

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
za gradbeništvo
in geodezijo

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



Univerzitetni študij gradbeništva,
Hidrotehniška smer

Kandidatka:

Urška Jakin

VPLIV EKOLOŠKO SPREJEMLJIVEGA PRETOKA NA POSLOVANJE MALIH HIDROELEKTRARN

Diplomska naloga št.: 3138

Mentor:
prof. dr. Franc Steinman

Somentor:
asist. mag. Sašo Šantl

Ljubljana, 2010

ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
----------------	------------------	---------	--------

IZJAVA O AVTORSTVU

Skladno s 27. členom Pravilnika o diplomskem delu UL Fakultete za gradbeništvo in geodezijo,

Podpisani/-a Urška Jakin izjavljam, da sem avtor/-ica diplomske naloge z naslovom:

Vpliv ekološko sprejemljivega pretoka na poslovanje malih hidroelektrarn.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Noben del tega zaključnega dela ni bil uporabljen za pridobitev strokovnega naziva ali druge strokovne kvalifikacije na tej ali na drugi univerzi ali izobraževalni inštituciji.

Ljubljana, 10.10.2010

(podpis kandidata/-ke)

IZJAVE O PREGLEDU NALOGE

Nalogo so si ogledali učitelji hidrotehnične smeri:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	004:532.5:627.8(043.2)
Avtor:	Urška Jakin
Mentor:	prof. dr. Franci Steinman
Somentor:	asist. mag. Sašo Šantl
Naslov:	Vpliv ekološko sprejemljivega pretoka na poslovanja malih hidroelektrarn
Obseg in oprema:	90 str., 11 pregl., 10 sl.
Ključne besede:	mala hidroelektrarna, ekološko sprejemljivi pretok, obnovljivi viri energije, programska oprema Smart Mini-Idro, hidroenergija, mHE Plužna, mHE Kneža

Izvleček

Diplomsko delo združuje ekološke, tehnične in ekonomske zahteve evropske in nacionalne zakonodaje s področja projektiranja malih hidroelektrarn.

V prvem delu diplomske naloge so prikazane teoretične osnove s področja proizvodnje hidroenergije iz mHE (malih hidroelektrarn). V teh so pojasnjena določila glede okoljskih ciljev, ciljev rabe obnovljivih virov energije, opisani so postopki pridobivanja dokumentacije za postavitev mHE v prostor ter pogoji gradnje in obratovanja mHE. Poseben poudarek je v tem delu namenjen določilom za izračun vrednosti Q_{es} (ekološko sprejemljivega pretoka).

V drugem delu diplomske naloge so obravnavane mHE s tehničnega vidika. Opredeljeni so hidrotehnični objekti in njihova vloga pri obratovanju mHE. Opisani so pogoji izbire strojne in električne opreme za mHE ter rešitve glede zagotavljanja Q_{es} .

V tretjem, ekonomskem delu diplomske naloge so podane ekonomske in finančne zahteve načrtovanja mHE. Opredeljeni so stroški posebne rabe vode, podana je ocena investicijske vrednosti takšnega projekta ter višine zagotavljenih odkupnih cen električne energije (za leto 2009).

Zadnji, praktični del diplomske naloge predstavlja dve mHE severne Primorske: mHE Plužna, ki obratuje od leta 1931 na vodotoku Gljun in mHE Kneža, ki je še v fazi pridobivanja dokumentacije za izgradnjo, na vodotoku Kneža. Opisane so značilnosti obeh vodotokov, opredeljene so tehnične karakteristike mHE, podani so rezultati ekonomsko-finančne analize in primerjava teh glede na različne vrednosti Q_{es} . Vrednosti Q_{es} so na eni strani poračunane na podlagi določil iz Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka, na drugi strani pa so te vrednosti izvzete iz študije, naročene s strani investitorja. Ekonomsko-finančna analiza je bila v obeh primerih mHE izvedena s pomočjo programa Smart Mini-Idro, napisanega v Microsoft Excel-u.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC:	004:532.5:627.8(043.2)
Author:	Urška Jakin
Supervisors:	Prof. Ph. D. Franci Steinman
Co-supervisor:	Assistant M. Sc. Sašo Šantl
Title:	Impact of ecologically acceptable flow on the feasibility of small hydropower plants
Notes:	90 str., 11 pregl., 10 sl.
Key words:	small hydropower plant, ecologically acceptable flow, Smart Mini-Idro software, hydropower, SHP Plužna, SHP Kneža

Abstract

The diploma thesis combines ecological, technical and economic requirements from European and national legislation for designing small hydropower plants.

The first part shows the theoretical basis in the field of power production from SHP (small hydropower plants). This basis contains environmental goals, the goals about increasing the use of renewable energy sources, descriptions of the procedures for obtaining documentation for the design and construction of SHP and the conditions about their construction and operation. Special emphasis in this part is devoted to the requirements for calculating the value of the EAF (Ecologically acceptable flow).

The second part describes SHP from a technical point of view. SHP facilities and their role in the operation of the SHP sistem are defined. This part also describes the conditions of choosing the appropriate mechanical and electrical equipment for SHP and solutions to provide EAF.

The third, economic part of diploma thesis provides economic and financial requirements for planning a SHP. This part defines the costs of special water use, the estimated investment value of such a project and the guaranteed purchase prices of electricity (for the year 2009).

The last, practical part presents two SHP from the northern part of Primorska region: SHP Plužna, operating since 1931 on the watercourse named Gljun and SHP Kneža, still in the process of acquiring documentation for construction, on the watercourse named Kneža. This part describes the natural features of the two brooks, defines the technical characteristics of the two SHP, and shows the results of economic and financial analysis. This part also shows the comparison of those analyses with different values of EAF. EAF values are once calculated regarding the regulation for determining the EAF (Degree on ecologically acceptable flow determination) and once taken from the study, ordered by the investor. Economic and financial analyses were done by Smart Mini-Idro, a program in Microsoft Excel.

ZAHVALA

Ob zaključku svojega obdobja študijskega življenja, bi se rada zahvalila svoji družini za spodbudo, razumevanje in finančno podporo. Zahvalila bi se tudi Tristanu, za vzpodbudo.

Iskreno se zahvaljujem mentorju prof. dr. Franciju Steinmanu in somentorju asist. mag. Sašu Šantlu, ker sta si vedno vzela čas za strokovno pomoč pri nastajanju moje diplomske naloge.

Zahvaljujem se še ga. Alidi Rejec in Aniti Makovec, iz družbe SENG d.o.o., za njuno prijaznost, razpoložljivost, nasvete, usmeritve in literaturo, ki mi je bila v pomoč med nastajanjem diplomske naloge.

Na koncu bi se rada zahvalila še prijateljem in sošolcem, s katerimi smo skupaj prehodili zahtevno, a vselej nepozabno študijsko pot.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	- 1 -
1.1	Voda kot naravna dobrina	- 1 -
1.2	Voda kot obnovljiv vir energije	- 2 -
1.3	Hydroenergija	- 5 -
2	POSTOPKI UMEŠČANJA HIDROENERGETSKE RABE	- 8 -
2.1	Splošna zavest ljudi.....	- 8 -
2.2	Predpisi	- 10 -
2.2.1	EU direktive	- 10 -
2.2.2	Nacionalna zakonodaja	- 13 -
2.2.2.1	Izhodišča za podelitev koncesije za rabo vode za proizvodnjo električne energije	- 15 -
2.2.2.2	Prostorsko načrtovanje.....	- 15 -
2.2.2.3	Projektiranje in gradnja.....	- 16 -
2.2.2.4	Obratovanje in proizvodnja električne energije.....	- 18 -
2.2.2.5	Spremljanje in nadzor	- 19 -
2.2.3	Določitev ekološko sprejemljivega potenciala	- 20 -
2.3	Tehnični del	- 26 -
2.3.1	Pomen mHE in vloga v hidroenergetski oskrbi.....	- 26 -
2.3.2	Tehnično izkoristljiv potencial	- 28 -
2.3.2.1	Hidrotehnični objekti mHE.....	- 30 -
2.3.2.2	Električne inštalacije mHE	- 41 -
2.3.2.3	Priključitev mHE na električno omrežje	- 42 -
2.3.2.4	Vzdrževanje mHE.....	- 42 -
2.3.2.5	Objekti za zagotavljanje <i>Qes</i>	- 43 -
2.3.2.6	Področje ohranjanja narave	- 44 -
2.3.2.7	Področje hidromorfologije	- 46 -
2.3.2.8	Okolju prijaznejše različice hidrotehničnih objektov in hidromehanska oprema mHE	- 48 -
2.4	Gospodarnost in finance.....	- 51 -
2.4.1	Stroški.....	- 51 -
2.4.1.1	Stroški vode kot naravnega vira	- 52 -
2.4.1.2	Investicijski stroški	- 53 -
2.4.2	Koristi	- 54 -
2.4.3	Investicijsko obdobje mHE.....	- 56 -

3	OBMOČJI PRIMEROV	- 57 -
3.1	MHE Plužna – 1. Primer	- 57 -
3.1.1	Okoljski pogoji	- 59 -
3.1.2	Določitev <i>Qes</i>	- 59 -
3.1.3	Tehnične značilnosti	- 62 -
3.1.4	Ekonomsko finančna analiza	- 67 -
3.2	MHE Kneža – 2. Primer	- 69 -
3.2.1	Ugotovitev potenciala	- 70 -
3.2.2	Okoljski pogoji	- 70 -
3.2.3	Določitev <i>Qes</i>	- 71 -
3.2.4	Tehnične značilnosti	- 73 -
3.2.5	Ekonomsko finančna analiza	- 75 -
4	SINTEZA	- 78 -
4.1	MHE Plužna	- 80 -
4.2	MHE Kneža	- 81 -
4.3	Analiza občutljivosti	- 83 -
5	ZAKLJUČEK	- 85 -
VIRI	- 86 -

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrednosti Q_{es} določene na podlagi Uredbe Q_{es} in na podlagi študije.....	- 78 -
Preglednica 2: Vrednosti povprečne proizvodnje električne energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve za mHE Plužna ($Q_{es} = 0,286$)	- 78 -
Preglednica 3: Vrednosti povprečne proizvodnje električne energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve za mHE Plužna ($Q_{es} = 0,150$)	- 79 -
Preglednica 4: Vrednosti povprečne proizvodnje električne energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve za mHE Kneža ($Q_{es} = 0,442$)	- 79 -
Preglednica 5: Vrednosti povprečne proizvodnje električne energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve za mHE Kneža ($Q_{es} = 0,220$)	- 79 -
Preglednica 6: Nove odkupne cene električne energije za mHE Plužna	- 80 -
Preglednica 7: Nove vrednosti povprečne proizvodnje energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve glede na spremenjene odkupne cene električne energije za mHE Plužna, s Q_{es} določenim na podlagi Uredbe Q_{es}	- 81 -
Preglednica 8: Vrednosti investicije in nove vrednosti investicije mHE Plužna.....	- 81 -
Preglednica 9: Današnje in nove odkupne cene električne energije za mHE Kneža.....	- 82 -
Preglednica 10: Nove vrednosti povprečne proizvodnje energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve glede na novo odkupno ceno električne energije.....	- 82 -
Preglednica 11: Vrednosti investicije in nove vrednosti investicije mHE Kneža	- 83 -

KAZALO SLIK

Slika 1: Diagram osnovnega postopka umeščanja hidroenergetske rabe.....	- 8 -
Slika 2: Splošni pogoji umeščanja hidroenergetske rabe	- 9 -
Slika 3: Osnovni postopek za pridobivanje vodne energije v Sloveniji.....	- 20 -
Slika 4: Delitev hidroenergetskega potenciala (shematični prikaz)	- 30 -
Slika 5: Bioregije celinskih voda in »velike reke« Slovenije (mHE Plužna).....	- 61 -
Slika 6: Diagram časa povrnitve investicije mHE Plužna ($Q_{es}=0,286 \text{ m}^3/\text{s}$).....	- 68 -
Slika 7: Diagram časa povrnitve investicije mHE Plužna ($Q_{es} = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$).....	- 69 -
Slika 8: Bioregije celinskih voda in »velike reke« Slovenije (mHE Kneža)	- 72 -
Slika 9: Diagram časa povrnitve investicije mHE Kneža ($Q_{es} = 0,442 \text{ m}^3/\text{s}$)	- 76 -
Slika 10: Diagram časa povrnitve investicije mHE Kneža ($Q_{es} = 0,220 \text{ m}^3/\text{s}$)	- 77 -

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
BAFF	Bio Acoustic Fish Fence
EAF	Ecologically acceptable flow
EEA	Evropska agencija za okolje
ESHA	European Small Hydropower Association
EU	Evropska unija
HE	hidroelektrarna
mHE	mala hidroelektrarna
MOP	Ministrstvo za okolje in prostor
NUV	Načrt upravljanja voda
SENG	Soške elektrarne Nova Gorica
SHP	small hydropower plant(s)
sQ_{np}	srednji mali pretok
sQ_s	srednji pretok
Uredba Qes	Uredbo o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka
Q_{es}	ekološko sprejemljivi pretok

1 UVOD

1.1 Voda kot naravna dobrina

Vodo kot nenadomestljivo naravno dobrino uvrščamo med temeljne življenjske potrebe, ker je od te odvisna kakovost našega bivanja in sploh obstoj življenja samega. Voda predstavlja nepogrešljivo naravno dobrino, življenjski prostor in vir številnih dejavnosti človeka. Dobra kakovost vode omogoča obstoj zdravih ekosistemov in vodi k večji naravni blaginji.

V vodni bilanci na Zemlji je po podatkih Lutre (Inštituta za ohranjanje naravne dediščine) sladke vode le 2,5 odstotkov, nam dostopne pa manj kot 1 odstotek, zato jo je potrebno izkoriščati preudarno. Nenehno kroženje te neprecenljive naravne danosti se odvija z izhlapevanjem v ozračje in vračanjem v obliki padavin spet na zemeljsko površje. Del se je nato porabi za življenjske združbe, del odteče v površinske tekoče in stoječe vode, del v podzemlje, nekaj je pa spet izhlapi. Vir je res obnovljiv a ni neomejen.

Raba vode se je v zgodovini človeštva spreminjala. Primarno jo je človek začel izkoriščati za osnovno življenjsko potrebo kot pitno vodo, kasneje z razvojem so vodo uporabljali še v druge namene kot npr. namakanje, transport dobrin, promet, pogon žag in mlinov, športne aktivnosti, energetske potrebe, itd..

Povprečna potreba količin pitne vode se z leti veča. Človek s svojim poseganjem v okolje, bodisi pri odvzemanju vode iz vodotoka bodisi z onesnaževanjem voda, vpliva na njeno kakovost. V današnjem svetu že mnoge dežele močno občutijo pomanjkanja pitne vode, zaradi večanja števila prebivalstva, klimatskih sprememb in dosedanje negospodarne rabe vode. V Evropi se, po podatkih EEA (Evropske agencije za okolje), 44 % odvzete vode uporabi za proizvodnjo energije, 24 % za kmetijstvo, 21 % za javno oskrbo z vodo in 11 % za industrijo. Vendar pa te številke prikrivajo precejšnje razlike v porabi vode po različnih sektorjih in v različnih regijah po celini. V južni Evropi se na primer v kmetijstvu porabi 60 % vse odvzete vode, ta odstotek pa se na nekaterih območjih poviša celo na 80 % (EEA, 2009).

V Evropi površinske vode, kot so jezera in reke, dajejo 81 % vse odvzete sladke vode in so prevladujoč vodni vir za industrijo, energijo in kmetijstvo. Nasprotno pa se javna oskrba z vodo opira predvsem na podtalnico, zaradi njene na splošno boljše kakovosti. Skoraj vsa voda, uporabljena za proizvodnjo energije, se vrne vodnemu telesu, medtem ko to za večino odvzete vode v kmetijstvu ne velja. Vse pogostejše nadomestilo za običajne vodne vire postaja razsoljevanje, zlasti v tistih regijah Evrope, kjer je razpoložljiva naravna poraba vode omejena. Pri ocenjevanju skupnega vpliva razsoljevanja na okolje pa je vendar treba upoštevati visoke energetske zahteve tega postopka in slanico, kot rezultat (EEA, 2009).



