikuje se ovisno o prisutnim vrstama riba. Dno riblje staze trebalo bi se sastojati od krupnog supstrata u debljini sloja najmanje 20 cm. Također bi trebalo osigurati uvjete prirodne svjetlosti bez naglih promjena u razini osvjetljenja.

U Austriji postojeće hidroelektrane unutar Natura 2000 područja (ili ako su izvan Natura 2000 područja, ali negativno utječu na područje) prilikom podnošenja zahtjeva za obnovu koncesije moraju proći postupak odobravanja sukladno odredbama čl. 6. Direktive o staništima. Ukoliko nisu izgrađene riblje staze, a hidroelektrane predstavljaju prepreku za migracije, nužna je izgradnja novih ribljih staza. Istu praksu bi trebalo primijeniti za postojeće građevine (npr. brane ili vodne stepenice) koje su dijelovi hidroelektrana.

Riblje staze se mogu podijeliti na prirodne riblje staze i tehničke riblje staze. Nedostatak tehničkih ribljih staza je što su pogodne isključivo za ribe, te ih ne mogu koristiti ostale vrste životinja. Na primjer, **riblje staze s bazenima** koje rade na principu da ribe preskaču pregrade i tako se kreću stazom, primarno su prikladne za salmonidne vrste riba.

Kao što pokazuje Slika 7, redoviti radovi održavanja su neophodni, inače dolazi do zarastanja vegetacijom i nakupljanja nošenog materijala te riblje staze postaju neprohodnima.



Slika 7: Riblje staze s bazenima, rijeka Url, Donja Austrija; Fotografije: Guttman

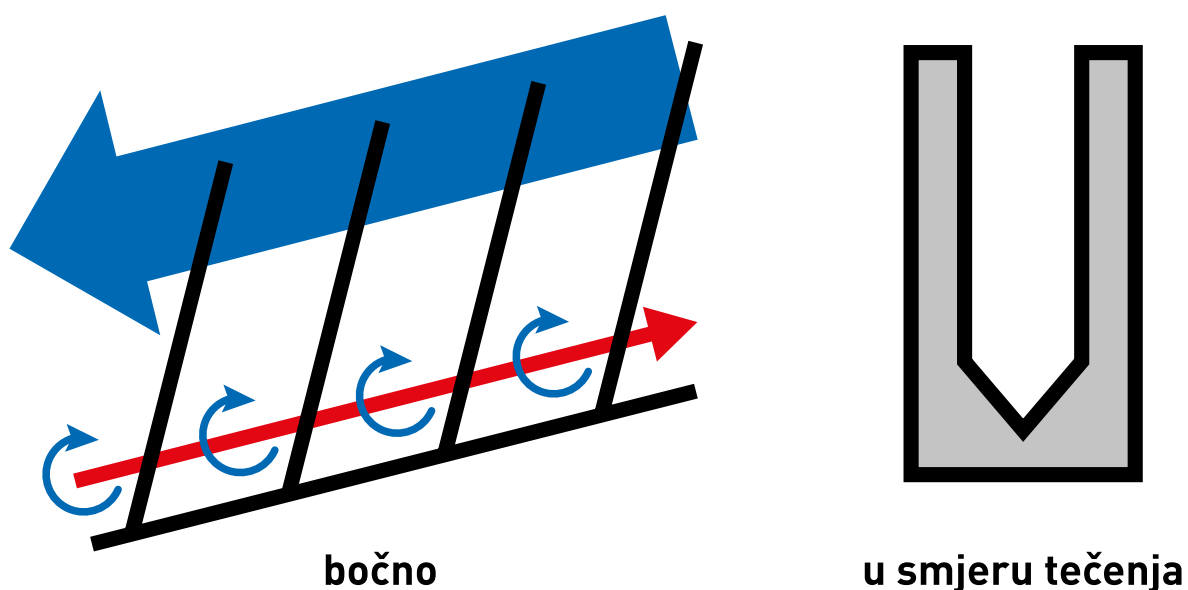
Staza s vertikalnim prorezima (Slika 8) je slična stazi s bazenima, ali je razlika u tome što pregrada ne ispunjava cijeli poprečni presjek, nego je na mjestima prerezana po cijeloj visini, tako da ribe mogu plivati iz bazena u bazen umjesto da preskaču pregrade. Koristi se za različite tipove vodotoka i primjerena je za različite vrste riba, ali je i skuplja. Važni parametri za izgradnju ovakvog tipa riblje staze su širina proreza (minimalno 3 x širina tijela ribe), dužina bazena (minimalno 3 x dužina tijela ribe) i minimalna dubina (minimum 60 cm) (BMLFUW 2012). Za više informacija pogledati Schmutz i Mielach, 2013.



Slika 8: Riblja staza s vertikalnim prorezima; Rosegg; Austrija; Fotografija: HAOP

Drugi tip staze je **Denilova riblja staza** (Slika 9) koja se sastoji od nizova simetričnih pregrada raspoređenih u relativno kratkim intervalima u kanalu. Ovaj tip riblje staze je uobičajen kod hidroelektrana visokog pada i područja gdje nema dovoljno prostora za izgradnju drugih tipova ribljih staza. Nije dokazano da je ovaj tip staze prikladan za više različitih vrsta.

Denilova riblja staza shematski prikaz



Slika 9: Denilova riblja staza, shematski prikaz (bočno i u smjeru tečenja)

Druga tehnička rješenja ribljih staza uključuju **riblje liftove** i **tankove za hvatanje i prijenos ribe**.

Kod relativno niskih pregrada najprimjerenija je **riblja staza u obliku kamene rampe** (Slika 10 i 11), gdje se prilikom izgradnje koriste kameni blokovi i drveni materijal za izgradnju bazena i malih brzaca koji oponašaju prirodne strukture. Prednosti su dobra uklopljenost u okoliš i omogućavanje više migracijskih koridora za ribe, mala osjetljivost na nakupljanje nošenog materijala (te stoga i niski troškovi održavanja) te omogućavanje uzvodnih i nizvodnih migracija. Nedostaci su visoki trošak izgradnje i mogući problemi s funkcionalnošću za vrijeme niskih vodostaja.



Slika 10: Riblja staza u obliku kamene rampe, u izgradnji; rijeka Sil, Tirol; Fotografija: Erhart D.



Slika 11: Riblja staza u obliku kamene rampe; Trins, Tirol; Fotografija: Erhart D.

Najbliže prirodnoj strukturi su riblje staze u obliku **obilaznog toka** (Slika 12), koje oponašaju strukturu prirodnih vodotoka. Izgradnja ovog tipa staze se najviše preporuča s obzirom da pruža dodatne koristi za okoliš.