Voda (Hidropower)

1.2 Voda kot obnovljiv vir energije

Zaradi velikih podnebnih sprememb, ki se pojavljajo v zadnjem desetletju, so naravni viri energije sestavni del boja Evropske unije proti negospodarnemu izkoriščanju naravnih dobrin.

Naravni viri energije prispevajo k gospodarski rasti, širjenju novih delovnih mest ter večanju energetske varnosti z večjim obzirom do okolja.

Obnovljivi viri energije so naravni viri, katerih lastnosti človek izkorišča za pretvorbo v različne oblike njemu potrebne energije kot npr. toplota, svetloba, električna energija, mehansko delo itd. Velika prednost obnovljivih virov energije je v tem, da ni nevarnosti izrabe samega vira energije, ker se ta konstantno obnavlja, oz. pojavlja. Poleg tega so to čisti viri, zato imajo slabih vplivov na okolje relativno malo.

Med obnovljive vire energije spadajo (Društvo Zoja, 2009):

- Vodni tok v rekah ali potokih (hidroenergija)

Vodna energija predstavlja tretji največji vir električne energije v svetu, za premogom in nafto. Vodna energija je najpomembnejši obnovljiv vir energije, ki se uporablja v svetu. Hidroelektrarne (vodne elektrarne) so postroji, v katerih se potencialna energija vode pretvarja v električno energijo.

- Sončno sevanje

Sonce kot neizčrpen in čist vir energije nam lahko zagotovi pomemben del energije za naše potrebe. Sončna energija je skupen izraz za vrsto postopkov pridobivanja energije iz sončne svetlobe. Ima največjo gostoto moči med obnovljivimi viri energije. To je obnovljiva energija, ki ne onesnažuje okolja in je hkrati brezplačna. Vse te dobre lastnosti kažejo, da je sončno sevanje eden izmed virov energije prihodnosti.

- Veter

Veter spada med obnovljive vire energije, katerega izkoriščanje v namene proizvodnje električne energije ne sega daleč v zgodovino, temveč se je naraščanje zanesljivosti tehnologije pojavila v zadnjih par letih. Zato razvoj te tehnologije potrebuje finančno pomoč za dodelavo in študijo. Kljub temu obstoječe študije strokovnjakov dokazujejo, da je takšna vrsta proizvodnje na nekaterih območjih še vedno najcenejša energijska možnost. Njegova enostavnost delovanja in dejstvo, da je čas za izgradnjo kratek, dajeta tehnologiji velike prednosti.

- Fotosinteza s katero rastline gradijo biomaso

Biomasa zajema snovi rastlinskega izvora, ki jih lahko uporabimo za proizvodnjo energije. Na primer les, slama, hitrorastoče energijske rastline, ter bioplin in gorivo biodizel. Do leta 1700 je biomasa predstavljala glavni energetski vir, danes pa ostaja biomasa, glede na delež v strukturi svetovne oskrbe z energijo (s 14% deležem), naš najpomembnejši ne fosilni vir energije. V deželah v razvoju pa je biomasa pravzaprav še vedno primarni energetski vir in v nekaterih deželah pokrijejo z biomaso nad 80% potreb energije. V Evropi se delež močno spreminja glede na naravne danosti. V alpskih in nekaterih skandinavskih deželah je delež biomase v primarni oskrbi z energijo skoraj 20%, medtem ko je se evropsko povprečje giblje nekje med 2-5%.

- Zemeljski toplotni tokovi (Geotermalna energija)

Geotermalna energija je toplota, shranjena v zemeljski skorji. S pomočjo vode se prenaša na površje in predstavlja velikansko količino energije, katere uporaba je odvisna od porazdelitve temperature znotraj skorje, od razpoložljivosti vode za prenos toplote iz globin, od prenosa energije na površje in procesa, ki se na površju uporablja za izkoriščanje te toplote. Odkar se je tehnološki napredek dokopal do pomembnega zaključka, da je za izkoristek minimalna potrebna temperatura tekočine tudi že 10° in ne več 200°, je geotermalno energijo možno izkoriščati v številnih državah sveta.

EU (Evropska unija) stremi k povečanju deleža obnovljivih virov energije tako da bi ta dosegel vsaj 20% delež končne porabe energije do leta 2020. Glavni učinek izkoriščanja obnovljivih virov energije se kaže v zelo dobrem vplivu na podnebne razmere, stabilnosti pri dobavi energije ter dolgoročni gospodarski koristi. Z izpolnitvijo zgornjega cilja EU, bi bili doseženi pomembni rezultati (Urad Vlade Republike Slovenije za komuniciranje, 2010):

- zmanjšanje emisij CO₂ v višini 600 do 900 milijonov ton letno,
- zmanjšanje porabe fosilnih goriv za 200 do 300 milijonov ton letno,
- zmanjšanje odvisnosti EU od uvoženih fosilnih goriv ter s tem povečanje stabilnosti dobave energije v EU,
- večje spodbude za razvoj visoko-tehnoloških industrij z novimi gospodarskimi priložnostmi in delovnimi mesti.

V Sloveniji je bil po podatkih Evropske komisije iz leta 2008 delež OVE (obnovljivih virov energije) 16 %. Po predlogu Evropske komisije bi morala Slovenija ta delež do leta 2020 povečati na 25 %, kar predstavlja obveznost Republike Slovenije do zaveze EU, da bo delež OVE za isto obdobje v EU znašal 20 % (skupina HSE, 2010).



Obnovljivi viri energije (Portal Montažne hiše)

1.3 Hidroenergija

Voda je najpomembnejši obnovljiv vir energije in spada med prve naravne vire energije, ki se jih je človek naučil izkoriščati. Naši predniki so začeli z izkoriščanjem vodne energije že pred dvema tisočletjema za pogon mlinov, žag, črpalk in podobnih naprav. Napredek človeštva je vidno poskočil, ko so ljudje prišli do spoznanja, da lahko hidroenergijo pretvorijo v električno energijo in tako dosežejo novo kvaliteto življenja. Do današnjega časa se je izkoriščanje hidroenergije v energetske namene povečevalo in izpopolnjevalo do take mere, da lahko

danesh razpolagamo s hidro centralami moči od nekaj 100kW do nekaj 1000MW. Primarno izkoriščanje hidroenergije je v današnjem času namenjeno proizvodnji električne energije.

V primerjavi z drugimi državami sveta je Slovenija nadpovprečno vodnata. Zaradi neenakomerne razporejenosti padavin in raznolikosti odtočnih razmer se razpoložljivost vode spreminja na posameznih območjih, tako za oskrbo prebivalcev s pitno vodo, kot tudi za druge rabe.

Predpisi s področja voda določajo merila, pogoje in načine rabe vode ter izhodišča za določanje vrednosti vode. Cilj predpisov je spodbujanje trajnostne rabe voda v različne namene ob upoštevanju dolgoročnega varstva razpoložljivih vodnih virov in njihove kakovosti. Zato je raba voda potrebno načrtovati in izvajati tako, da se ne slabša stanja voda temveč se omogoča njeno izboljšanje.

Skladno z Zakonom o vodah je potrebno za rabo voda od leta 2004 pridobiti vodno dovoljenje. Posledično se je število vlog in kasneje tudi izdanih vodnih dovoljenj po podatkih Inštituta za vode RS (Republika Slovenija) skokovito povečalo. Do konca leta 2008 je vodno pravico za posebno rabo vode pridobilo okoli 40.000 pravnih in fizičnih oseb v RS. V letu 2008 je bilo izraženih največ potreb po rabi vode za tehnološke vode, vode za namakanje in vode za proizvodnjo električne energije. Ob upoštevanju razmerja med razpoložljivo vodo in željami po rabi voda je cilj rabe voda omogočiti rabo voda različnim sektorjem in zagotoviti, da bo pravica do rabe voda optimalno porazdeljena med vse pobudnike. Pri tem je treba slediti določilom Zakona o vodah in Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o vodah, kjer ima raba vode za oskrbo s pitno vodo prednost pred drugimi rabami voda (Pušnik, 2010).

Ena od pomembnih ekonomskih rab vode je tudi proizvodnja električne energije, ki zahteva gradnjo različnih objektov (za zajem vode, za transport vode, za pretvorbo kinetične energije v električno energijo, za izpust vode, ...).

Bistveni tipi HE (SENG d.o.o.):

- Pretočne HE: izkoriščajo veliko količino vode, ki ima relativno majhen padec. Reko se zajezi, ne ustvarja pa se zaloga vode.;
- Akumulacijske HE: izkoriščajo manjše količine vode, ki pa ima velik višinski padec. Pri teh elektrarnah akumuliramo vodo z nasipi ali s poplavitvijo dolin in sotesk;
- Pretočno-akumulacijske HE: so kombinacije prej omenjenih. Gradijo se v verigi, v kateri ima le prva elektrarna akumulacijsko jezero;
- Črpalne HE: v obdobjih nizke cene električne energije črpajo vodo iz nižje ležečega v višje ležeče akumulacijsko jezero. V obdobju visoke cene energije pa proizvajajo električno energijo z izkoriščanjem padca vode iz višje ležečega akumulacijskega jezera. Razlike v cenah električne energije na trgu so tolikšne, da se postopek takšnega shranjevanja energije ekonomsko izplača.

V nadaljevanju diplomskega dela bom opisala možnosti izkoriščanja vodnega potenciala slovenskih vodotokov za proizvodnjo električne energije z mHE (malimi hidroelektrarnami), kako sta urejeni evropska in nacionalna zakonodaja na tem področju, kakšne so tehnične zahteve mHE in kako se spreminja ekonomski vidik proizvodnje električne energije glede na uveljavitev novih zahtev varstva okolja v RS.



Hidroenergija (Gimnazija Vič: voda)

2 POSTOPKI UMEŠČANJA HIDROENERGETSKE RABE

Postopki umeščanja hidroenergetske rabe so praviloma zakomplicirani in dolgotrajni, ker morajo zaradi svojega poseganja v prostor (naravno okolje) ustrezati številnim pogojem iz okoljevarstvenega, tehničnega in ekonomskega vidika. Vodilo osnovnega postopka umeščanja hidroenergetske rabe je doseganje ciljev OVE.



Slika 1: Diagram osnovnega postopka umeščanja hidroenergetske rabe

Postopek umeščanja hidroenergetske rabe se po podelitvi koncesij nadaljuje s postopki projektiranja, gradnje in obratovanja mHE.

2.1 Splošna zavest ljudi

Spreminjanje naravnega okolja je praviloma zelo občutljiva tema, ki na splošno ne dopušča različnih mnenj. Skoraj brez izjem je vsak poseg v okolje obsojen negativno, ker s tem spreminjamo del naravne avtentičnosti, ki je v bodoče ni mogoče več povrniti. Poleg tega posledično spreminjamo kontinuiteto procesov na območju posega in njegovi okolici. Večina ljudi tako nasprotuje posegom in spreminjanjem naravnega okolja, kar je postalo v zadnjem času skorajda že modna muha. Ekologija, naravni izdelki in ohranjanje avtentičnosti naravnih

danosti brez vsakršnega onesnaževanja je postal moto današnjega časa, dokler se ni potrebno odpovedati udobju potratne tehnologije. Ko se soočita naravno okolje in prednosti tehnološkega sveta in bi se bilo potrebno, na račun naravnega odpovedati potratni tehnologiji in drugim aktivnostim, oz. bi bilo potrebno za enako kvaliteto življenja plačevati več, velika večina ljubezni do ohranjanja narave splahni. In bolj kot se izvajajo konkretne akcije okoljskih aktivnosti, predvsem take ki zahtevajo trud, kaj šele denar, manj so ljudje pripravljeni sodelovati.

Graditev mHE je poseg v okolje, ki kot vsak drug poseg okolje spreminja. Tehtanje ustreznosti posega mora vedno upoštevati tehnične, ekonomske in okoljevarstvene zahteve, zato je pred vsakim posegom v naravno okolje potrebno napraviti natančno analizo vplivov posega in posledice, ki jih ta prizanaša naravnemu okolju. Te pa morajo segati v meje sprejemljivosti. Pri tem je potrebno analizirati tudi prednosti, ki jih ponuja nov projekt, realizirati pa ideje, ki tehnologijo in varstvo narave povezujeta v skupno izhodišče z dolgoročnim dobrim sodelovanjem.



Slika 2: Splošni pogoji umeščanja hidroenergetske rabe

2.2 Predpisi

Postopki in pravila za rabo vode v energetske namene so pravno urejeni na različnih nivojih. Velja tako evropska zakonodaja, ki podaja pravila ravnanja in zahteve za rabo vode na splošno, kot nacionalna zakonodaja, ki poleg številnih določil zakonov podaja pravila rabe vode za energetske namene tudi s podzakonskimi akti (uredbe in pravilniki). Evropske direktive se prenašajo v slovensko nacionalno zakonodajo tako, da spreminjajo in dopolnjujejo nacionalno strategijo, predpise in zakone na področju varstva okolja in ohranjanja narave. Zakonodaja praviloma ureja javni interes ter pravice in dolžnosti posameznikov.

V nadaljevanju bom natančneje povzela vsebino, namene in cilje zakonov, uredb in predpisov, ki urejajo področje rabe voda, s poudarkom na določilih iz področja posebne rabe vode za proizvodnjo električne energije v mHE.

2.2.1 EU direktive

V Slovensko nacionalno zakonodajo se preko zakonov, uredb in pravilnikov prenašajo tri pomembnejše direktive Evropske skupnosti, ki bistveno vplivajo tudi na rabo voda:

- Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov (2009);
- Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst (2006);
- Evropska vodna direktiva (2000).

Namen Direktive o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov, ki sta jo Evropski parlament in Svet EU sprejela v aprilu leta 2009, je postaviti skupen okvir za spodbujanje proizvodnje energije iz OVE. Direktiva določa obvezne nacionalne splošne cilje in ukrepe za uporabo energije iz obnovljivih virov posamezne članice EU, ki so prikazani v spodnji preglednici.

Preglednica: Obvezni nacionalni splošni cilji za uporabo energije iz OVE posamezne članice EU (Povzeto po: Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov)

	Delež energije iz obnovljivih virov v končni bruto porabi energije za leto 2005 (S_{2005})	Cilj za delež energije iz obnovljivih virov v končni bruto porabi energije za leto 2020 (S_{2020})
Belgija	2,2 %	13 %
Bolgarija	9,4 %	16 %
Češka	6,1 %	13 %
Danska	17,0 %	30 %
Nemčija	5,8 %	18 %
Estonija	18,0 %	25 %
Irska	3,1 %	16 %
Grčija	6,9 %	18 %
Španija	8,7 %	20 %
Francija	10,3 %	23 %
Italija	5,2 %	17 %
Ciper	2,9 %	13 %
Latvija	32,6 %	40 %
Litva	15,0 %	23 %
Luksemburg	0,9 %	11 %
Madžarska	4,3 %	13 %
Malta	0,0 %	10 %
Nizozemska	2,4 %	14 %
Avsterija	23,3 %	34 %
Poljska	7,2 %	15 %
Portugalska	20,5 %	31 %
Romunija	17,8 %	24 %
Slovenija	16,0 %	25 %
Slovaška	6,7 %	14 %
Finska	28,5 %	38 %
Švedska	39,8 %	49 %
Združeno kraljestvo	1,3 %	15 %

Po podatkih zgornje preglednice, se mora delež energije iz OVE v Sloveniji povečati za približno 10% do leta 2020. Takšni cilji so skladni s ciljem najmanj 20 - odstotnega deleža obnovljivih virov energije v končni bruto porabi energije Evropske Skupnosti do leta 2020.

Za doseganje zgoraj podanih ciljev je vsaka država članica obvezujoča sprejeti nacionalni akcijski načrt za obnovljivo energijo, s katerim določi nacionalne cilje za doseg ciljev deleža energije iz obnovljivih virov, porabljene v elektroenergetiki, za ogrevanje in hlajenje ter promet do leta 2020.

Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst je bila sprejeta s strani Sveta Evropske skupnosti v maju leta 1992 (popr. 2006), ker se je na ozemlju držav EU stanje naravnih habitatov slabšalo in so številne prostoživeče vrste močno ogrožene še danes. Ker so habitati in prostoživeče vrste del naravne dediščine Evropske skupnosti in ker nekatere nevarnosti, ki jim grozijo, segajo že čez dopustne meje, je bilo potrebno sprejeti jasna določila, da se nevarnosti zmanjša, habitate in vrste pa ohrani.

Cilj Direktive o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst je vzpostaviti usklajeno evropsko ekološko omrežje posebnih ohranitvenih območij imenovano Natura 2000. Vsaka članica EU prispeva k vzpostavitvi Nature 2000 tako, da določi posebna ohranitvena območja na njenem ozemlju v skladu z določili direktive. Varovanje teh območij postane tako obveza za vsako državo članico EU.

Namen Evropske vodne direktive, sprejete v oktobru leta 2000, s strani Evropskega parlamenta in Sveta EU, je določiti skupne smernice za varstvo voda. Varstvo voda naj bi preprečevalo nadaljnjo slabšanje stanja vodnih ekosistemov in posledično vseh ekosistemov, katerim je za dobrobit potreben vodni vir. Cilj sprejete direktive je vzpodbujati trajnostno rabo vode, ki temelji na dolgoročnem varstvu razpoložljivih vodnih virov in izboljšanju stanja vodnega okolja.

Evropska vodna direktiva predvideva, da vsaka država članica EU za vodno območje na njenem ozemlju ali za del mednarodnega območja ki leži na njenem ozemlju izvede:

- analizo značilnosti območja,
- pregled vplivov delovanja človeka na stanje površinskih in podzemnih voda in
- ekonomsko analizo rabe vode.

Evropska vodna direktiva opredeljuje tudi povračila stroškov za rabo vode in sicer skladno z jasnim načelom »PPP« (povzročitelj plača posledice).

2.2.2 Nacionalna zakonodaja

Vode v RS so zakonsko opredeljene kot javno dobro. Zaradi tega je potrebno za posebno rabo vode, ki presega splošno rabo (npr. pitje, kopanje, požarno varnost, itd.) pridobiti vodno pravico. Vodno pravico je mogoče pridobiti na dva načina (odvisno od obsega in vrednosti komercialne uporabe):

- kot vodno dovoljenje ali,
- kot koncesijo.

Podeljevanje vodne pravice v RS je v pristojnosti Vlade, ureja jo Zakon o vodah (ZV-1) (2002, popr. 2008) (Šantl et al., 2010).

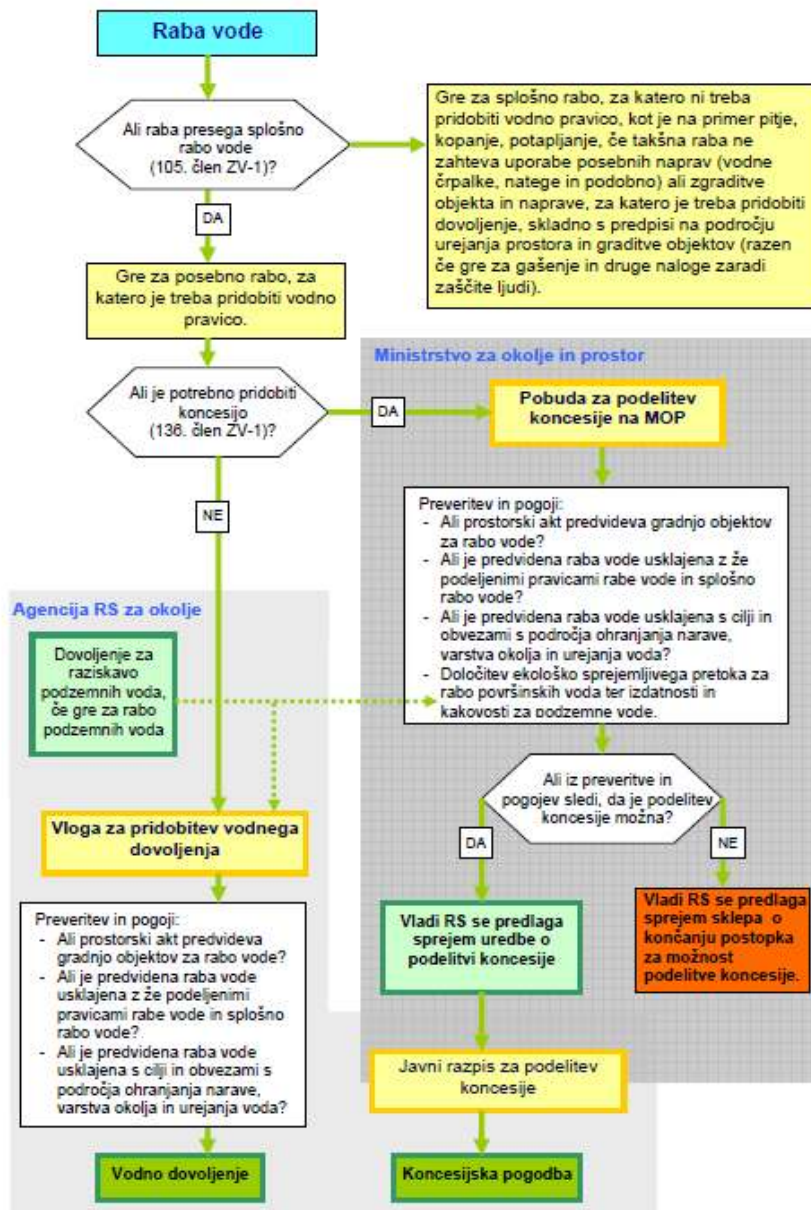
Vsebina Zakona o vodah sprejetega v juliju leta 2002, s strani Državnega zbora RS, zajema pravila upravljanja s celinskimi vodami, podzemnimi vodami, morjem ter obalnimi in priobalnimi zemljišči. Cilj zakona je doseganje dobrega stanja voda in z vodami povezanih ekosistemov ter vzpostaviti varstvo pred škodljivim delovanjem voda in spodbujati trajnostno rabo vode na različnih področjih, v skladu z evropsko zakonodajo.

Zakon o vodah določa, da je vsako rabo vode in vsak poseg v vode, vodna in priobalna zemljišča ter zemljišča na varstvenih in ogroženih območjih, ter kmetijska, gozdna in stavbna zemljišča treba vnaprej načrtovati in kasneje izvajati tako, da se ne slabša stanje voda. Vsaka raba vode po Zakonu o vodah, razen splošne rabe, terja plačilo pridobitve vodne pravice in vodnega povračila. Za onesnaževanje voda se plačuje taksa, skladno s predpisi o varstvu okolja.

Vsaka država članica z Nacionalnim programom upravljanja z vodami določa državno politiko upravljanja z vodami. Nacionalni program upravljanja z vodami vsebuje oceno stanja na področju upravljanja z vodami, cilje in usmeritve za varstvo voda, urejanje voda in njihovo trajnostno rabo, prioritete pri doseganju ciljev upravljanja z vodami, oceno potrebnih sredstev za izvedbo programa, roke za doseganje teh ciljev in usmeritve za izvajanje mednarodnih pogodb, ki se nanašajo na upravljanje z vodami.

Zakon o vodah določa, da je v primerih, ko gre za projekt proizvodnje električne energije v hidroelektrarnah, potrebno pridobiti koncesijo za rabo vode. Ta se dodeli v postopku javnega razpisa.

Oba postopka pridobitve vodne pravice oz. koncesije za rabo vode sta shematsko prikazana na sliki v nadaljevanju.



Odločitveno drevo za pridobitev Vodnega dovoljenja ali Koncesijske pogodbe
(Vlada RS:MOP)

Proces se začne s pobudo zainteresirane stranke in ob zagotovljenem osnovnem pogoju, da ustrezen prostorski akt predvideva in določa gradnjo objektov za proizvodnjo električne energije. Eden bistvenih dokumentov, ki je bil že prehodno omenjen in ga je treba upoštevati pri načrtovanju rabe prostora za rabo voda je NUV (Načrt upravljanja voda), ki neposredno ureja tudi rabo voda (Šantl et. al., 2010).

V nadaljevanju diplomske naloge bom predstavila glavne faze postopka za proizvodjanje vodne energije.

2.2.2.1 Izhodišča za podelitev koncesije za rabo vode za proizvodnjo električne energije

Pogoja za začetek postopka podelitve koncesije sta dva. Prvi pogoj se nanaša na NUV iz katerega mora izhajati, da količina in kakovost vodnega ali morskega dobra oz. naplavin, dovoljujeta nameravano rabo vode, ta pa mora biti skladna z načelom trajnostne rabe voda.

Vlada RS se je odločila sprejeti dva NUV, enega ki bo urejal porečja Donavskega povodja in drugega, ki bo urejal porečja Jadranskega povodja. Načrta sta še v fazi pridobivanja mnenj in pripomb javnosti.

Ker je za gradnjo mHE potrebno pridobiti gradbeno dovoljenje, se drugi pogoj za začetek postopka podelitve koncesije nanaša na Prostorski akt (državni in lokalni). Ta določa in pogojuje možnost gradnje objektov za proizvodnjo električne energije (Šantl et al., 2010).

2.2.2.2 Prostorsko načrtovanje

Pristojna za urejanje tega področja sta MOP (oz. RS) ter občine. MOP z Državnim prostorskim načrtom in občine z Občinskim prostorskim načrtom, ali v primeru vključenosti več občin - Regionalnim prostorskim načrtom, določajo izhodiščne pogoje, katere je potrebno upoštevati v postopku prostorskega načrtovanja rabe voda in zemljišč za proizvodnjo električne energije. Pri tem je nujno usklajevanje ciljev, pogojev in smernic z odločilnimi interesnimi skupinami: okolje, kmetijstvo in gozdarstvo, deležniki, že obstoječi imetniki vodne pravice, ter drugi pristojni organi (promet, turizem,...) (Šantl et. al., 2010).

Zakon o varstvu okolja (2006) predpisuje izdelavo Celovite presoje vplivov na okolje v primeru, da je instalirana moč mHE večja od 1 MW oz. v primeru, da je volumen akumulacije mHE večji od 10000 m³. Skladno z določili Zakona o ohranjanju narave (2004) je Celovita presoja vplivov na okolje potrebna tudi v primeru, ko se obravnavano območje nahaja znotraj varstvenih območij, določenih s področja ohranjanja narave.

Energetski zakon (2007) zahteva pridobitev Energetskega dovoljenja v primeru, ko je inštalirana kapaciteta mHE večja od 1 MW in je priključena na energetska omrežje.

Bistvena zakonodaja s tega področja:

- Zakon o vodah
- Zakon o prostorskem načrtovanju;
- Zakon o varstvu okolja;
- Zakon o ohranjanju narave;
- Energetski zakon.

2.2.2.3 Projektiranje in gradnja

MHE se prištevajo med zahtevne ali manj zahtevne objekte. Za izgradnjo mHE je potrebno pridobiti gradbeno dovoljenje, izda ga območna upravna enota, ki spada pod Ministrstvo za javno upravo.

Osnovne zahteve za pridobitev gradbenega dovoljenja so pridobitev projektne in tehnične dokumentacije, izdelane v skladu s Pravilnikom o projektni dokumentaciji. V primeru da gre za zahtevni objekt je obvezna tudi revizija tehnične in projektne dokumentacije. Osnovna merila za določanje zahtevnosti objekta na področju gradnje hidroelektrarn so:

- ali je potrebna presoja vplivov na okolje,
- ali so energetska vodi pod napetostjo 110 kV ali več,
- ali je jez oz. pregrada višja od 10 m in ali je dolžina krone daljša od 250 m v primeru zemeljske pregrade oz. 50 m v primeru betonske pregrade, oz. 300 m v primeru jez, in
- ali se objekti načrtujejo z izvedbo globokega temeljenja.

V sklopu projektiranja je treba, v skladu s predpisi s področja okolja, izvesti tudi presojo vplivov na okolje v primeru, ko je volumen akumulacije mHE večji od 10.000 m³ oz., ko je kapaciteta hidroenergetskega objekta večja od 1MW.

V osnovne zahteve za pridobitev gradbenega dovoljenja spada tudi pridobitev vseh soglasij, ki so definirani s pogoji za pripravo projektne dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja in so določena v ustreznih dokumentih prostorskega načrtovanja.

Gradbeno dovoljenje lahko določa tudi izvajanje obratovalnega monitoringa parametrov. Določila in zahteve za izvajanje obratovalnega monitoringa določenih parametrov urejajo različni predpisi, ki se navadno nanašajo na področje doseganja okoljskih ciljev. Tako Uredba o kriterijih za določitev ter o načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (2009) zahteva obratovalni monitoring ekološko sprejemljivega pretoka za proizvodnjo električne energije. V takem primeru se pred izdajo Uporabnega dovoljenja izvede poskusno obratovanje zato, da se preveri pravilna izvedba in obratovanje objektov glede okoljskih ciljev (Šantl et al., 2010).

Pri gradnji mHE je treba upoštevati pravila o gradbiščih iz Pravilnika o gradbiščih, ki določa označevanje in upravljanje gradbišča, vsebino in način poročanja o napredovanju projekta ter nadzoru gradnje. Upoštevati je potrebno tudi zakonodajo s področja Varstva pri delu in zagotoviti nadzor gradnje.

Po končani gradnji se izvede tehnični pregled, na podlagi katerega se izda Uporabno dovoljenje, kot odločba s strani območne upravne enote.

Za izdajo Uporabnega dovoljenja je potrebno predložiti vsaj naslednjo dokumentacijo:

- Dokumentacija o zaključnih delih;
- Načrt opazovanja območja z umeščeno novogradnjo (po končani gradnji);
- Dokazilo o zanesljivosti objekta;
- Navodila za delovanje in vzdrževanje objekta.

Zakonodaja s tega področja:

- Zakon o graditvi objektov z spremljajočimi podzakonskimi akti:
 - Uredba o vrstah objektov glede na zahtevnost;
 - Pravilnik o projektni dokumentaciji;
 - Pravilnik o gradbiščih.
- Zakon o varstvu okolja – področje izdelave presoje vplivov na okolje z spremljajočim podzakonskim aktom:
 - Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je treba izvesti presojo vplivov na okolje.

2.2.2.4 Obratovanje in proizvodnja električne energije

Zakonodaja s tega področja:

- Energetski zakon z spremljajočimi podzakonskimi akti:
 - Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz OVE;
 - Uredba o pogojih za pridobitev statusa kvalificiranega proizvajalca električne energije.

Z Energetskim zakonom ki ga je sprejel Državni zbor RS v marcu, leta 2007, se v nacionalno zakonodajo prenašajo številne evropske direktive, ki določajo pravila delovanja trga z električno energijo. Energetski zakon ureja izdajanje licenc in energetskih dovoljenj ter predpisuje pogoje za varno in zanesljivo oskrbo uporabnikov z energetskimi storitvami po tržnih načelih, načelih trajnostnega razvoja ob upoštevanju učinkovite rabe energije, gospodarne izrabe obnovljivih virov energije ter pogojev varovanja okolja.

Proizvodnja električne energije, njen transport po omrežju, dobava, organiziranje trga z električno energijo, ter trgovanje, zastopanje in posredovanje na trgu z električno energijo spadajo med tržne energetske dejavnosti, za katere je skladno z Energetskim zakonom potrebno pridobiti vrsto licenc:

- licenco za proizvodnjo električne energije nad 1 MW v posamezni elektrarni,
- licenco za transport energije in goriv po omrežjih,
- licenco za dobavo električne energije,
- licenco za organiziranje trga z električno energijo in

- licenco za zastopanje in posredovanje na trgu z električno energijo.

Energetski zakon dovoljuje, da proizvajalec električne energije, ki energijo proizvaja iz obnovljivih virov, lahko zahteva pridobitev potrdila o izvoru električne energije, v katerem morajo biti navedeni vir energije, datum in kraj proizvodnje ter zmogljivost elektrarne.