Preporuke za izgradnju obilaznog toka (Schmutz i Mielach, 2013; Seifert 2012.):

- prosječna brzina vode u području najjače struje vode oko 0,5 - 1 m/s;
- asimetrični presjek riblje staze kako bi se dobilo na dubini;
- kreiranje naizmjeničnih bazena i brzaca koji oponašaju prirodne uvjete protoka;
- maksimalna visina pada od 0,15 – 0,20 m (ritral - područje gornjeg, brzog toka) ili 0,10 – 0,15 m (potamal – područje nizvodnog, sporijeg toka);
- sloj supstrata bi trebao biti debljine najmanje 0,2 m, a veličina šljunka određena prema preferencijama za mrijest prisutnih vrsta uzimajući u obzir postojeće hidrološke uvjete;
- redovito “ispiranje sedimenta” i unos šljunka su potrebni za održavanje povoljnih uvjeta za reprodukciju.



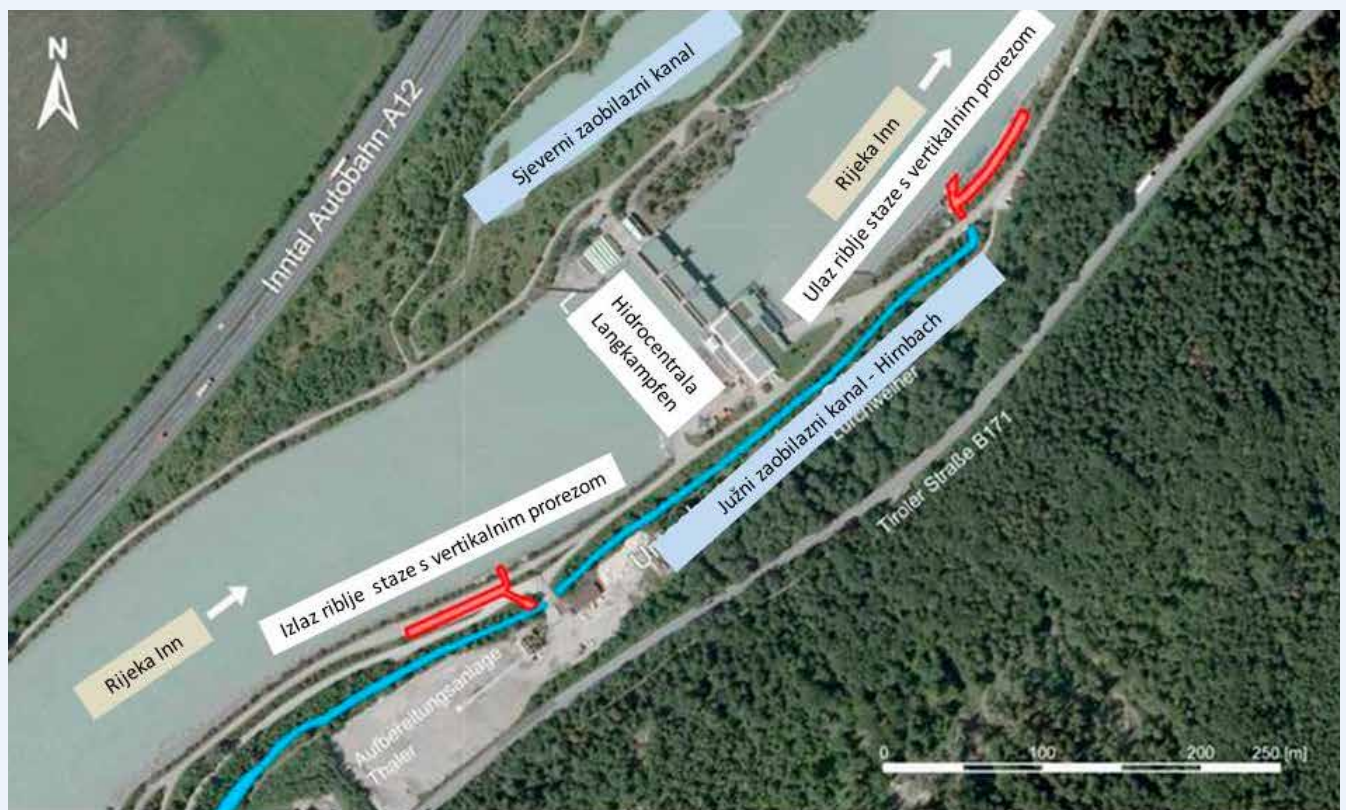
Slika 12: Riblja staza u obliku obilaznog toka; HE Blanca, Slovenija; Fotografija: HAOP

U svrhu postizanja učinkovitosti, ponekad je potrebno kombinirati različite tipove ribljih staza (Primjer 2).

Primjer 2: Kombinirana riblja staza

Hidroelektrana Langkampfen (Rijeka Inn, Tirol) u pogonu je od 1998., a jedan od uvjeta za odobrenje bila je izgradnja funkcionalne riblje staze. Izgrađene su dvije riblje staze (sjeverni i južni obilazni tok) za koje je program praćenja pokazao da imaju više nedostataka te da nisu funkcionalne.

Odlučeno je da se ostavi riblja staza uz lijevu stranu obale (sjeverni obilazni tok), kao pogodno stanište za dabra te da se naprave preinake južnog obilaznog toka, sukladno postojećim znanjima o ekološkim potrebama riba. Izgrađena je riblja staza s dva vertikalna proreza (jedan nizvodno od brane kao ulaz i jedan uzvodno od brane kao izlaz) u kombinaciji s prirodnim obilaznim tokom, za što je upotrebljen potok Hirnback. Uspostavljen je program praćenja ("Riječni promatrač" – vidjeti Okvir "Procjena funkcionalnosti ribljih staza).



Vertikalni prorez nizvodno od brane; Langkampfen; Tirol; Fotografija: TIWAG



Prirodni obilazni tok Hirnbach; Langkampfen, Tirol; Fotografija TIWAG

U svakom slučaju potrebno je provesti ihtiološka istraživanja nultog stanja kako bi se riblju stazu prilagodilo sastavu lokalne ihtiofaune i zahtjevima potencijalnih migratornih vrsta riba i paklara, kojima je riblja staza namijenjena i potrebna. Također je nužno uspostaviti program održavanja ribljih staza, s obzirom da dugoročno veliki broj ribljih staza nije funkcionalan upravo uslijed neprimjerenog održavanja. Preporuča se dodatno praćenje funkcionalnosti riblje staze.

Primjer 3: Procjena funkcionalnosti ribljih staza

U Austriji minimalni uvjeti za praćenje i ocjenu ribljih staza i njihove funkcionalnosti definirani su smjernicama (Woschitz et al. 2003; Amt der Salzburger Landesregierung 2015.). Ukratko, može se reći da se puna funkcionalnost postiže samo ukoliko sve (potencijalno) prisutne vrste (autohtone faune riba) i svi dobni razredi (1+) uvijek (preko 300 dana godišnje) mogu migrirati bez kvalitativnih i kvantitativnih ograničenja (Schmutz i Mielach, 2013.).