2.2.2.5 Spremljanje in nadzor

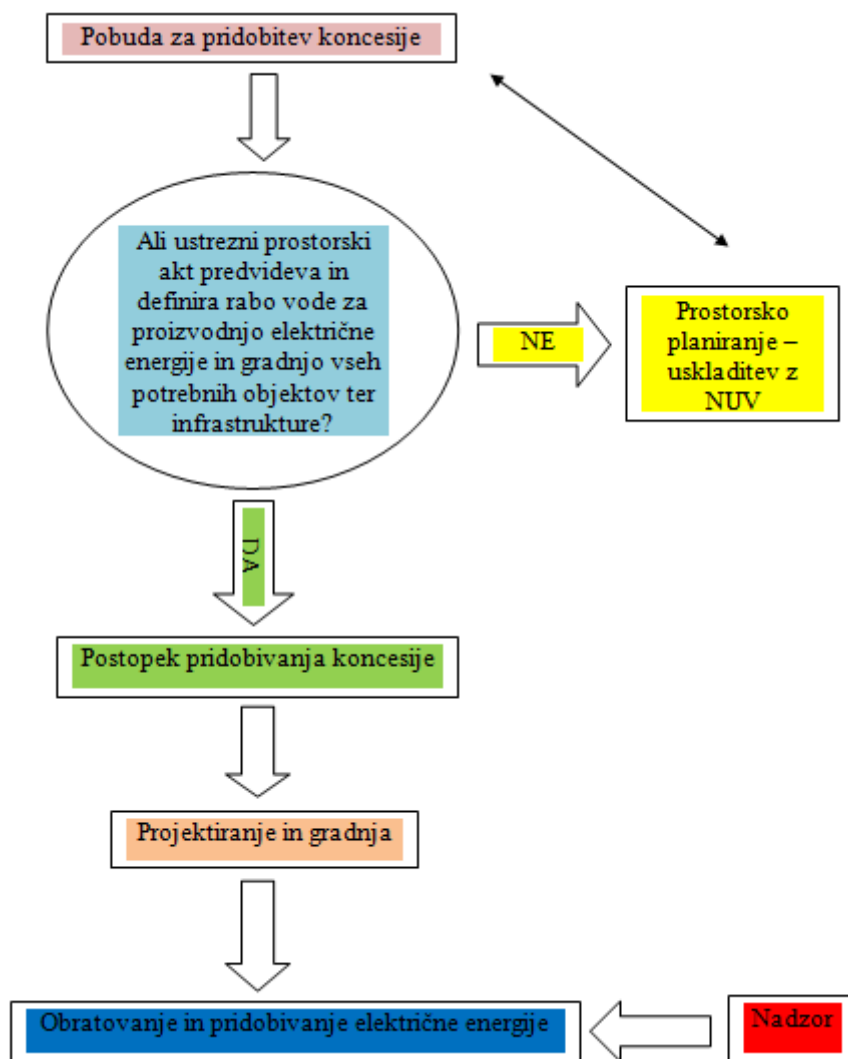
Zakonodaja s tega področja:

- Zakon o vodah s spremljajočimi bistvenimi podzakonskimi akti:
 - Uredba o koncesiji za rabo vode;
 - Uredba o vodnih povračilih z vsakoletnimi sklepi vlade RS.

Zakon o vodah določa, da mora koncesionar izdelati Poslovnik za obratovanje in vzdrževanje vodne naprave ali objekta.

Vodna povračila in plačilo za vodno pravico (koncesnino) spadajo skladno z Zakonom o vodah v neposredna sredstva Vodnega Sklada, ki je finančni vir za področje upravljanja z vodami. Koncesijska dajatev se skladno z Uredbo o podeljevanju koncesij praviloma deli na polovico med Vodnim skladom in občinskim proračunom zadevne občine. Možna je tudi drugačna delitev koncesijske dajatve v primeru, ko je to določeno z uredbo o koncesiji.

Koncesijo za rabo vode se praviloma podeli za obdobje 30-ih let (50 let predstavlja zgornjo mejo). Predčasen odvzem koncesije pa je možen zaradi različnih vzrokov, kot npr. nespoštovanje določb koncesijske pogodbe oz. v primeru nezmožnosti izvajanja koncesije.



Slika 3: Osnovni postopek za pridobivanje vodne energije v Sloveniji

2.2.3 Določitev ekološko sprejemljivega potenciala

Izdaja koncesij v RS za posebno rabo vode, zaradi uveljavljanja nove zakonodaje s področja varstva okolja, zahteva določitev Q_{es} (ekološko sprejemljivega pretoka). Q_{es} je definiran kot tista količina vode v vodotoku, ki zagotavlja ohranitev ekološkega ravnovesja v in ob vodotoku. Zavest o okolju narašča, odvzemi vode iz vodotokov so deležni vedno več kritik, a s strokovno določenim Q_{es} , večji del kritik in dilem s tega področja odpade (Smolar-Žvanut et al., 2008).

Po svetu se uporablja različne načine določanja Q_{es} . Z Uredbo o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka (2009), ki jo je vlada RS predpisala na podlagi 71. člena Zakona o vodah, so določena izhodišča in kriteriji za določitev Q_{es} . Ker Q_{es} , določen na podlagi nove uredbe, znatno omejuje odvzem vode iz vodotoka, bom v nadaljevanju diplomskega dela določila »Uredbe Q_{es} « (Uredbe o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka) podrobneje opisala, posledice določil pa analizirala na dveh konkretnih primerih mHE.

Uredba Q_{es} je razdeljena na šest delov: splošne določbe, kriteriji za določitev ekološko sprejemljivega pretoka, način spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka, nadzor, kazenske določbe ter predhodne in končne določbe.

Prvi del zajema splošne določbe, kjer se konkretizira predvsem uporaba predpisane uredbe in sicer v primerih posebne rabe površinske vode, ki lahko povzroči zmanjšanje pretoka vode, znižanje gladine vode ali poslabšanje stanja voda.

Drugi del Uredbe Q_{es} zajema kriterije za določitev ekološko sprejemljivega pretoka. Glavni parametri, ki vplivajo na vrednost Q_{es} so: hidrološka izhodišča, značilnosti odvzema vode, hidrološke, hidromorfološke in biološke značilnosti vodotoka ter podatki o varstvenih režimih. Hidrološka izhodišča predstavljajo vrednosti sQ_{np} (srednjega malega pretoka) in sQ_s (srednjega pretoka) na mestu odvzema. Srednji mali pretok na mestu odvzema je z Uredbo Q_{es} definiran kot aritmetično povprečje najnižjih letnih vrednosti srednjega dnevnega pretoka na mestu odvzema v daljšem opazovalnem obdobju. Vrednost srednjega malega pretoka se skladno z Uredbo Q_{es} izračuna z naslednjim izrazom:

$$sQ_{np} = \sum_{i=1}^N Q_{np,i} / N \quad (1)$$

pri čemer je:

sQ_{np} srednji mali pretok [m^3/s],

$Q_{np,i}$ najmanjši srednji dnevni pretok v i -tem koledarskem letu [m^3/s] in

N število let v opazovalnem obdobju, običajno zadnjih 30 let.

Srednji pretok na mestu odvzema je z Uredbo Qes definiran kot aritmetično povprečje srednjih letnih vrednosti pretoka, na analiziranemu mestu, v daljšem časovnem obdobju. Vrednost srednjega pretoka se skladno z Uredbo Qes izračuna z naslednjim izrazom:

$$sQs = \sum_{i=1}^N Qs,i / N \quad (2)$$

pri čemer je:

sQs srednji pretok [m^3/s],

Qs,i srednji letni pretok v i -tem koledarskem letu [m^3/s] in

N število let v opazovalnem obdobju, običajno zadnjih 30 let.

Vrednosti $sQnp$ in sQs so enostavno dostopne iz podatkov državnega hidrološkega monitoringa, ki ga izvaja ARSO (Agencija Republike Slovenije za okolje). V primeru, ko podatki za obravnavano območje ne obstajajo, je potrebno izdelati oceno vrednosti $sQnp$ in sQs na mestu, kjer je potrebno zagotavljati Qes (na stroške pobudnika), z upoštevanjem naslednjih parametrov: razmerja pretokov in velikosti prispevnih površin, hidrološko podobnega povodja ter vodotoka iz iste skupine ekoloških tipov vodotokov.

V nadaljevanju Uredbe Qes je podano razmerje med Qes in $sQnp$ z naslednjim izrazom:

$$Qes = f \cdot sQnp \quad (3)$$

pri čemer je:

f ... faktor, odvisen od ekološkega tipa vodotoka ki kaže občutljivost vodotoka, tip odvzema (povraten, nepovraten, dolg, točkovni), obdobja odvzema, velikosti prispevne površine ter razmerje med srednjim in srednje malim pretokom na mestu odvzema. Vrednosti faktorja so podane v spodnjih preglednicah.

Vrednosti faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka pri nepovratnem odvzemu so podane v spodnji preglednici (Povzeto po: Uredba Qes):

Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	< 10 km ²	10–100 km ²	100–1.000 km ²	1.000–2.500 km ² in sQs < 50 m ³ /s	> 2.500 km ² ali sQs > 50 m ³ /s
Majhen odzem celo leto ali velik odzem v sušnem obdobju					
1 ⁽¹⁾	1,5	1,5	1,2	1,0	
2 ⁽¹⁾	1,5	1,2	1,0	1,0	
3	1,2	1,0	0,8		
4					0,8
Velik odzem v vodnatem obdobju					
1 ⁽¹⁾	2,4	2,4	1,9	1,6	
2 ⁽¹⁾	2,4	1,9	1,6	1,6	
3	1,9	1,6	1,3		
4					1,3

Vrednosti faktorja f za izračun ekološko sprejemljivega pretoka pri povratnem odvzemu so podane v spodnji preglednici (Povzeto po: Uredba Qes):

Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	< 10 km ²	10–100 km ²	100–1.000 km ²	1.000–2.500 km ² in sQs < 50 m ³ /s	> 2.500 km ² ali sQs > 50 m ³ /s
Točkoven odzem					
1 ⁽¹⁾	0,7	0,7	0,5	0,4	
2 ⁽¹⁾	0,7	0,5	0,4	0,4	
3	0,5	0,4	0,3		
4					0,3
Kratek odzem celo leto ali dolg odzem v sušnem obdobju					
1 ⁽¹⁾	1,2	1,2	1,0	0,8	
2 ⁽¹⁾	1,2	1,0	0,8	0,8	
3	1,0	0,8	0,7		
4					0,7
Dolg odzem v vodnatem obdobju					
1 ⁽¹⁾	1,9	1,9	1,6	1,3	
2 ⁽¹⁾	1,9	1,6	1,3	1,3	
3	1,6	1,3	1,1		
4					1,1

V obeh primerih (povratnega ali nepovratnega odvzema), se faktor f pomnoži z 1,6, ko je razmerje med srednjim pretokom in srednjim malim pretokom večje od 20.

Občutljivost vodotoka na odvzemanje vode se upošteva z razvrstitvijo vodotokov v skupine ekoloških tipov vodotokov, ki so določeni v skladu s predpisi, ki urejajo stanje površinskih

voda glede na hidrološke, hidravlične in biološke značilnosti. Ekološki tipi vodotokov so za potrebe določanja Q_{es} razvrščeni v 4 skupine glede na njihovo občutljivost za odvzemanje vode. Znotraj posamezne skupine se občutljivost vodotokov spreminja tudi glede na velikost vodotoka in sicer so najbolj občutljivi manjši vodotoki (z zelo majhnimi prispevnimi površinami – pod 10 km^2), najmanj občutljive pa so velike reke. Za skupini ekoloških tipov vodotokov 1 in 2, kamor so razvrščeni najbolj občutljivi vodotoki, se pri določanju Q_{es} upošteva tudi razmerje med sQ_s in sQ_{np} .

Razvrstitev vodotokov v skupine glede na občutljivost odvzemanja vode so prikazane v spodnji preglednici (Povzeto po: Uredba Q_{es}):

Skupina ekoloških tipov ⁽¹⁾	Ekoregija	Bioregija	Ekološki tip vodotoka ⁽²⁾
1	3	Spodnja vipavska dolina in Brda	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Panonska gričevja in ravnine	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Krško-brežiška kotlina	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Obalna gričevja	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem	vsi ekološki tipi v bioregiji
2	4	Predalpska hribovja-donavsko porečje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Predalpska hribovja-jadransko povodje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Preddinarska hribovja in ravnine	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Dinarski kras	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranski kras	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranska hribovja s površinskim odtokom	vsi ekološki tipi v bioregiji
3	4	Karbonatne Alpe-donavsko porečje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Silikatne Alpe	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Karbonatne Alpe-jadransko povodje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Dinarska hribovja	vsi ekološki tipi v bioregiji
4		Velike reke	vsi ekološki tipi v bioregiji

Močan vpliv pri določitvi vrednosti Q_{es} ima mnenje organizacije pristojne za ribištvo v primeru, ko je to potrebno zaradi zagotavljanja prehoda rib preko grajenih objektov v vseh letnih obdobjih. Q_{es} se lahko spremeni tudi na predlog organizacije, pristojne za ohranjanje narave, če je to potrebno zaradi preprečevanja uničujočega vpliva na naravovarstvene cilje, kar je v skladu s predpisi o ohranjanju narave ali naravne vrednote.

Pri že podeljenih vodnih pravicah, ki imajo določen minimalni pretok oz. Q_{es} , se ta v skladu z Uredbo Qes ohrani tudi v naprej. Pri tem se upošteva vrednosti Q_{es} , določene v pravnomočnem vodnem dovoljenju, koncesijskem aktu, koncesijski pogodbi, ali tudi v projektni dokumentaciji, ki je bila podlaga za pravnomočno Gradbeno ali Uporabno dovoljenje. Pri podeljenih vodnih pravicah, ki nimajo določenega Q_{es} , se ta določi v skladu z Uredbo Qes, pri tem pa se v posebnih primerih upošteva tudi vpliv določitve Q_{es} na obstoječo proizvodnjo. Tako se Q_{es} v posebnih primerih lahko zmanjša, da se ohrani ustrezen obseg proizvodnje, vendar najmanj do vrednosti, ki je predpisana za posebne primere.

Posebni primeri, kjer se upoštevajo dejanske razmere so, po Uredbi Qes, naslednji: proizvodnja električne energije v mHE, vzreja rib v ribogojnicah, oskrba s pitno vodo in nadgradnja mHE z dvigom kote gorvodne gladine vode.

Uredba Qes dovoljuje tudi, da vlagatelj vloge za vodno pravico oz. imetnik vodne pravice predlaga drugačno določitev Q_{es} , ob predložitvi študije, ki utemeljuje drugačno vrednost Q_{es} . Študija mora ustrezati minimalnim zahtevam, podanim v prilogi Uredbe Qes in mora vključevati vse potrebne elemente v dokaz, da je Q_{es} lahko tudi nižji od vrednosti, določene po formuli, ob upoštevanju podanih faktorjev. Študijo in ekspertno mnenje o vrednosti Q_{es} mora potrditi Inštitut za vode RS.

Tretji del Uredbe Qes določa način spremljanja in poročanja Q_{es} tako, da predpisuje obveznost oblikovanja odzemnih objektov na način, da do odvzema vode na območju posebne rabe ne pride, ko je na tem mestu dejanski pretok manjši od predpisanega Q_{es} . Kadar takšno oblikovanje odzemnih objektov ni možno, se mora skladno z določili Uredbe Qes izvajati spremljanje predpisanih parametrov, na podlagi katerih se lahko ugotovi, da v času

trajanja pretoka, nižjega od vrednosti ekološko sprejemljivega pretoka, ni prišlo do odvzema vode.

Uredba Qes predpisuje tudi načine poročanja vrednosti Q_{es} , ki poteka na poziv pristojnega organa za upravljanje voda ali pristojne inšpekcijske službe, ter nadzor nad zagotavljanjem in spremljanjem Q_{es} .

2.3 Tehnični del

2.3.1 Pomen mHE in vloga v hidroenergetski oskrbi

mHE so predhodno nastale iz organizacijskih potreb narodne obrambe. Takšni viri energije so zaradi njihove razpršenosti zagotavljali zalogo energije v primeru izpada elektroenergetske napeljave. Danes male vodne elektrarne prispevajo k boljši oskrbi z energijo in predstavljajo popolnejšo obliko rabe naravnih virov. Pomenijo obliko drobne gospodarske dejavnosti, ki pospešuje razvoj malega podjetništva, hkrati pa kot razpršena oblika pridobivanja energije mHE, širijo zavest o pomembnosti racionalne proizvodnje in rabe energije. MHE proizvajajo »čisto energijo« iz obnovljivih virov ter tako zmanjšujejo potrebe po uporabi manj čistih virov energije. Ker so razpršene po prostoru, delujejo tudi proti koncentraciji gospodarskih dejavnosti v mestih in s tem prispevajo k enakomernejši poseljenosti slovenskega prostora.

Osnovna delitev HE (hidroelektrarn) se v EU opredeljuje glede na inštalirano moč hidroelektrarne.

Delitev HE glede na moč:

- Velike HE (nad 100 MW);
- Srednje HE (od 10 do 100 MW);
- Male HE (do 10 MW).

Zgornja meja za mHE se razlikuje od države do države (od 1,5 MW (Švedska) do 25 MW (Kitajska)), vendar se v zadnjem času uveljavlja vrednost 10 MW kot splošno priznana zgornja meja, ki jo uporablja tudi Evropsko združenje za mHE (ESHA (European Small Hydropower Association), 2010).

Delitev mHE glede na moč:

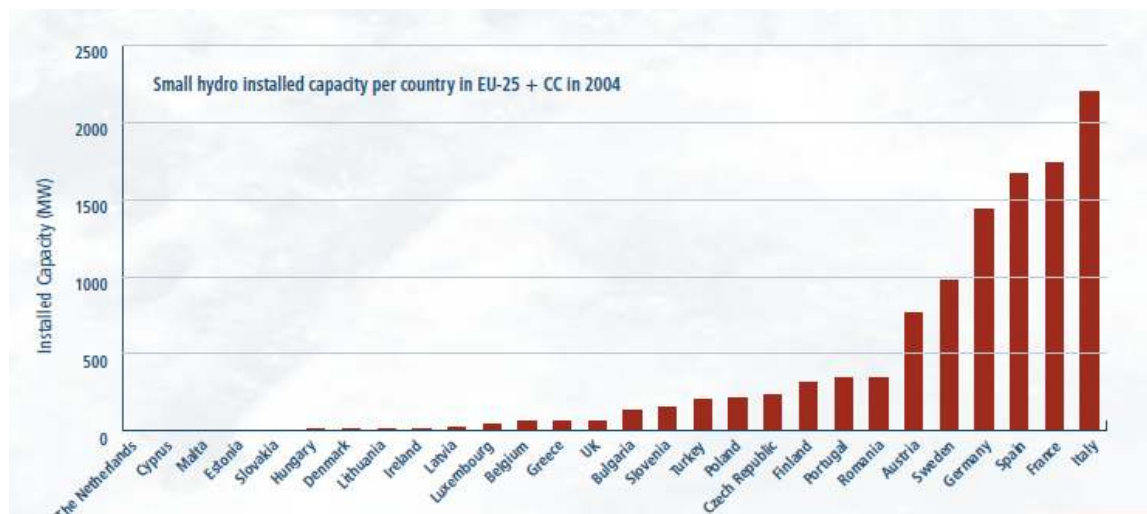
- Mikro HE (do 100 kW moči),
- Mini HE (od 100kW do 1 MW moči) in
- Male HE (od 1MW do 10 MW moči).

Prednosti mHE:

- ne onesnažujejo okolja,
- izkoriščanje obnovljivih virov energije in tako omogoča prihranek fosilnih goriv,
- ne zahtevajo gradnje infrastrukturnih objektov,
- povečujejo kvaliteto elektroenergetskega sistema tako da izboljšujejo napetostne razmere elektroenergetskega omrežja in zmanjšujejo izgube električne energije v omrežju,
- z ustrezno opremo povečujejo zanesljivost napajanja regionalnih porabnikov pri redukcijah, razpadih elektroenergetskega sistema in ob naravnih nesrečah z možnostjo otočnega obratovanja,
- življenjska doba takega objekta je zelo dolga, do 100 let in več,
- gradbeno opremo izdelujejo domači proizvajalci in
- prispevajo k razvoju odročnih krajev in podeželja.

Zgoraj podane lastnosti veljajo za objekte, grajene v skladu s predpisi in strokovnimi zahtevami glede kvalitete, okoljevarstvenih zahtev, prostorskih zahtev ter zahtev glede priključitve na javno distribucijsko omrežje.

V EU imajo mHE skupno instalirano moč nekaj manj kot 11.700 MW (do leta 2005). Vodilna država v EU na področju proizvodnje električne energije iz mHE je Italija z 2.592 MW, sledijo ji Francija z 2.040 MW, Španija z 1.788 MW, Nemčija z 1.584 MW, Avstrija z 994 MW in Švedska z 823 MW. Njihova skupna instalirana kapaciteta predstavlja okrog 84% celotne kapacitete držav EU.



Inštalirana moč mHE v EU-25 (države, ki so bile članice EU po 1. Maju 2004) in CC (države kandidatke 2005), 2004 (ESHA: State of the art of small hydropower in EU-25, 2004)

Slovenija se je z 143,3 MW (v letu 2005) uvrstila na 13. mesto pri proizvodnji električne energije iz mHE v EU.

V današnjem času v Sloveniji obratuje preko 399 mHE v javni in zasebni lasti. Skupna moč znaša po podatkih Holdinga slovenskih elektrarn približno 90 MW s približno letno proizvodnjo 290 GWh. Delež povprečne letne proizvodnje električne energije iz mHE glede na HE (3200 GWh/leto) je ocenjen na slabih 10%. Razpoložljivega potenciala je še za 180 MW, z ocenjeno letno proizvodnjo okoli 500 GWh (Skupina HSE, 2010), ki pa je pod velikim vprašajem z upoštevanjem veljavnega načina določanja Q_{es} v Sloveniji.

2.3.2 Tehnično izkoristljiv potencial

Energija se v vsakem vodotoku neprestano sprošča zaradi padca pri pretoku vode v strugi. Moč vodotoka na določenem odseku oziroma teoretični hidroenergetski potencial pa se lahko oceni s pomočjo naslednjega izraza (Jerkovič, 1996):

$$P = 9,81 \cdot Q \cdot H \quad (4)$$

pri čemer je:

Q pretok vode [m^3/s]

H padec vode na izbranem odseku [m]

P moč vode na odseku s pretokom Q in padcem H [kW]

Podan izračun je izhodiščni izračun, ki se za posamezne objekte hidroelektrarn in hidravličnega stanja v kasnejših fazah projektiranja določa veliko natančneje, predvsem z uporabo stroke s področja hidrotehnik (Steinman, 2008).

Dejanska moč, ki jo elektrarna doseže, oz. tehnično izkoristljiv potencial, na nekem območju je odvisen še od izkoristkov naprav mHE, pri čemer so odločilni turbina, generator in transformator. O količini energije, ki jo hidroelektrarna tekom leta proizvede, pa določa predvsem vodnatost vodnega vira oz. trajanje pretoka vodotoka.

Izračun tehnično izkoristljivega hidroenergetskega potenciala, oz. moči HE (Jerkovič, 1996):

$$P = \rho \cdot g \cdot \eta_n \cdot Q \cdot h \quad (5)$$

Pri čemer je:

P moč HE [kW]

ρ gostota vode [kg/m^3]

g težnostni pospešek [m/s^2]

η_n izkoristek naprav [%]

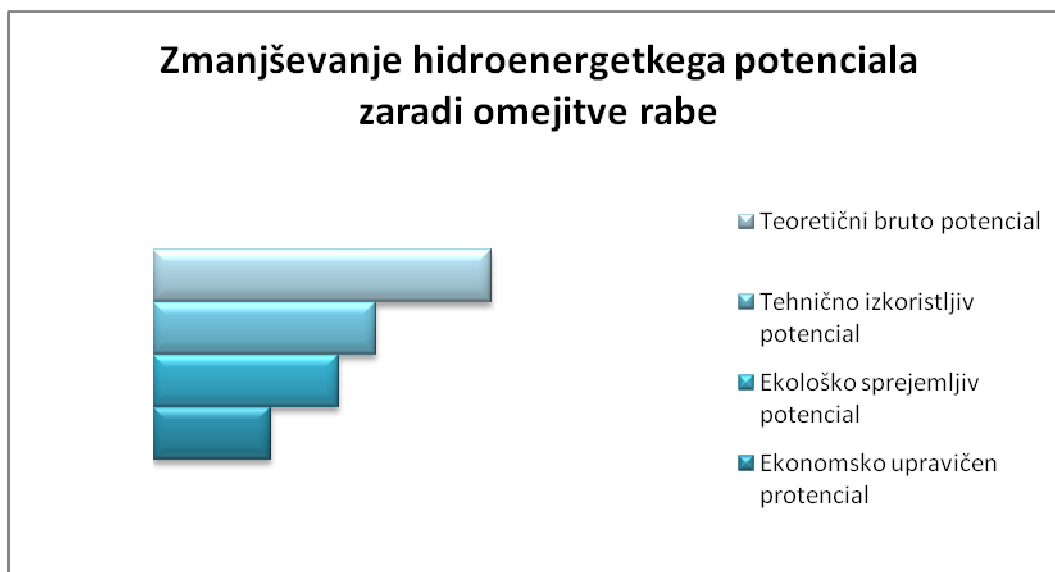
Q pretok vode [m^3/s]

H padec [m]

Za odločitev o smiselnosti gradnje mHE je bistven podatek o količini električne energije, ki jo ta lahko proizvede v enem letu obratovanja. Da se lahko določi povprečno letno proizvodnjo energije, je potrebno poznati hidroenergetski potencial vodotoka na katerem se načrtuje proizvodnja energije.

Po splošno veljavnem načelu se hidroenergetski potencial deli na:

- teoretični hidroenergetski potencial,
- tehnično izkoristljiv hidroenergetski potencial,
- ekološko sprejemljiv hidroenergetski potencial in
- ekonomsko upravičen potencial..



Slika 4: Delitev hidroenergetskega potenciala (shematični prikaz)

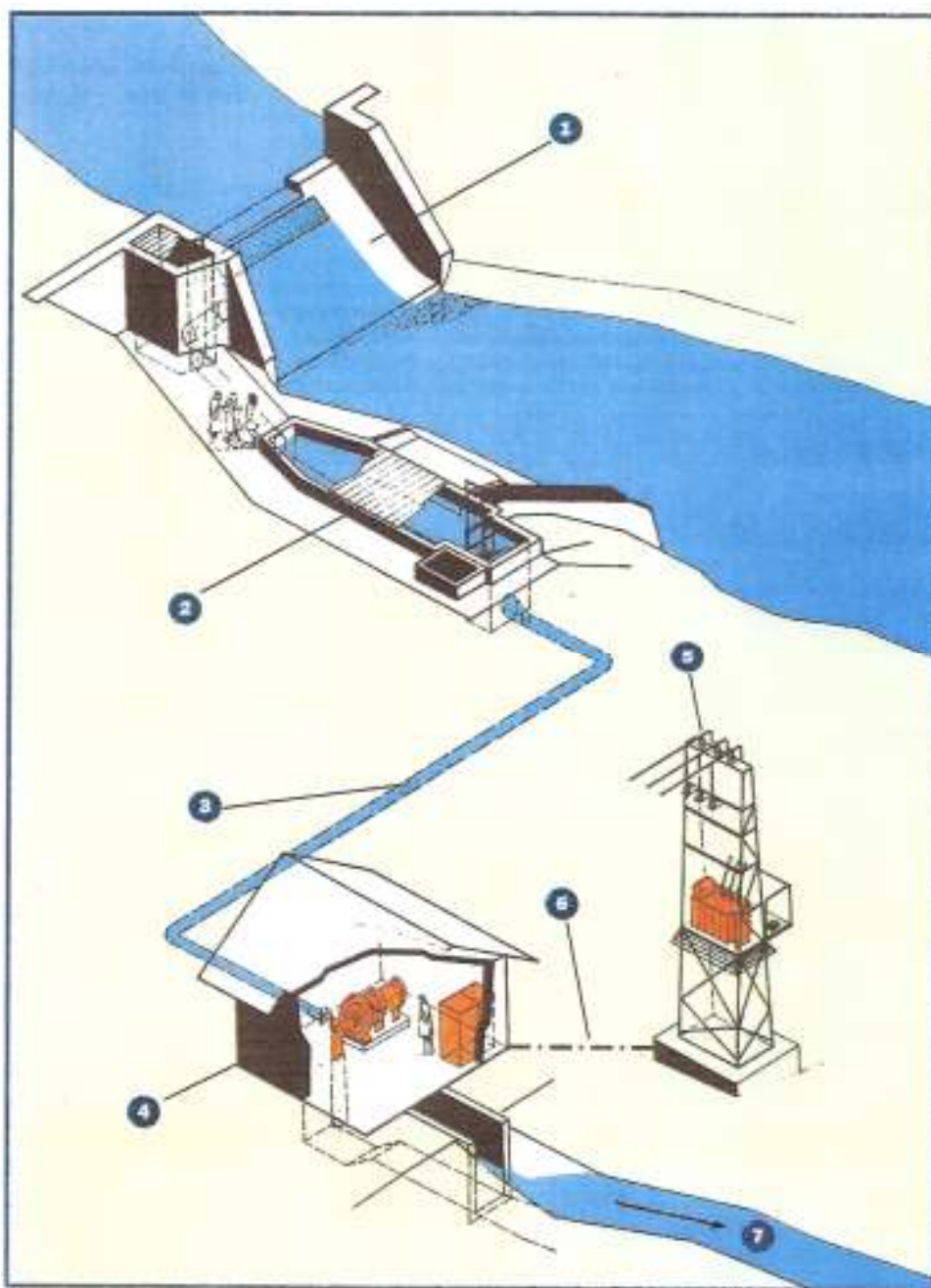
Tehnično in ekološko izkoristljiva potenciala morata biti tudi ekonomsko upravičena potenciala, kar še dodatno omejuje obseg razpoložljivega potenciala za proizvodnjo električne energije s pomočjo mHE.

V nadaljevanju diplomskega dela bom opisala hidrotehnične objekte mHE in načine določanja ekološko sprejemljivega hidroenergetskega potenciala, ter ekonomski pregled investicijskega projekta mHE na splošno in nato še na dveh konkretnih primerih mHE.

2.3.2.1 Hidrotehnični objekti mHE

Za zagotovitev tehničnega potenciala vodotoka mHE ni mogoče neposredno izkoriščati bruto padca izbranega odseka vodotoka, temveč je potrebno poseči v naravni tok vode. Z omejenim posegom se doseže koncentracijo celotne vrednosti bruto padca izbranega odseka

v eno samo točko, oz. na mesto kjer se načrtuje postaviti turbino mHE. V strugo vodotoka za zagotovitev tehničnega potenciala vode posegamo s hidrotehničnimi objekti, med katere navadno spadajo: zajetje z jezovno zgradbo, dovodni objekt, zgradba strojnice in odvodni objekt.



Shema hidrotehničnih objektov mHE (1-jez z zajetjem, 2-peskolov, 3-dovodni cevovod, 4-strojnica z opremo, 5- priključek na električno omrežje, 6- nizko tlačni kabelski vod, 7-odvod vode nazaj v rečno strugo (Jerkovič, 1996, str. 13)).

Jezovna zgradba mHE

Jezovi ali pregrade so objekti s katerimi se zajezi vodo v vodotoku, s tem se dvigne njeno gladino pred pregrado in tako poveča potencialno energijo vode. Lokacijo jezovne zgradbe je potrebno prilagajati glede na naslednje parametre (Gradbena izvedba majhne hidroelektrarne, 1986):

- podolžni profil vodnega toka,
- odlaganje usedlin,
- možnosti temeljenja in
- možnost akumuliranja vode.

Jez je najugodnejše graditi na ravnem odseku vodnega toka in hkrati nad odsekom z velikim padcem. S postavitvijo jezu posegamo v strugo vodotoka in spreminjamo naravno korito vodotoka. Voda, ki odteka izpod zapornic jezu ali preko preliva izpodkopava temelj jezovne zgradbe in ogroža stabilnost jezu. Bolj čvrsta kot je podlaga temeljenja, bolj je objekt stabilen. Zato je priporočljivo graditi na skalnati podlagi ali nosilnih gramoznih tleh, ipd., sicer je treba predvideti dodaten element – podslapje.