Postoje dva pristupa:

- **Procjena temeljena na mjerljivim čimbenicima – abiotiski čimbenici**

Ova metoda uspoređuje lako mjerljive čimbenike s referentnim vrijednostima za funkcionalne riblje staze, kao što su npr. struja vode, hidraulički čimbenici i morfometrijske dimenzije. Ovi abiotiski čimbenici mogu poslužiti u ocjeni, ali im nedostaje ocjena ekološke komponente.

- **Procjena temeljena na istraživanjima riba – ekološko istraživanje**

Bitno je izabrati metodu koja omogućava kvalitativnu i kvantitativnu procjenu. Nije dovoljno samo procijeniti ukupan broj riba koje se trenutno nalaze na ribljim stazama (npr. elektroribolovom). Bolja rješenja su:

- **Optička procjena korištenjem video praćenja**

Prednosti: automatski rad; primjerena za dugoročne procjene; daje dobre rezultate
Nedostaci: primjerena samo kod dobre vidljivosti; vrlo skupa metoda

- **Telemetrijska istraživanja pomoću obilježavanja (markiranja) riba mikročipovima**

Prednosti: daje dobre podatke o migratornom ponašanju riba
Nedostaci: jako skupa metoda jer je potreban veliki broj riba kako bi se dobili vjerodostojni rezultati

- **Zamke za ribe**

Ovo je najučinkovitija metoda koja omogućuje kvantitativnu i kvalitativnu procjenu uzvodnih i nizvodnih migracija. Ona omogućuje da se u kombinaciji s podacima dobivenim kvantitativnim procjenama populacija riba (bilo dostupnim postojećim podacima ili podacima dobivenim istraživanjima nultog stanja) migracije riba dovedu u vezu s ukupnim migracijskim potencijalom (Jungwirth et al. 1994, Eberstaller et al. 1998, Eberstaller et al. 2001).

Istraživanja bi trebalo provoditi tijekom razdoblja od godine dana ili više. Ako to nije moguće, istraživanja bi trebalo provoditi u razdoblju prije i tijekom razdoblja razmnožavanja ključnih vrsta. Također se preporučuje odgoditi istraživanja za jednu godinu od završetka riblje staze, kako bi se ekosustavu omogućilo dovoljno vremena za oporavak od negativnih utjecaja uslijed izvođenja građevinskih radova.

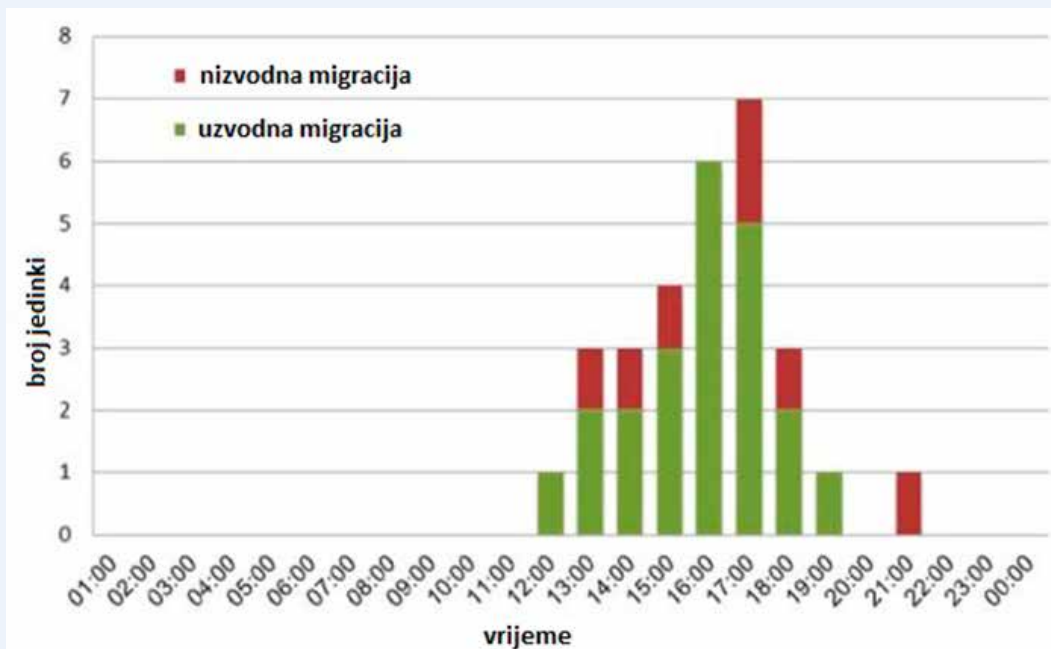
Novi sustav za praćenje migracija riba pomoću skenera i kamere, engl. riverwatcher (VAKI, www.riverwatcher.is), je postavljen na nekoliko ribljih staza u Tirolu, kao što je riblja staza Wenna na rijeci Pitze. Korištenjem infracrvene tehnologije za skeniranje i kamera visokih rezolucija moguće je prepoznati različite vrste i potvrditi procijenjenu brojnost na temelju slika obrisa riba i fotografija.

GLAVNA OBILJEŽJA

- određuje brojnost riba s preciznošću iznad 98%
- mjerenje dimenzija svake ribe s preciznošću iznad 95%
- kontrolna jedinica pohranjuje obris svake ribe koja prođe kroz skener, tako da se dobiveni podaci kasnije mogu provjeriti
- datum i vrijeme prolaska svake ribe zabilježeno skenerom
- kontinuirano mjerenje temperature vode u čestim intervalima
- elektronička oprema za skener zaštićena čvrstim plastičnim kućištem
- napajanje moguće i iz solarnih panela i dugotrajne baterije
- brojač se može lako prilagoditi za upotrebu na svim ribljim stazama, branama, zamkama i sličnim mjestima
- spremanje i prikaz svih podataka preko računalnog programa
- daljinsko upravljanje
- može se koristiti za aktiviranje video kamere
- moguće je spojiti nekoliko brojača zajedno za praćenje na rijekama gdje nema ribljih staza.