Zelo pomembna lastnost jezu je vodotesnost, saj povišana gladina vode pred jezom povečuje pritiske na dno in bregove jezu. Voda po zaježitvi išče svojo novo pot skozi porozne materiale, zato so grob prod, grušč, in podobni prepustni materiali manj primerna podlaga za temeljenje in graditev jezu.

Da bi lahko zajeli čim večji pretok vode, je zelo dobra izbira lokacije jezu pod sotočjem dveh tokov. V takem primeru je potrebno predvideti zbiranje materiala pred zaježitvenim delom, da se ta zaradi prenosa materiala iz dveh dotokov prekomerno ne zasipa.

Jezovi so dimenzionirani za srednje letne pretoke, zato je potrebno predvideti rešitve za odtok presežkov vode ob nastopu visokih voda (Mrak, 2010).



Jezovna zgradba mHE Moste (SENG: mHE)

Zajetje mHE

Zajetje mHE zajema vse gradbene objekte za odjem vode iz vodotoka. V praksi sta znani dve osnovni izvedbi zajetij: talno ali tirolsko zajetje in stransko ali bočno zajetje.

Sestavni deli zajetja (Gradbena izvedba majhne hidroelektrarne, 1986) :

- vtok z grobo rešetko in vtočno zapornico,
- peskolov z izpiralno zapornico in prelivom, ter kanal po katerem se vrača naplavina v vodotok,
- gosta rešetka pred vtokom v dovodni kanal ali cevovod in
- vtok v dovodni kanal ali cevovod.

Preko vtoka prehaja voda iz zbirnega korita proti peskolovu. Vtok je zaščiten z grobo rešetko, da onemogoča prehod naplavinam. Spodnji rob vtoka se praviloma izvaja tako, da je dvignjen od tal korita v obliki stopnice. Ker naplavine ne smejo zakriti vtoka je potrebno, na tisti strani kjer je vtok, predvideti talni izpust. Peskolov obvaruje lopatice turbine in steno cevovoda pred obrusom proda in peska, tako da akumulira tovrstni material. Vsega nanosa je v praksi nemogoče odstraniti, potrebno pa je določiti kolikšna je največja še dopustna meja prehodnosti materiala skozi peskolov, da ta ne povzroči večjih poškodb cevovoda in turbine.



Bočno zajetje mHE Možnica (SENG: mHE)

Dovodni objekti mHE

Dovodni objekti hidroelektrarne so objekti, ki dovajajo vodo od zajetja do strojnice. Po načinu dovajanja vode ločimo dovode s prosto gladino, ki so lahko izvedeni kot kanali, tuneli ali cevovodi, ter dovode pod tlakom, ki so lahko v izvedbi cevovoda ali tunela. Izvedba tlačnega cevovoda je možna iz več materialov: jeklo, armiran beton ali poliester. Cevovodi so lahko vkopani ali v nadzemni izvedbi. Vsak način ima svoje prednosti in slabosti.

Vkopani cevovod je estetsko nemoteč v naravnem okolju, a je višina stroškov v tem primeru znatno večja zaradi potrebnega izkopa. Vkopan cevovod je zavarovan pred mehanskimi poškodbami in plazovi, a potrebuje dobro drenažo in močno zaščito pred korozijo. Izpostavljen je manjšim temperaturnim razlikam, a natančnega nadzora ni mogoče izvajati, medtem ko je nadzemni cevovod v primeru poškodbe lažje vzdrževati in sanirati zaradi enostavnega dostopa.

Pri visokih pregradah in veliki akumulaciji se navadno uporablja dovodni sistem pod tlakom, medtem ko se pri nizkih jezovih in plitvih akumulacijah, kjer je nihanje gladine majhno,

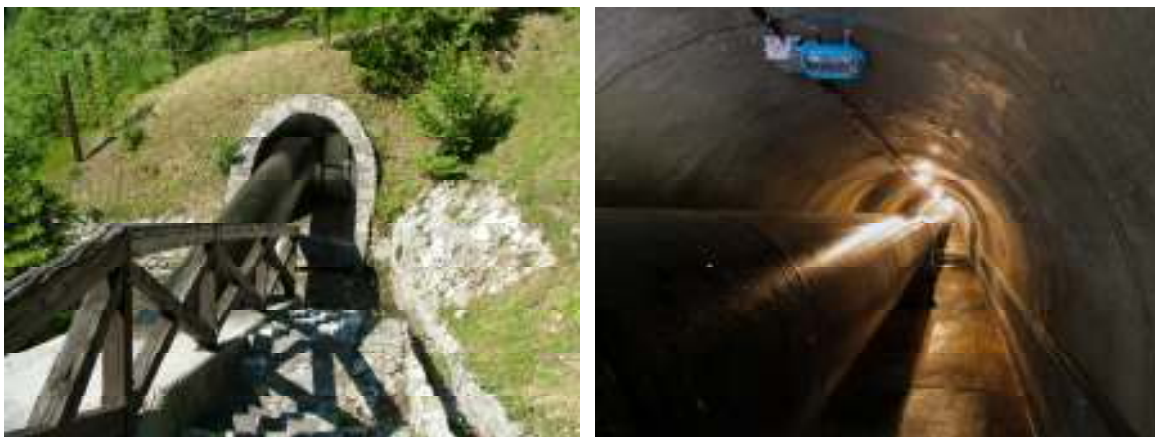
navadno uporablja del dovoda s prosto gladino, del pa pod tlakom (Gradbena izvedba majhne hidroelektrarne, 1986).

Voda odteka po dovodnem cevovodu skozi predturbinsko zapiralo v turbino. Predturbinsko zapiralo lahko nadomesti vstopna zapornica v primeru, ko je uporabljen cevovod zelo kratek. Potrebna debelina stene cevovoda je odvisna predvsem od notranjega tlaka (hidrodinamičnega tlaka), ki narašča v smeri toka vode in doseže maksimalno vrednost na dolvodnem delu cevovoda, kjer se ta priključuje k turbini.

Hidrostatski tlak je enak višinski razliki med gladino zgornje vode in spodnje vode. Za izračun največje obremenitve sten cevovoda moramo hidrostatskemu tlaku prišteti še višino tlaka zaradi vodnega udara, ki nastane pri hitri spremembi pretoka. Graditelj mHE se mora pozanimati pri dobavitelju turbine o višini vodnega udara, ki ga ta povzroča in podatek upoštevati pri izbiri debeline sten cevovoda. Negospodarno bi bilo določati enako debelino cevi za celoten odsek cevovoda, zato se cevovod razdeli na več odsekov, na koncu vsakega teh odsekov pa se praviloma določi tlake, kateri posledično zahtevajo določeno debelino stene cevovoda (Gradbena izvedba majhne hidroelektrarne, 1986).

Manjši kot je premer cevovoda, večje so energijske izgube padca v njem in večja je hitrost vode v njem pri instaliranem pretoku. Cevovod manjšega premera je seveda lažji in cenejši od cevovoda z večjim premerom. Cevovod večjega premera je tako dražji, težji, hitrost vode po njem je manjša in tudi izguba energije je v takem primeru manjša. Zaradi manjših uporov v cevi pa je ustvarjena energija pri večjem premeru cevovoda večja.

Gospodarski premer cevovoda je po definiciji tisti premer, pri katerem je presežek energije vrednostno enak presežku cene večjega cevovoda nad manjšim. Odvisen je od cene materiala cevovoda in cene energije, zato se lahko spreminja.



Dovodni objekt mHE Zadlaščica (SENG: mHE)

Zgradba strojnice mHE

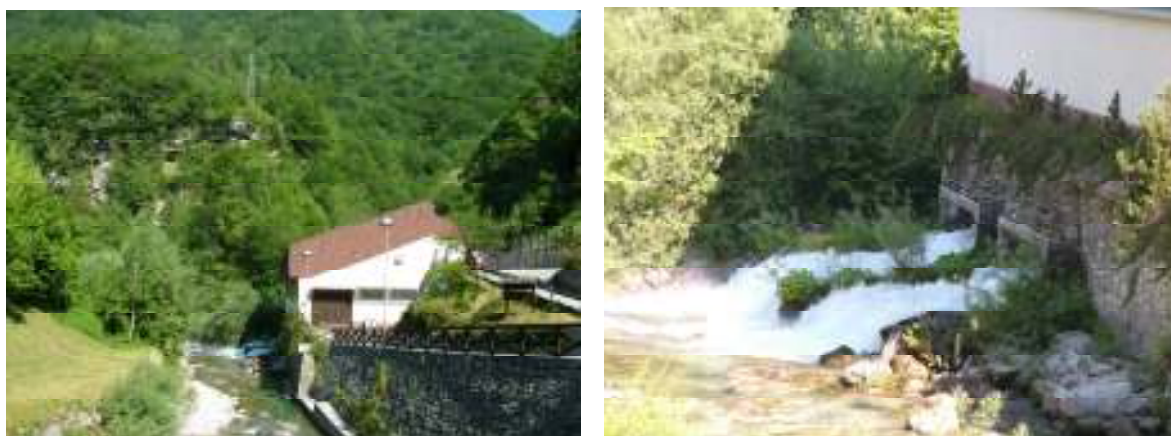
Zgradba strojnice je lahko podzemna ali nadzemna. Praviloma pa se pri gradnji tega objekta stremi k temu, da je to čim bolj enostaven objekt, kar se da sonaravno prilagojen okolju, ki nudi strojni in elektro opremo potrebno zaščito. Velikost in obliko zgradbe strojnice se prilagaja vodni turbini, generatorju s pomožno električno in strojno opremo, padcu in instaliranemu pretoku, številu agregatov ter terenskim razmeram. Poleg tega je potrebno načrtovati v strojnični zgradbi odprtine na način, da je omogočen preprih nad generatorjem, zaradi pojava neznosnih temperatur v vročih poletnih mesecih (Gradbena izvedba majhne hidroelektrarne, 1986) .



Zgradba strojnice mHE Mesto (SENG: mHE)

Odvodni kanal mHE

Odvodni kanal odvaja vodo iz strojnice nazaj v strugo vodotoka. Navadno je neobložen, globoko vkopan in obstaja možnost da se vanj izceja podtalnica, kar lahko povzroči znižanje gladine podtalnice. V večini primerov se odvodni kanal izvaja v trapezni obliki. Dolžina odvodnega kanala naj bi praviloma bila čim krajša, odvisna pa je od oddaljenosti zgradbe strojnice od struge vodotoka. Višinski položaj kanala se praviloma določi tako, da sta pri srednjem pretoku na sotočju gladina vode v reki in kanalu na enaki višini vodnih gladin poravnani (Gradbena izvedba majhne hidroelektrarne, 1986).



Odvod vode iz strojnične zgradbe mHE Zadlaščica (SENG: mHE)

Strojna oprema mHE

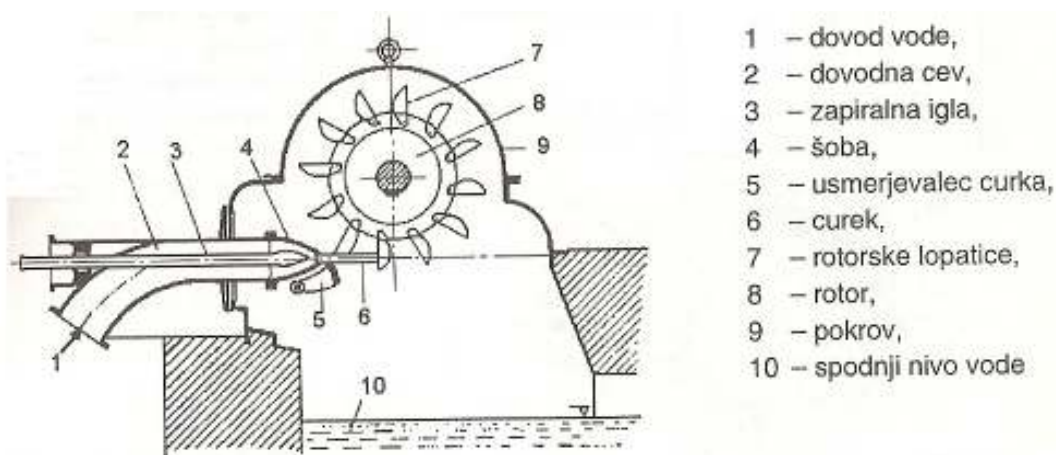
Turbina predstavlja srce vsake elektrarne, ker je to njen najbolj specifičen element, ki izkorišča energijo vode. Zaradi različnih padcev in pretokov vode je potrebno tip turbine za malo elektrarno izbrati tako, da bo ta imela čim večji izkoristek v svojem razponu delovanja.

Poznamo naslednje vrste vodnih turbin za mHE (Jerkovič, 1996):

- Pelton turbine; ustrezajo večjim padcem in manjšim pretokom;
- Francis turbine; ustrezajo srednjim padcem in srednjim pretokom;
- Kaplan turbine; ustrezajo večjim pretokom in manjšim padcem (zaradi visoke cene se Kaplanovih turbin navadno ne vgrajuje v mHE).

Pelton turbina

Turbina Pelton je primerna za velike višinske razlike (od 60 m do 2000 m) in majhne pretoke. Sestavljena je iz gonilnika z lopaticami in šobe z iglo. Ta tip turbine je priključen na dovodni cevovod, ki se konča s šobo tako, da se oblikuje močen curek okroglega preseka, ki je usmerjen v lopatice gonilnika (kot prikazuje spodnja slika). Vodni curek brizga hkrati le na nekaj lopatic, zato je gonilnik le delno oblit z vodo. Voda oddaja gonilniku svojo kinetično energijo. Število lopatic gonilnika je odvisno od energijske moči vodotoka in od možnosti izvedbe. Moč turbine, ki je odvisna od pretoka vode in dotoka vode na turbino se uravnava z reguliranjem igle v šobi. Naloga igle je zagotoviti enakomeren tlak v tlačnem cevovodu. Pri tem ji pomaga nož vgrajen na iztoku vode iz šobe. Turbina je lahko nameščena horizontalno ali vertikalno (Jerkovič, 1996).



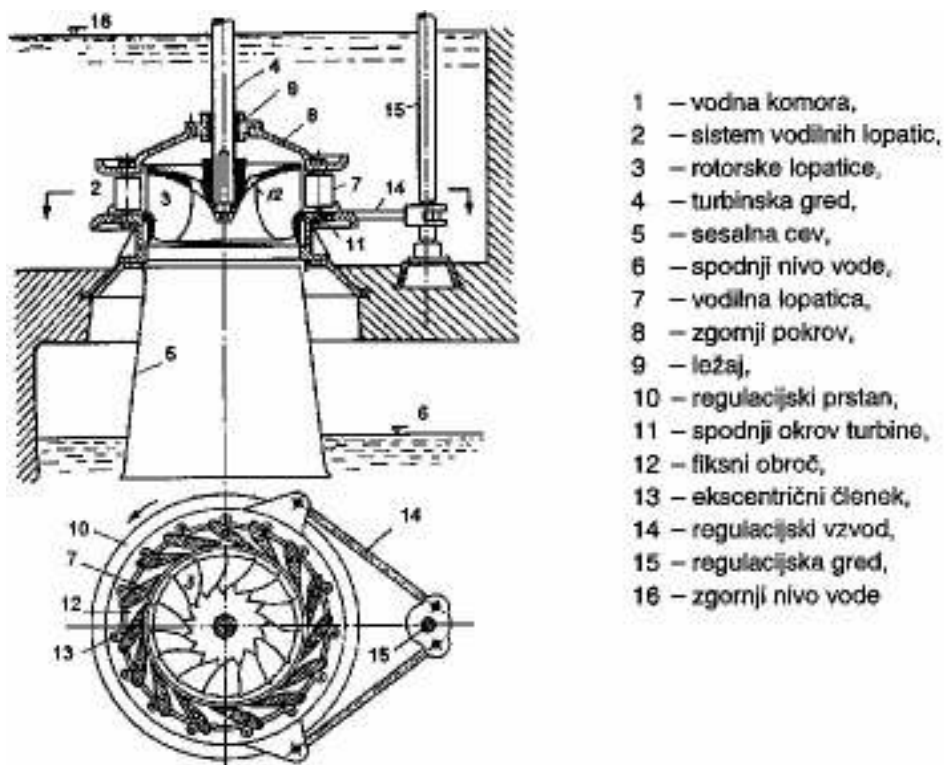
Peltonova turbina z eno šobo (Razpet, 1997, str. 163)

Francis turbina

V mHE srečujemo Francisove turbine v naslednjih izvedbah:

- za vgraditev v jašek z vodoravno gredjo,
- za vgraditev v jašek z navpično gredjo,
- spiralne z vodoravno gredjo in
- spiralne z navpično gredjo.

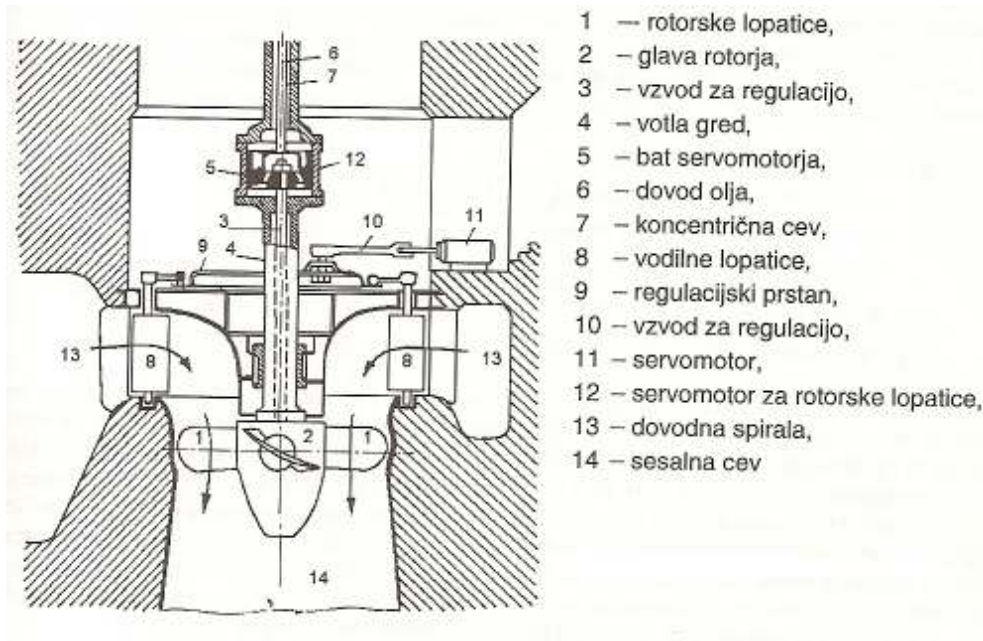
Voda skozi vodilni kanal vstopa v turbino, odda gonilniku svojo moč in se nato po sesalni cevi spusti v spodnjo vodo. Za to vrsto turbine so značilni veliki gonilniki, da kljub majhnemu energijskemu potencialu turbina lahko izkorišča velik pretok (Jerkovič, 1996).



Francis turbina (Razpet, 1997, str. 164)

Kaplan turbina

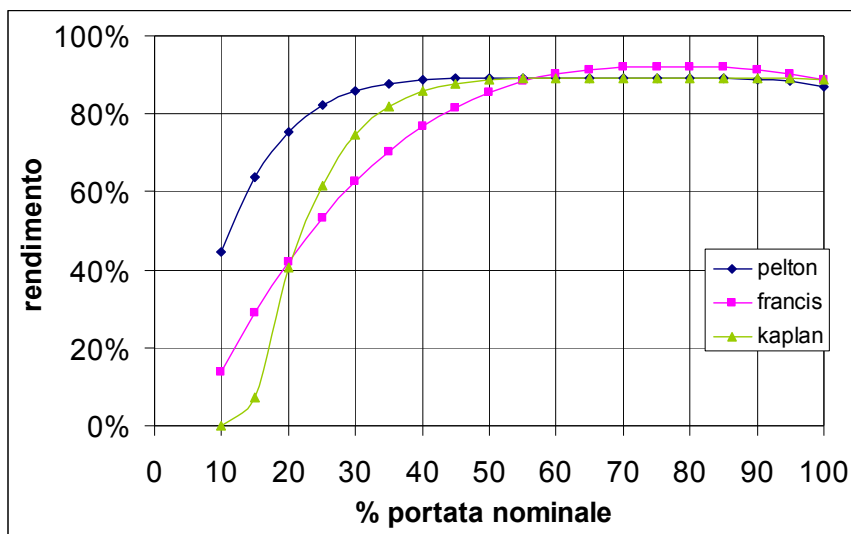
Pri Kaplanovi vodni turbini je možno izbirati med fiksnimi in gibljivimi rotorskimi lopaticami. Statorski del je enak kot pri Francisovi turbini, tekač turbine ima obliko ladijskega vijaka z 2 do 7 lopatic. Lopatice gonilnika so gibljive s pomočjo hidravličnega pogona, ki je speljan skozi votlo os. Rotor je nameščen pod spodnjo gladino vode. To vrsto turbine se uporablja za manjše padce (do 70 m) in velike količine vode (Razpet, 1997).



3

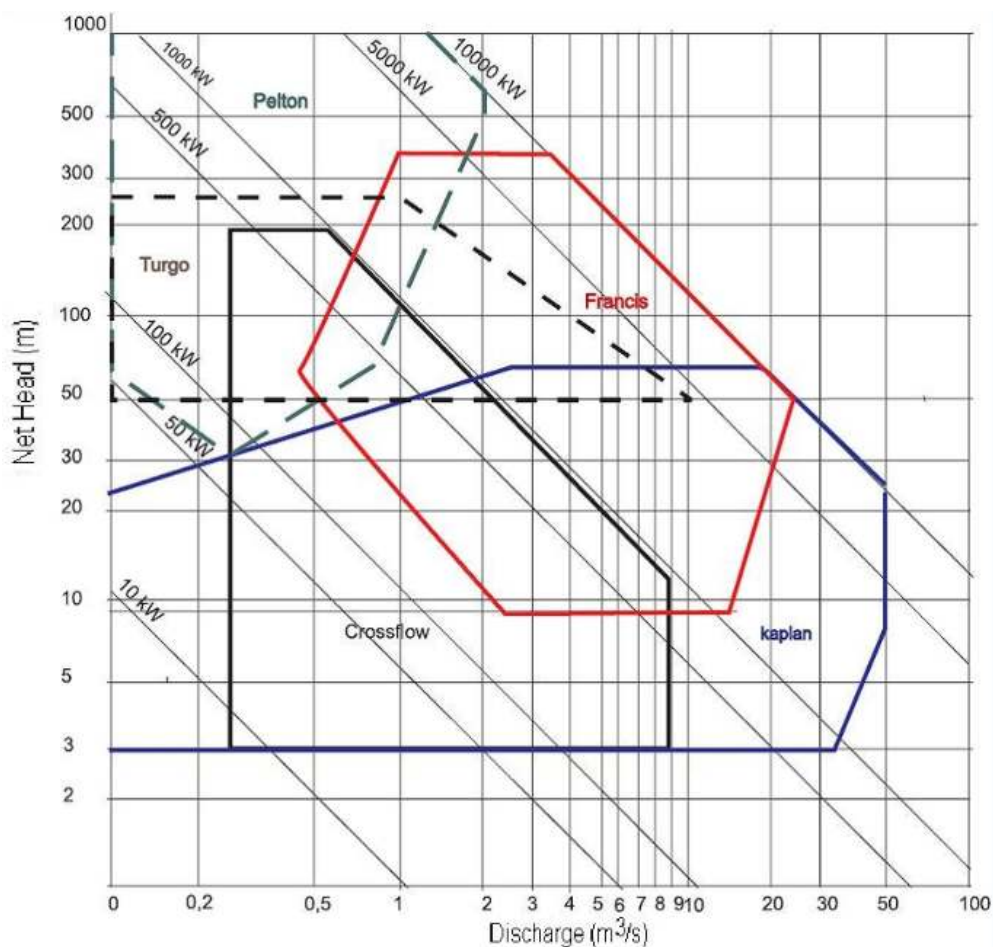
Kaplan turbina (Razpet, 1997, str.165)

Vsak tip turbine ima svoje področje obratovanja določeno tako, da lahko maksimalno izkoristimo padce in dane pretoke na posameznem območju. Pri izbiri turbine je potrebno upoštevati gospodarnost delovanja z izbiro turbine ki ima primerno ceno, potrebno vrtilno hitrost, dolgo življenjsko dobo in takšno, ki terja čim manj gradbenih del. Proizvajalci turbin natančno določijo območja optimalnega delovanja posameznega tipa turbine (Jerkovič, 1996).



Izkoristki turbin v odvisnosti od pretoka (Davitti et al., 2006, str. 15)

Kot je že zgoraj navedeno, se Peltonova turbina uporablja za majhne pretoke in velike padce, Francisova turbina pa za srednje pretoke in srednje padce. Pri Francisovih turbinah z zmanjšanjem pretoka vrednost izkoristka narašča. Krivulja doseže približno pri 90 % pretoku svojo najvišjo vrednost in ima pri približno 12 % pretoku vrednost 0. Pri tem turbina nima več koristne moči, ker vso moč uporablja za svoje vrtenje (prazen tek turbine).



Obratovalno območje malih turbin (Davitti et al., 2006, str. 31)

3.1.1.1 Električne inštalacije mHE

Med električne inštalacije mHE spada predvsem generator. Ta pretvarja mehansko energijo vode v električno, poganja ga turbina hidroelektrarne. Za razliko od velikih HE, kamor se vgrajuje le sinhronske generatorje, je pri mHE možna vgraditev tudi asinhronskega generatorja. Asinhronski generator omogoča samostojno otočno obratovanje elektrarne,

medtem ko sinhronski generator te možnosti praviloma ne dopušča. Izbira generatorja vpliva na koncept ostale električne opreme mHE (Jerkovič, 1996).

Ostala električna oprema se glede na namembnost deli na (Jerkovič, 1996):

- energetske del,
- upravljajno-regulacijski del in
- daljinski nadzor in vodenje mHE.

Energetska oprema mHE zajema opremo od priključka na generator do sponk transformatorja ter razvod lastne rabe električne energije.

Opremo za upravljanje mHE sestavljajo vse naprave za meritve, zaščito, regulacijo in avtomatiko, ter druge pomožne naprave. Obseg teh naprav je odvisen od moči mHE, od pogojev za gradnjo in od predvidenega načina obratovanja mHE. Izbira opreme je pogojena še s pogoji priključitve na javno omrežje (Jerkovič, 1996).

3.1.1.2 Priključitev mHE na električno omrežje

Priključek mHE na omrežje mora zadostiti energetskim, varnostnim in obratovalnim kriterijem omrežja zaradi nemotenega obratovanja energetskega sistema in same elektrarne. Glede na klasifikacijo mHE po velikostnih razredih moči, glede na vrsto generatorja in glede na karakteristike omrežja na katerega se priključuje elektrarno, so pogoji priključevanja različni (Jerkovič, 1996).

3.1.1.3 Vzdrževanje mHE

Obseg vzdrževanih del mHE je odvisen od stopnje opremljenosti in avtomatizacije mHE. Na splošno se področje vzdrževanja mHE deli v naslednje faze (Jerkovič, 1996):

- a.) Dnevni pregledi: zajemajo kontrolo ležajev turbine in generatorja, pregled turbinskega regulatorja, mehanskih povezav, kontrolo meritev vzbujanja, kontrolo merilnih

instrumentov, popis števcov, kontrolo hidromehanskih naprav, čiščenje vtočne rešetke, mazanje zapornih elementov, itd.;

- b.) Občasni pregledi: zajemajo vse preglede dnevnih pregledov, meritve delovanja vseh merilnih in zaščitnih naprav ter poizkus delovanja vseh naprav;
- c.) Remonti: obsegajo večja popravila naprav oziroma zamenjavo delov ali naprav.

3.1.1.4 Objekti za zagotavljanje Q_{es}

Ekološko sprejemljivi pretok, določen v skladu z že obravnavano Uredbo Qes (2009), je potrebno ohranjati v osnovni strugi čez celoletno obdobje obratovanja mHE. V primeru, da je dejanski pretok na mestu odvzema manjši ali enak ekološko sprejemljivemu pretoku, imetnik vodne pravice vode ne sme odzemat.

Sistem naprav za odvzem vode mora biti zato oblikovan na tak način, da ne omogoča odvzema vode, kadar se pretok na mestu odvzema zmanjša pod vrednost Q_{es} . Spremljanje Q_{es} je z ustrezno oblikovanim načinom odvzema vode lahko zagotovljeno. V primeru, da oblikovanje sistema naprav za odvzem vode tehnično ni izvedljivo, ni dovoljeno ali je povezano z nesorazmerno visokimi stroški, mora imetnik vodne pravice zagotoviti zvezno spremljanje parametrov, na podlagi katerih se lahko ugotovi, da so bile v vsakem trenutku izpolnjene zahteve glede Q_{es} . V takih primerih je potrebno meriti vodostaj ali pretok na stalnem, lastnem urejenem merilnem mestu na dotoku na objekt, napravo ali sistem naprav za rabo vode in enega izmed naslednjih parametrov skladno z Uredbo Qes:

- vodostaj ali pretok na stalnem lastnem urejenem merskem mestu tik dolvodno od objekta, naprave ali sistema naprav za odvzem vode,
- vodostaj ali pretok na stalnem urejenem merskem mestu na vodni infrastrukturi ali
- vodostaj in pretok na ustreznem merilnem mestu državne hidrološke mreže.

Imetnik vodne pravice lahko namesto vodostaja ali pretoka na stalnem lastnem urejenem merskem mestu na dotoku na objekt, napravo ali sistem naprav za rabo vode spremlja tudi druge parametre, na podlagi katerih je mogoče ugotovi, da se v času trajanja pretoka, nižjega od vrednosti Q_{es} , posebna raba vode ni izvajala.

Imetnik vodne pravice mora način spremljanja ekološko sprejemljivega pretoka opisati v poslovniku za obratovanje in vzdrževanje vodnega objekta ali naprave v skladu z zakonom, ki ureja vode. Podatke o spremljanih parametrih mora imetnik vodne pravice hraniti šest let in jih na poziv predložiti na vpogled inšpektorjem, pristojnim za vode, ali vodovarstvenemu nadzorniku.

3.1.1.5 Področje ohranjanja narave

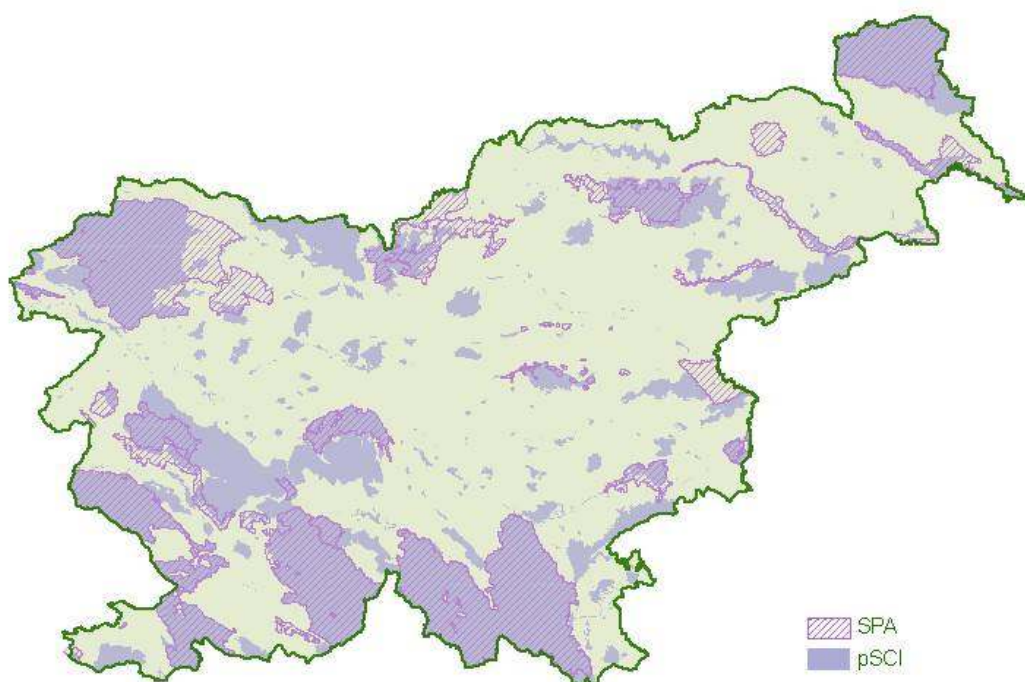
Zavarovana in varovana območja

Posebnost Slovenije je velika pestrost vrst na majhni površini, zato je naše naravno okolje izredno pomembno za ohranjanje vrst, ogroženih na evropski ravni. Zavarovana in varovana območja so opredeljena po Zakonu o ohranjanju narave in njegovih podzakonskih aktih. Med zavarovana in varovana območja se uvrščajo območja s statusom: območja Natura 2000, naravne vrednote, zavarovana območja in ekološko pomembna območja.