„Riverwatcher“; Langkampfen, Tirol; Fotografija: TIWAG

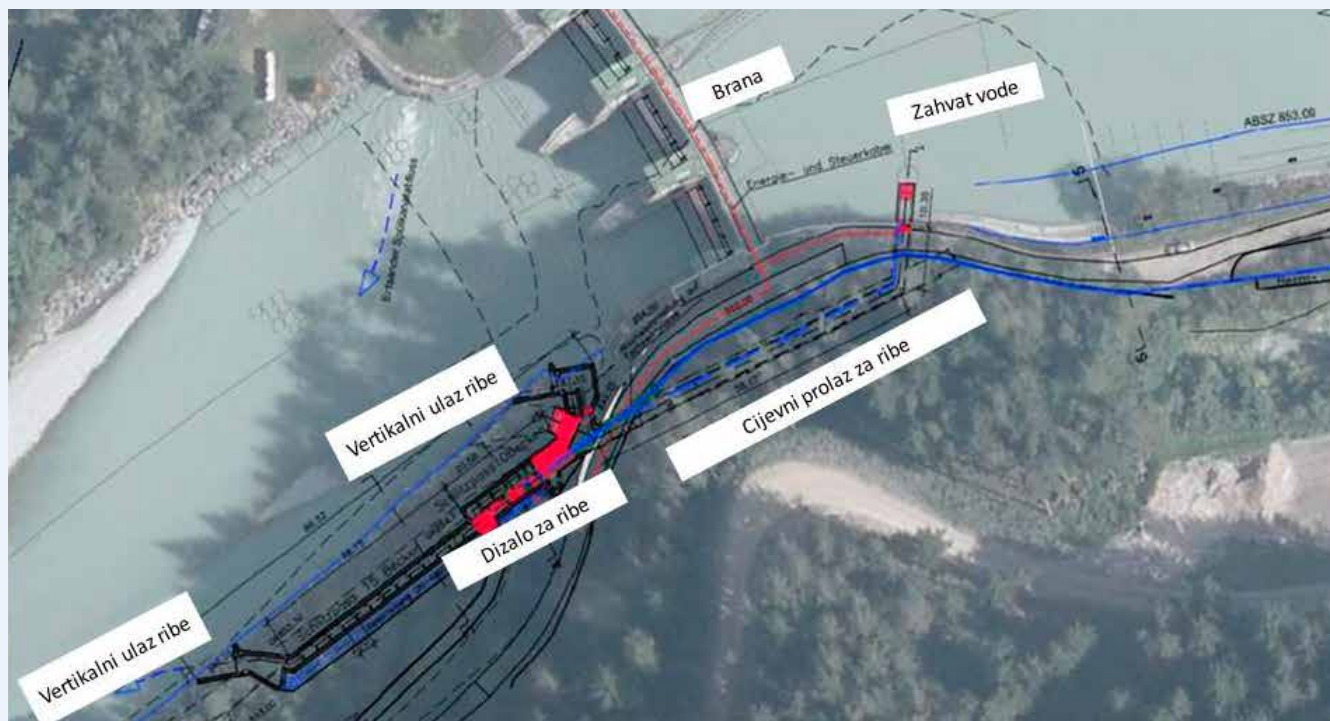


Kako bi se osiguralo da navedene skupe metode praćenja uistinu funkcioniraju, obavezan je nadzor stručnjaka ekologa prilikom građenja.

Kao što je prethodno navedeno, postojeće hidroelektrane u Austriji koje se nalaze unutar Natura 2000 područja, a za koje se podnosi zahtjev za obnovu koncesije, moraju biti u skladu s odredbama članka 6. Direktive o staništima (u Austriji regulirano zakonima o zaštiti prirode na razini federalnih jedinica – pokrajina). Ako nema riblje staze, a hidroelektrane predstavljaju migracijsku prepreku, nužna je izgradnja novih ribljih staza. Istu praksu je potrebno primijeniti i za postojeće građevine (brane ili vodene stepenice) čije je korištenje planirano prilikom izgradnje novih hidroelektrana.

Primjer 4: Naknadna izgradnja riblje staze

Primjer je hidroelektrana Runserau u Tirolu, smještena izvan Natura 2000 područja. Za obnovu koncesije bila je nužna izgradnja riblje staze. Radi ograničenih prostornih uvjeta u obzir su dolazila samo jako skupa rješenja, npr. izgradnja dizala za ribe u kombinaciji s vertikalnim prorezima.



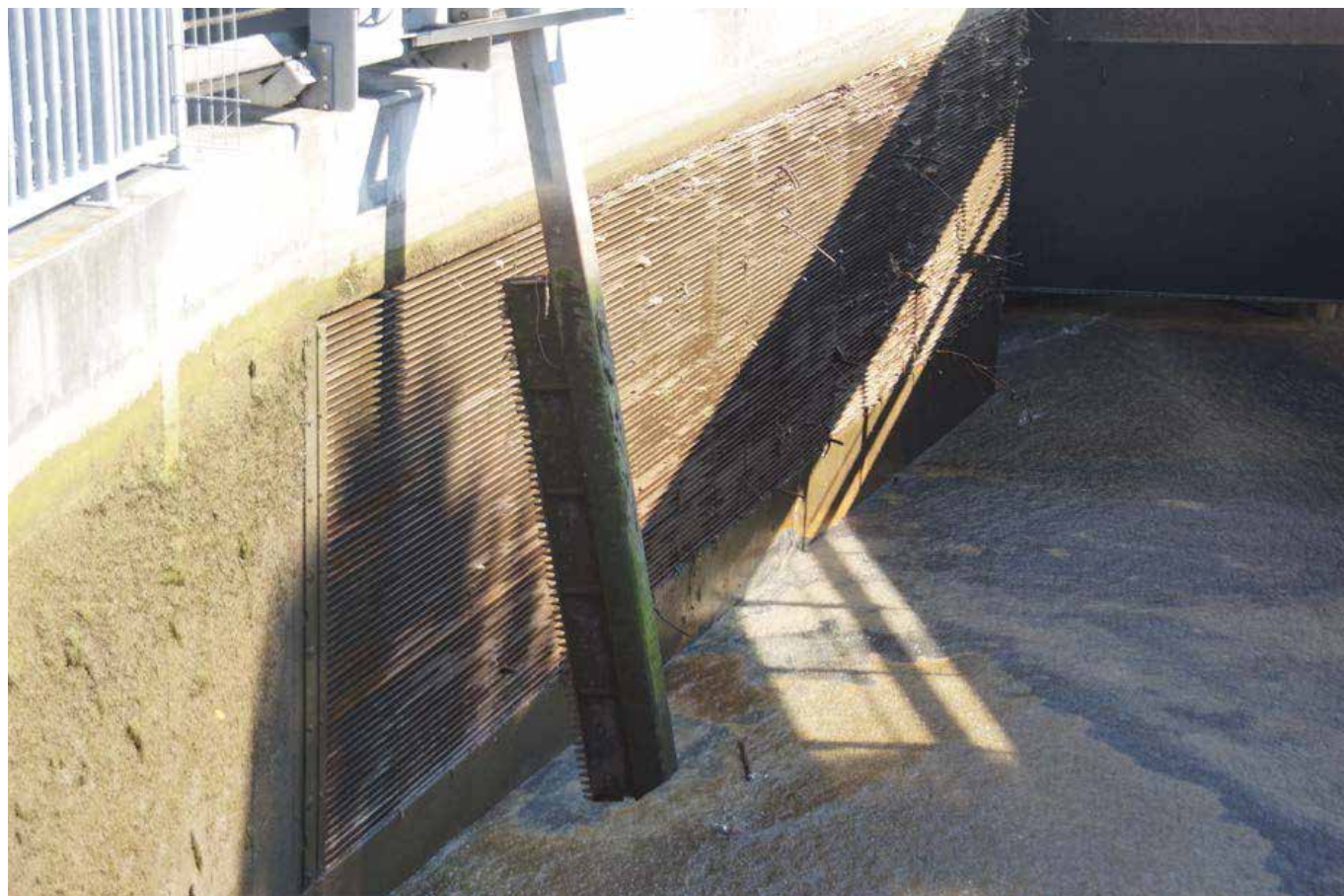
Runserau, rijeka Inn, Tirol, Austrija; Fotografija: TIWAG

- **Turbine neškodljive za ribe (engl. “fish – friendly” turbines)**

Ako nema ribljih staza ili zaštitnih rešetki koje sprječavaju ulaz riba u turbine, većina riba koje migriraju nizvodno će prolaziti kroz turbine pri čemu veliki broj jedinki stradava ili bude ozlijeđen. Dakle, prvi korak kod ublažavanja utjecaja morao bi biti sprječavanje ulaska riba u cjevovod ili kanale koji vode do turbine. Za nove etološke metode (metode vezane uz ponašanje), odnosno uređaje koji proizvode efekte za odvrćanje riba od ulaza u turbine, npr. barijere od mjehurića, zvučne barijere, električne barijere i sl., još nema dokaza o njihovoj učinkovitosti.

Osim etoloških prepreka koriste se i fizičke prepreke, ali one dovode do hidrauličkih gubitaka i smanjene proizvodnje energije. Fine rešetke s razmakom šipki od 10 do 15 mm omogućuju dobru zaštitu. Nepomične žičane rešetke predstavljaju dobru zaštitu za ribe, ali su hidraulički gubici uslijed njihovog postavljanja vrlo visoki (BAFU 2012.).

Primjer dobre prakse je upotreba rešetke s vodoravnim pregradama (Slika 13) koju bi ribe mogle proći samo ukoliko bi plivale lateralno.



Slika 13: Rešetka s vodoravnim pregradama; Rijeka Jivice, Donja Austrija; Fotografija Gutmann

U cilju omogućavanja nizvodnih kretanja riba potrebna je izgradnja dodatnih ribljih staza jer se riblje staze namijenjene za uzvodne migracije najčešće ne mogu koristiti i za nizvodne migracije. Također je važno napomenuti da je za nizvodne migracije potrebno više vode nego za uzvodne migracije.

Za velike rijeke s redovitim migracijama riba, gdje nisu moguća druga tehnička rješenja, može se koristiti metoda hvatanja i premještanja uhvaćenih jedinki nizvodno. Ova se metoda primjerice koristi u Njemačkoj za omogućavanje nizvodnih kretanja jegulja u rijekama Majni i Moselle, gdje se jedinke hvataju i prevoze nizvodno u rijeku (Schmutz i Mielach, 2013.).

Nizvodne migracije su moguće i kroz djelomično ili potpuno otvorene brane te preko preljeva.

Ako se ne može izbjeći prolaz riba kroz turbine, preporučuje se korištenje turbina koje nisu škodljive za ribe (engl. *“fish – friendly” turbines*).

Prema Europskom udruženju malih hidroelektrana (ESHA,2004) postotak ozlijeđenih i usmrćenih riba prilikom prolaza kroz turbine ovisi o tipu turbine. Kaplanova turbina je dizajnom manje štetna za ribe u odnosu na Francisovu turbinu te u usporedbi s nekim drugim tipovima turbina.

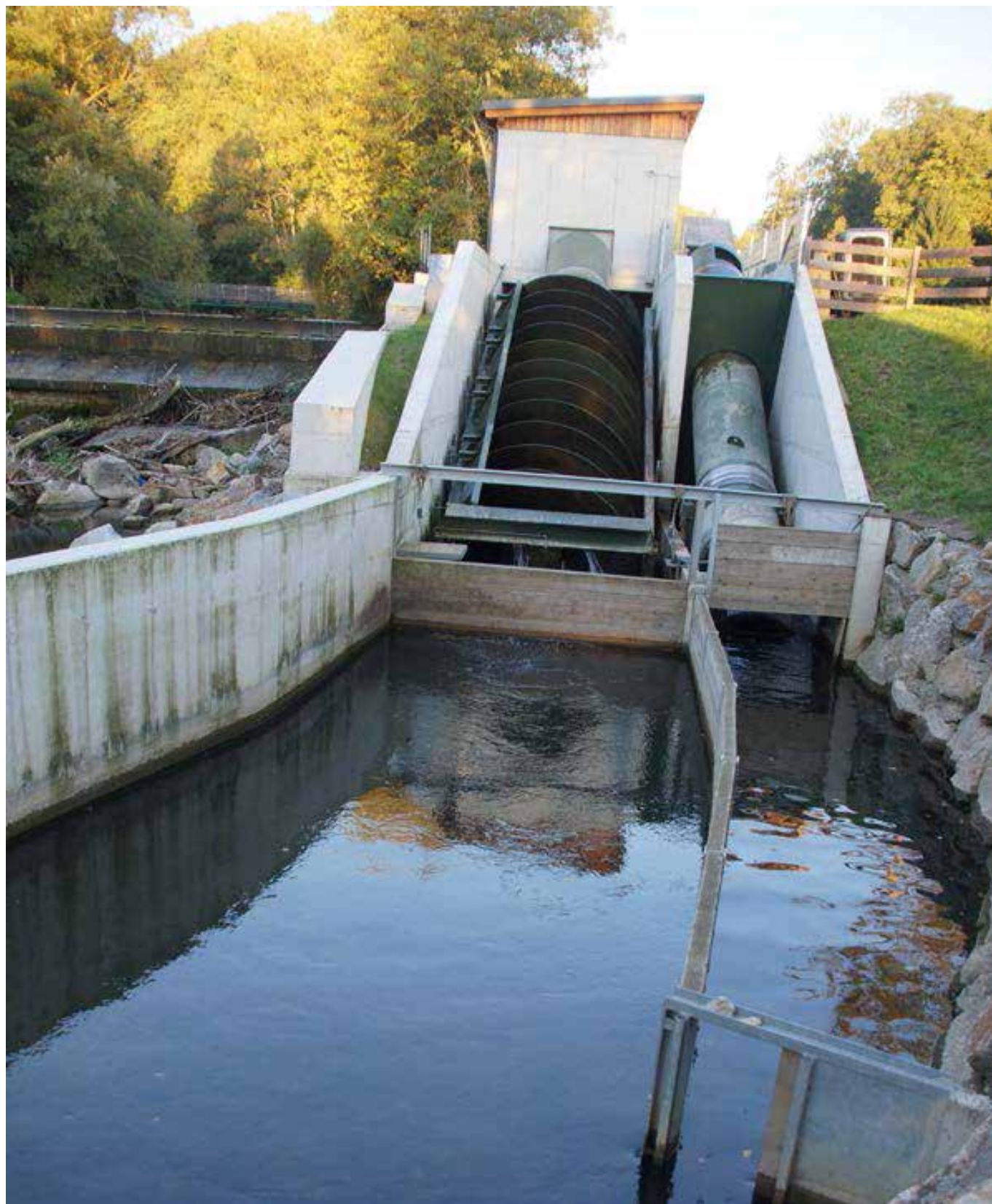
Aldenova turbina je nova turbina dizajnirana u Alden istraživačkom laboratoriju, za visoki vodni pad od 6 m do 37 m i protok iznad 30 m³/s, sa stopom preživljavanja 98 – 100% (ovisno o vrsti riba), te smanjenih gubitaka energije (www.voith.com).



Slika 14: Aldenova turbina

Drugi tip turbine je **Arhimedova hidrodinamička pužna turbina** za koju rezultati nekoliko istraživanja ukazuju na dosta nisku stopu ozljeđivanja riba (Schmutz 2010.). Turbina radi na način da uzima velike volumene vode koji se sporo kreću niz turbinu, a dovoljno su veliki da obuhvate velike jedinice riba.

Za ovaj tip turbine dostupna je nova tehnologija koja omogućava prolaz riba istovremeno u oba smjera (www.hydroconnect.at). Stopa mehaničke učinkovitosti iznosi do 90%. To znači da razina električne učinkovitosti umanjena za mehaničke gubitke iznosi i do 65% (za male hidroelektrane), odnosno 70% (za veće hidroelektrane). Ovaj tip turbine često se koristi u Austriji, s obzirom da je općenito prihvatljive učinkovitosti, pogotovo u kombinaciji sa zajamčenim preživljavanjem riba od 100% (www.hydroconnect.at).



Slika 15: Arhimedova hidrodinamička pužna turbina; dvije turbine omogućuju uzvodne i nizvodne migracije istovremeno; Rijeka Url, Donja Austrija, Fotografija: Guttman



**Slika 16: Detalj izlaza i ulaza u Arhimedovu hidrodinamičku pužnu turbinu;
Fotografija: Hydroconnect**



Slika 17: Arhimedova hidrodinamička pužna turbina; moguće su istovremeno uzvodne i nizvodne migracije; hidroelektrana Retznei, Verbund, Austrija, Fotografija: Hydroconnect

Spiralna Gorlov turbina se preporučuje za mikro hidroelektrane niskog pada koje nemaju branu. Prednost je što se okreće jako polako tako da ribe mogu na vrijeme vidjeti lopatice turbine i zaobići ih (Slika 18).



Slika 18: Lanac Gorlov horizontalnih turbina prilikom instalacije u Južnoj Koreji (Izvor: Guidance document on hydropower development and Natura 2000-Draft)

5. Primjer smjernica za male hidroelektrane – tirolski pristup

Smjernice (Amt der Tiroler Landesregierung, 2006.) su namijenjene stručnjacima i nositeljima zahvata u početnim fazama planiranja hidroelektrana. Smjernice su uglavnom usredotočene na dva pitanja: gdje graditi (poželjne lokacije) i kako graditi (tehnička rješenja).

Checkliste für Wasserkraftwerke bis 15 MW Engpassleistung aus naturschutzfachlicher Sicht



Nussdorf / Innsbruck, Oktober 2006
Version 4.0



Auftraggeber:
Amt der
Tiroler Landesregierung
Abt. Umweltschutz
Eduard Wallnöfer-Platz 3
6020 Innsbruck

Auftragnehmer



REVITAL ecoconsult
DI Klaus Michor
Nussdorf 71, 9990 Nussdorf-Debant
office@revital-ecoconsult.com



ARGE Limnologie
Hunoldstraße 14
6020 Innsbruck
arge@limnologie.at

Bearbeiter:
Hannes Hoffert
Klaus Michor
Christian Moritz
Sabine Bühler

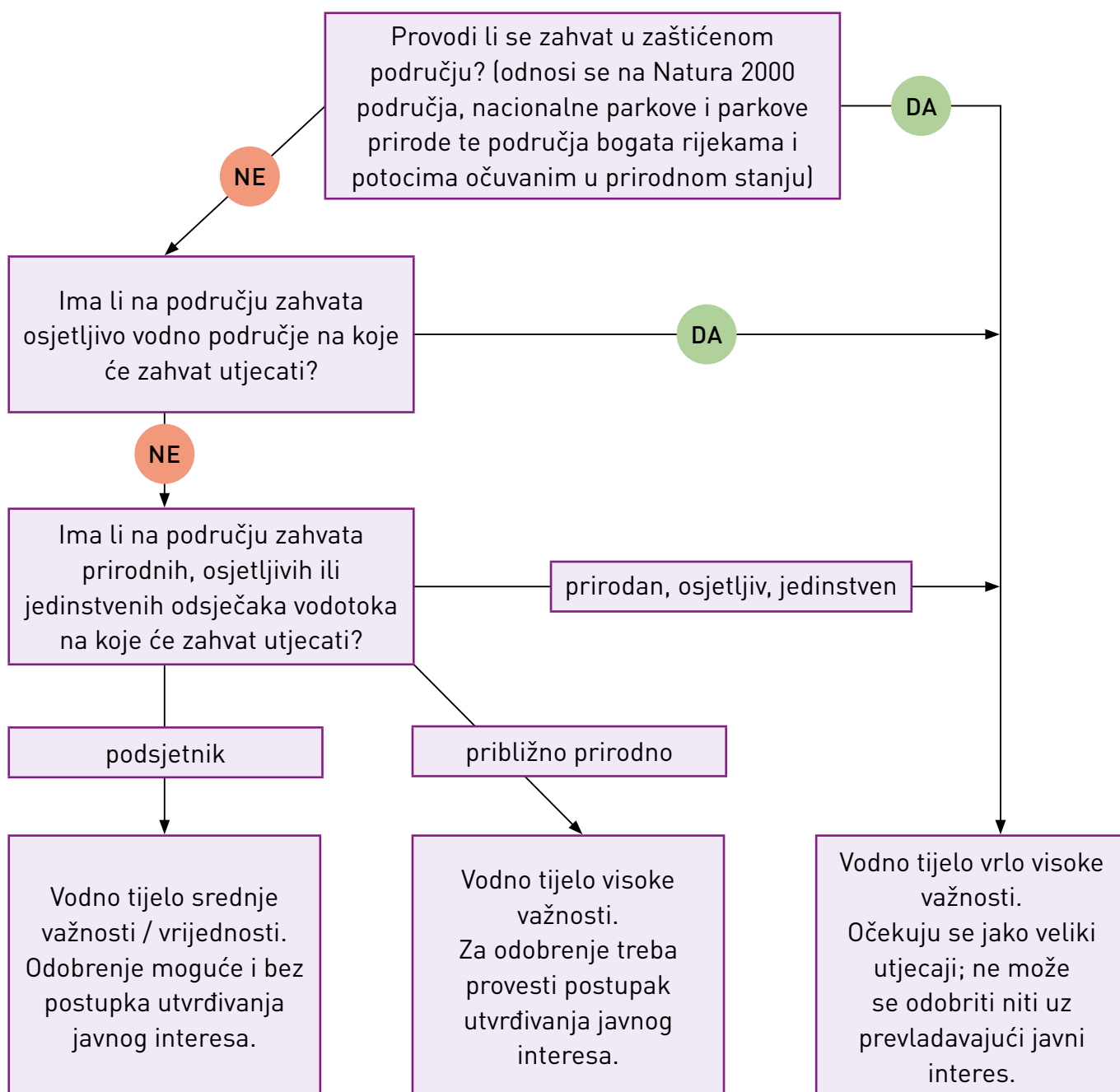
5.1. Gdje graditi (poželjne lokacije)

• Definiranje relevantnog vodnog tijela

Potrebno je odrediti područje potencijalnih utjecaja hidroelektrane, pri čemu je prvi korak usmjeren na vodotok, odnosno na koji dio vodotoka (rijeke, potoka) će zahvat imati utjecaj, što ovisi o tipu hidroelektrane (utjecaji su opisani u prethodnim poglavljima).

• Utjecaj na okolna područja

Uključuje sve infrastrukturne objekte i prilazne ceste hidroelektrani. Potrebno je voditi računa da područje utjecaja uključuje okolna zaštićena područja u smislu mogućih utjecaja zahvata na ciljne vrste (npr. migracije radi mrijesta).



Slika 19: Dijagram važnosti vodnog tijela prema metodologiji koja se koristi u Tirolu, Austrija

Prema metodologiji koja se koristi u Tirolu, Austrija, prvi korak utvrđivanja važnosti vodnog tijela na osnovu čega će se odlučiti o prihvatljivosti gradnje pojedine hidroelektrane je preklapanje područja djelovanja zahvata s postojećim zaštićenim područjima. U Tirolu pod zaštićenim područjima podrazumjevamo Natura 2000 područja ili nacionalne parkove i parkove prirode. U zaštićena područja također su uključena područja bogata s rijekama i potocima očuvanim u prirodnom stanju. U Tirolu su gotovo sve tekućice stavljene pod režim zaštite s definiranim granicama zaštićenih područja. Zaštićeni su glavni očuvani dijelovi rijeka i potoka, kao i rijeke s jedinstvenim i osjetljivim odsječcima. Najvećim dijelom su zaštićena planinska područja i vodotoci (34% vodotoka u Tirolu).

Slijedeći korak je određivanje tipova osjetljivih vodnih tijela koja se nalaze izvan zaštićenih područja. U Tirolu je određeno 15 tipova, primjerice planinski potok s isprepletenim tokom, meandrirajući planinski potok, planinska rijeka, isprepleteni planinski riječni tok, meandrirajuća planinska rijeka, rijeka koja istječe iz jezera (npr. ujezerni izvori), sedreni potok, glacijalni vodotok, vodopad, izvorski tok, cretni/zamočvareni potok.



Slika 20: Planinski potok s isprepletenim tokom - Tauernmoosbach / Salzburg



Slika 21: Meandrirajući planinski potok - Windbach / Salzburg



Slika 22: Rijeka koja istječe iz jezera - Stalleralmbach beim Austritt aus dem Obersee



Slika 23: Cretni/zamočvareni potok - Krebsbach/Bayern

Treći korak je određivanje prirodnih odsječaka vodnih tijela. To su dijelovi vodotoka s prirodnim hidrološkim obilježjima bez antropogenog utjecaja, bez struktura i prepreka, gdje se okolno zemljište slabo koristi. Osjetljivi odsjeci u ovom slučaju podrazumijevaju prirodni ili gotovo prirodni dio rijeke ili potoka, što je u Tirolu manje od 20% svih vodotoka.

Slijedom gore spomenutih koraka donosi se preliminarna odluka o gradnji.

5.2. Kako graditi (tehnička rješenja)

Ovo pitanje odnosi se na čimbenike kao što su tip hidroelektrane, tip turbine, minimalni protok vode te ostali čimbenici opisani u prethodnim poglavljima.

6. Literatura

Amt der Salzburger Landesregierung, Abteilung 7 – Wasser (2015): Leitfaden zur Bestimmung des ökologisch notwendigen Mindestabflusses und des ökologischen Zustandes in Ausleitungsstrecken

Amt der Salzburger Landesregierung, Abteilung 7 – Wasser (2015): Mindestanforderungen an die Überprüfung von Fischaufstiegshilfen im Kollaudierungsverfahren

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Umweltschutz (2006): Checklist für Wasserkraftwerke bis 15 MW Engpasseleistung aus naturschutzfachlicher Sicht; https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/naturschutz/downloads/Checkliste_KWKW_final.pdf

BAFU (2012): Wiederherstellung der Fischauf- und abwanderung bei Wasserkraftwerken. Checkliste Best practice. Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz: 79 p, <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01646/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,lnp6lONTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpn02Yuq2Z6gpJCGfHx4fmym162dpYbUzd,Gpd6emK20z9aGo detmqaN19Xl2ldvoaCVZ,s-.pdf>

Bell, M.C. (1980): General considerations for upstream fish passage facilities. Analysis of environmental issues related to small scale hydroelectric development: design considerations for passing fish upstream around dams. S.G. Hildebrand, Oak Ridge, Tennessee, Oak Ridge National Laboratory (ORNL), environmental Sciences Division, No. 1567

BGBI. II Nr. 461/2010 Quality Objective Ordinance (Ordinance by the Federal Minister for Agriculture and Forestry, environment and Water Management on the Determination of the Ecological Status of Surface Waters); Austria

BMLFUW (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: 102 p. https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:ddc26978-eb6c-488a-bcec-16822a90a4b2/FAH%20Leitfaden_19_12_2012_final.pdf

Degel, D. (2006): Die Rheinstufe mit Fischpass in Iffezheim (aktualisierte Ausgabe vom 31.12.06), Reinpachtgemeinschaft 1 e.V., Fischpass – Team Iffezheim. In Auftrag des Landesfischereiverbandes Baden e.V. unter der fachlichen Betreuung der Fischereibehörde beim RP – Karlsruhe: 52p

Dumont, U., Anderer, P. & Schwevers, U. (2005): Handbuch Querbauwerke. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein – Westfalen, Düsseldorf: 212 p., https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/Handbuch_Querbauwerke_2015.pdf

DWA (2010): Merkblatt DWA-M 509 – Fischaufstiegsanlagen und fischpassierbare Querbauwerke – Gestaltung, Bemessung, Qualitätssicherung: 285 p

Eberstaller, J., Hinterhofer, M. & Parasiewicz, P. (1998): The effectiveness of nature-like bypass channels in an upland Austrian river: pp 363 – 383 in: Jungwirth M., Schmutz S. & Weiss S. (eds.): Fish migration and fish bypasses. Fishing News Books, Oxford.

Eberstaller, J., Pinka, P. & Honsowitz, H. (2001): Fischauftstiegshilfe Donaukraftwerk Freudenau. Überprüfung der Funktionsfähigkeit der FAH am KW Freudenau. Schriftenreihe der Forschung im Verbund. Bd. 72, I.A.d. Hydropower AG, Wien: 87 p

Eberstaller – Fleischanderl, D. & Eberstaller, J. (2014): Flussbau und Ökologie; Amt der NÖ Landesregierung und dem Bundesministerium für Land – und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

European Small Hydropower Association (ESHA) (2004): Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant http://dev02.semaforce.eu/fileadmin/esha_files/documents/publications/GUIDES/GUIDE_SHP/GUIDE_SHP_EN.pdf

European Small Hydropower Association (ESHA) (2009): Environmental Barometer on Small Hydro Power. https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/sherpa_environmental_barometer_shp.pdf

HydroWorld (2013): Update on status of technology research for the Alden fish-friendly hydro turbine. Available at: <http://www.hydroworld.com/articles/hr/print/volume-32/issue2/articles/development-status-of-the-aldden-fish-friendly-turbine.html>

Kumar, A., Schei, A., Ahenkorah, A., Caceres Rodriguez, R., Devernay, J.-m., Freitas, M., Hall, D., Killingtveit, A. & Liu, Z. (2012): Hydropower. In IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge.

Larinier, M. (2002): Location of fishways. Bulletin Francais de la Peche et de la Pisciculture 364 (Supplement); pp 39-53

N2K Group (2015): European Economic Interest Group; Guidance document on hydropower development and Natura 2000; 4th draft for CGBN comments

Pavlov, D.S., Mikheev V.N., Lupandin A.I. & Skorobogatov M.A. (2008): Ecological and behavioral influences on juvenile fish migrations in regulated rivers; a review of experimental and field studies. Hydrobiologia 609: pp 125 - 138

Schmutz, S. & Mielach, C. (2013): Measures for ensuring fish migration at transversal structures; ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River: https://www.icpdr.org/main/sites/default/files/nodes/documents/icpdr_fish_migration_final.pdf

Schwaiger, K. et al. (2013): Sustainable Hydropower Development in the Danube basin; Guiding Principles; ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River; <https://www.icpdr.org/main/activities-projects/hydropower>

Seifert, H.A. (2012): Praxishandbuch „Fischaufstiegsanlagen in Bayern“, on behalf of the Landesfischereiverband Bayern and the Bayerisches Landesamt für Umwelt: p 150

Steinmetz, M. & Sundqvist N. (2014): Environmental Impacts of Small Hydropower Plants – A Case Study of Borås Energi och Miljö's Hydropower Plants; Sweden

Woschutz, G., Eberstaller, J. & Schmutz, S. (2003): Richtlinie 1/2003: Mindestanforderungen bei der Überprüfung von Fischmigrationshilfen (FMH) und Bewertung der Funktionsfähigkeit. Unter Mitarbeit von Honsig – Erlenburg W., Jagsch A., Pinka P. und Zitek A. Herausgegeben vom Österreichischen Fischereiverband

Poveznice

Priručnici dostupni na internetu

Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Umweltschutz (2006): Checklist für Wasserkraftwerke bis 15 MW Engpassleistung aus naturschutzfachlicher Sicht; https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/umwelt/naturschutz/downloads/Checkliste_KWKW_final.pdf

BAFU (2012): Wiederherstellung der Fischauf- und abwanderung bei Wasserkraftwerken. Checkliste Best practice. Bundesamt für Umwelt BAFU, Schweiz: 79 p, <http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/01646/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,lnp6l0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpn02Yuq2Z6gpJCGfHx4fmym162dpYbUzd,Gpd6emK20z9aGodetmqaN19XI2ldvoaCVZ,s-.pdf>

BMLFUW (2012): Leitfaden zum Bau von Fischaufstiegshilfen, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien: 102 p. https://www.bmlfuw.gv.at/dam/jcr:ddc26978-eb6c-488a-bcec-16822a90a4b2/FAH%20Leitfaden_19_12_2012_final.pdf

Dumont, U., Anderer, P. & Schwevers, U. (2005): Handbuch Querbauwerke. Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein – Westfalen, Düsseldorf: 212 p., https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/Handbuch_Querbauwerke_2015.pdf

Eberstaller-Fleischanderl, D. & Eberstaller, J. (2014): „Flussbau und Ökologie. Flussbauliche Maßnahmen zur Erreichung des gewässerökologischen Zielzustandes“. River engineering and ecology. <http://www.ezb-fluss.at/388/publikation-flussbau-oekologie/>

Schwaiger, K. et al. (2013): Sustainable Hydropower Development in the Danube basin; Guiding Principles; ICPDR – International Commission for the Protection of the Danube River; <https://www.icpdr.org/main/activities-projects/hydropower>

U pripremi

Nacrt priručnika

N2K group (2015) – 4 th draft for CGBN comments - Guidance document on hydropower development and Natura 2000-Draft, https://circabc.europa.eu/sd/a/b194a383-8703-4dbc-a18f-e75407c9bd95/hydropower_guide_draft_consultation.pdf

Projekti i drugo

Digitaler Fischartenatlas von Deutschland und Österreich;

http://www.fischfauna-online.de/cms2.0/index.php?option=com_content&view=article&id=77&Itemid=93

Kleinwasserkraftwerke - negative Beeinflussung des ökologischen Fließwassersystems;

http://www.asv-koerrenzig.de/asv/index.php?option=com_content&task=view&id=28&Itemid=48

Ove smjernice izrađene su u okviru „Twinning Light“ projekta EU HR/2011/IB/EN/02 TWL „Jačanje stručnih znanja i tehničkih kapaciteta svih relevantnih ustanova za Ocjenu prihvatljivosti zahvata za ekološku mrežu (OPEM)“. Projekt su proveli Hrvatska agencija za okoliš i prirodu i Austrijska agencija za okoliš (Umweltbundesamt).

Smjernice se mogu preuzeti sa stranice www.dzzp.hr. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu.

Ova publikacija izrađena je uz pomoć Europske unije. Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost Hrvatske agencije za okoliš i prirodu i Austrijske agencije za okoliš (Umweltbundesamt) i ne odražava nužno gledišta Europske unije.



Više o projektu na www.dzzp.hr