V skladu z naslednjimi uredbami: Uredba o zavarovanih prosto živečih rastlinskih vrstah (UL RS, št. 46/04), Uredba o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah (Uradni list RS, št. 46/04), Uredba o habitatnih tipih (UL RS, št. 112/03) in Uredba o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (UL RS, št. 49/04), ki v slovenski pravni red prenašajo določbe Direktiv Sveta EU o ohranjanju naravnih habitatov ter prostoživečih živalskih in rastlinskih vrst, ter o ohranjanju prostoživečih ptic oziroma Direktivi o habitatih in pticah, je Slovenija določila območja Natura 2000. Ta območja obsegajo kar 35,5 % slovenskega ozemlja. Natura 2000 zajema 286 območij, od tega je 260 določenih na podlagi direktive o habitatih, 26 pa na podlagi direktive o pticah. Območja se prekrivajo, saj je 60 odstotkov površin, predlaganih na podlagi direktive o habitatih, znotraj predlaganih posebnih varstvenih območij po direktivi o pticah.

Zakon o ohranjanju narave podaja varstvene usmeritve za varstvo naravnih vrednot. To so usmeritve za posege človeka na naravni vrednoti in na območju, ki je z naravno vrednoto povezano z namenom, da se naravna vrednota ohranja.

Ekološko pomembna območja, določena v skladu z Uredbo o ekološko pomembnih območjih (UL RS, št. 48/04), so območja habitatnega tipa ali večje ekosistemske enote, ki pomembno prispevajo k ohranjanju biotske raznovrstnosti. Kot podenota ekološko pomembnih območij so definirana območja Natura 2000. Varstvene usmeritve za ohranjanje ekološko pomembnih območij se določajo na osnovi varstvenih ciljev za ohranjanje habitatnih tipov ter rastlinskih in živalskih vrst in njihovih habitatov, ki so določeni v predpisih, vezanih na območja Natura 2000 ter programih, strategijah in načrtih s področja ohranjanja narave, ki sta jih sprejela Državni zbor RS ali Vlada RS. Za potrebe vključevanja območij zavarovanih in varovanih območij v načrt so bila ta območja z dodatnimi analizami razdeljena na območja, kjer je prisotnost vode pomembna za ugodno stanje vrst in habitatnih tipov (Bizjak et al., 2009).



Območja Natura 2000 v Sloveniji (Natura 2000)

Zgornja slika prikazuje območja, ki spadajo v:

- SPA – območja varovana po direktivi o pticah
- pSCI - območja varovana po direktivi o habitatih

Območja pomembna za ribištvo

Območja, pomembna za ribištvo, so določena na podlagi Zakona o sladkovodnem ribištvu (UL RS, št. 61/06) in Zakona o morskem ribištvu (UL RS, št. 115/06). Za ureditev upravljanja sladkovodnega ribištva so celinske vode v Sloveniji razdeljene na ribiška območja, ta so nadalje razdeljena v ribiške okoliše, kateri so naprej razdeljeni še na ribiške revirje (manjše enote z določenim tipom upravljanja).

Iz ribiških okolišev so izvzete posamezne vode ali njihovi odseki, ki se imenujejo vode posebnega pomena. To so vode, ki predstavljajo nekatere od najbolj ohranjenih vodnih ekosistemov in so zelo ugodne za razvoj ter ohranjanje posameznih domorodnih ribjih vrst. Določene so z Uredbo o določitvi voda posebnega pomena ter načinu izvajanja ribiškega upravljanja v njih (UL RS, št. 52/07), na podlagi srednjeročnega načrta ribiškega upravljanja in letnega programa dela. Ribiško upravljanje izvaja Zavod za ribištvo Slovenije (Bizjak et al., 2009).

3.1.1.6 Področje hidromorfologije

Vplivi gradnje in delovanja mHE na okolje se kažejo na več načinov. Vidna je sprememba pokrajine v katero posega mHE, spremeni se gladina talne vode in značilnosti vodotoka ter življenje v in ob njem. Ekosistemi so naravnemu okolju tako prilagojeni, da se počasni, manjši spremembi v naravi lahko prilagodijo in se tako ohranijo. V primerih, ko pa vzpostavljeno ravnotežje prekinejo nenadne, velike spremembe, obstaja nevarnost nepovratnih preobrazb (tudi glede razvijanja in ohranjanja ekosistemov).

Sprememba hitrosti vodnega toka

Zajezitev in odvzem vode iz vodotoka povzročita spremembo značaja vodotoka iz rečnega v jezerskega (izjema pri tem so pretočne HE). Zmanjšanje hitrosti toka povzroči verižno reakcijo vplivov, ki imajo, s časom in glede obsega, daljnosežne posledice. Vplivi se pričnejo kazati kot povečana sedimentacija v zajeznem prostoru, temperature vode narastejo in ekosistemske spremembe postanejo trajne na celotnem dolvodnem območju (Stojič, 1999).

Zaradi odvzema vode se v dolvodnem odseku pojavijo nižje hitrosti vode, s tem pa opazno izginjajo številne naravne brzice.

Spremembe rečnega režima

Zaradi zaježitve vodotoka pride tudi do sprememb v rečnem režimu dolvodno, ki so odvisne od načina obratovanja akumulacije. Spremeni se ustaljena količina sezonskih pretokov, ker se ti izenačijo čez celotno letno obdobje. Pretoki postanejo v vlažnem obdobju manjši kot navadno zaradi odvzema vode in v sušnih obdobjih zaradi povečanega izpusta večji kot navadno. Z eliminacijo manjših poplav in zaradi minimalnih pretokov v sušnem obdobju tak vpliv spreminja pogoje rečnih in obrečnih ekosistemov (Stojič, 1999).

Transport ter odlaganje sedimentov in plavin

Reke in potoki transportirajo s seboj različne sedimente. Količina in kakovost teh sedimentov je odvisna od površinskega pokrova, nagiba brežin ter matične osnove, prsti in stopnje odtoka v vodozbirnem območju. Transportna sposobnost vodotoka je v razmerju s pretokom. Velike količine sedimentov se transportirajo v času poplav in drugih visokih voda .

V območju zaježitve, se hitrost vode zmanjša in sedimenti se pričnejo odlagati. Del sedimentov se odlaga že po strugi gorvodno od akumulacije, del pa v zadrževalnem bazenu akumulacije. Grobi sedimenti kot sta prod in pesek se nalagajo v obliki delte na začetku akumulacije, finejši delci pa potujejo naprej in se odlagajo nižje v akumulaciji. Z nastajanjem sedimentne delte se vplivi akumulacije prenašajo tudi gorvodno. Vzdolžni nagib vodotoka se manjša, prečni prerez se spreminja, večja se pogostost poplav in dviga se nivo podtalnice, kar povzroča drenažne preglavice. Zaradi delte bogate s hranili in zvišanega nivoja podtalnice prihaja do močne rasti obvodne in vodne vegetacije, ki zavira odtok visokih voda (Stojič, 1999).

3.1.1.7 Okolju prijaznejše različice hidrotehničnih objektov in hidromehanska oprema mHE

Počasi rotirajoče turbine

Francisove turbine v primeru, ko se njihova vrtilna hitrost poveča iz 12 m/s na 30 m/s, posledično povečajo tudi odstotek smrtnosti ribje populacije iz 5% na 35%. Zaradi konstrukcijskih karakteristik Francisove turbine povzročajo večjo smrtnost v primerjavi s Kaplanovimi turbinami. Kaplanove turbine namreč dosegajo zelo dober oz. nizek odstotek mortalitete in sicer manj kot 5% (ESHA, 2004).

Ribje steze in prehodi

Njihov zgled za oblikovanje podaja narava sama. Ribja steza je vgrajena neposredno v zaježitveni objekt in vzdržuje možnost povezanega izpusta tudi pri nizkih in srednjih vodostajih. Najbolj ugodna umestitev ribje steze je tik ob brežini. Pogosto se kot objekt v katerega bo vgrajena ribja steza vzame obstoječa zapornica oz. opuščena splavarska pot. Za zagotovitev potrebne količine vode, ki teče po ribji stezi z optimalno hitrostjo za ribje vzpenjanje, je potrebno ribjo stezo opremiti z motilnimi kamni oziroma kaskadnimi kamnitimi pragovi. Širina ribje steze se prilagaja razpoložljivemu odtoku, ne sme pa biti ožja od dveh metrov. Brežine ribjih stez zahtevajo strokovno utrditev, da lahko vzdržijo visoke pretočne hitrosti na ribji rampi. Prednost ribjih stez in prehodov je v tem, da omogočajo preoblikovanje le delne širine zaježitvenega objekta in tako omogočajo potovalne možnosti za živali v vodotoku (Pemič, Mikoš, 2007).

Splošne zahteve katerim morajo ustrezati ribje steze:

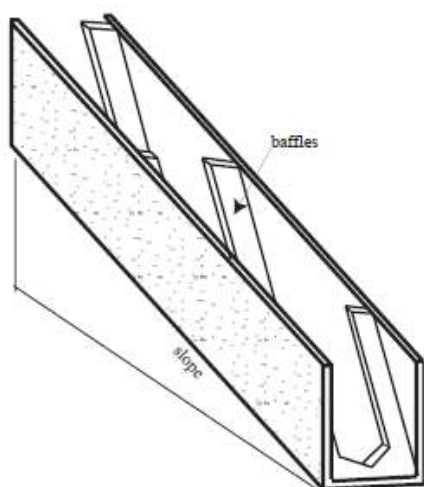
- povprečni vodostaj: $h = 30 - 40$ cm,
- padec: $I < 1:20$ do $1:30$,
- pretočna hitrost: $v_{max} = 1,6 - 2,0$ m/s in
- dno drče: polno vrzeli, hrapavo, prehodno, polno vrzeli, zakloni, tolmeni in počivalna korita.



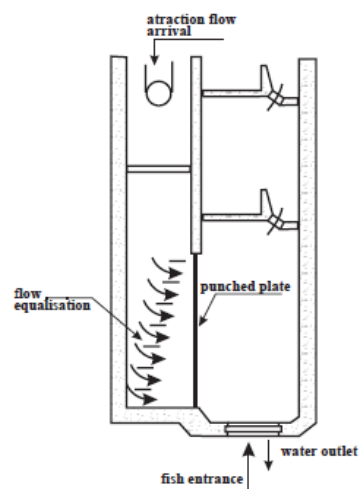
Ribja steza (Hidropower)

Vrste ribjih stez , prehodov in dvigal (Pemič, Mikoš, 2007):

- Ribja steza z bazeni in hrapavim koritom,
- Pilotna ribja steza,
- Kotanjasti prehodi,
- Režasti prehodi,
- Prehod »Denil«,
- Jeguljasti prehodi,
- Jezovni ribji prehodi in
- Ribja dvigala.



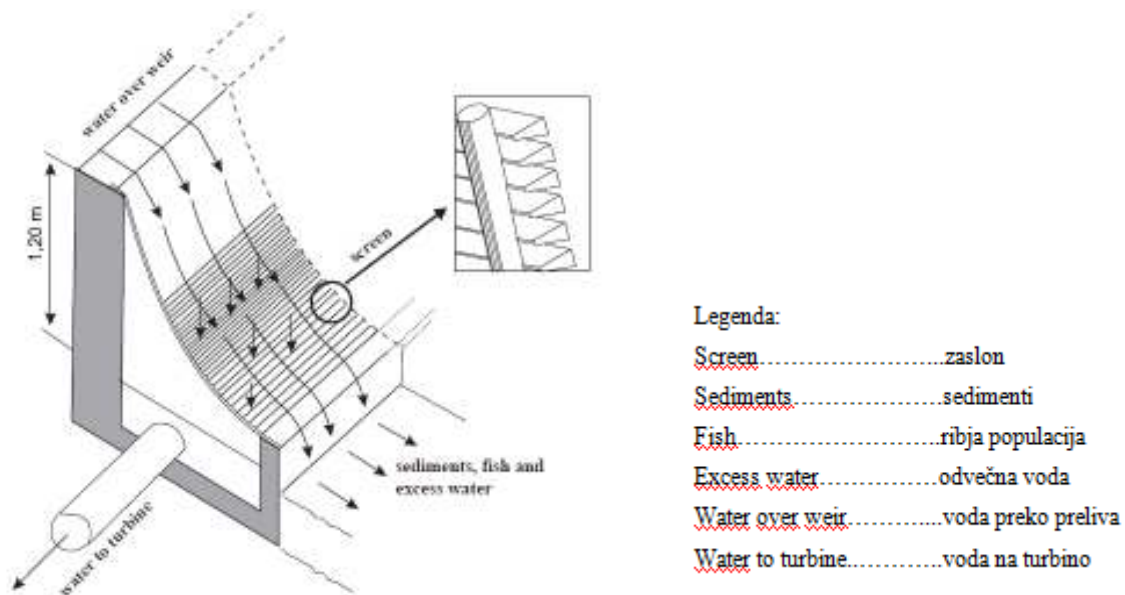
Prehod »Denil« (ESHA, 2004)



Ribje dvigalo (ESHA, 2004)

Dolvodni ribji prehodi

V zadnjem času se pojavljajo različne nove ideje in naprave za zaščito ribje populacije pri prehodu pregrad hidroelektrarn gorvodno in dolvodno. Ena najbolj inovativnih izumov na tem področju za zaščito rib, ki potujejo dolvodno, je tako imenovani »samočistilni zaslon«, ki uporablja Coanda vpliv. Voda na njegovi površini sledi naravni obliki objekta, postavljeni v strugi vodotoka. Vložki, ki sestavljajo površino zaslona po kateri teče voda, imajo obliko črke V in proizvajajo izmenjujočo turbulenco po celotni površini zaslona. Tako sedimenti, odvečna voda in ribe brez nevarnosti potujejo čez pregrado.



Shema Coanda zaslona (ESHA, 2004)

Voda odteka v zbiralni sistem turbine skozi reže zaslona, navadno širine 1mm. Pri tem se čez zaslon nemoteno odvede približno 90% vseh suspendiranih trdnih delcev tako, da je turbina zaščiten. Vodnim organizmom takšna površina zaslona iz nerjavečega jekla onemogoča prehod do turbine. Slabost takšnega zaslona je, da potrebuje od 1-1,20 m višine jezua tako, da voda optimalno odteka čez preliv v zbiralni sistem proti turbini. Takšna zahteva lahko za mHE z nizkim in neenakomernim pretokom predstavlja nesorazmerno velik strošek.

Obstajajo tudi drugačni zaslони, tako imenovani »vedenjski« zaslони, ki spodbujajo ribam občutek nelagodja, zato se jim podzavestno raje izognejo ter zaplavajo drugam. S poskusi je bilo ugotovljeno, da so najbolj učinkoviti »vedenjski zaslони« z zvočnim sistemom. Pri tem mora biti nivo zvočnega valovanja dovolj visok, da povzroči reakcijo. BAFF (Bio Acoustic Fish Fence) sistem proizvaja podvodni zvočni zid tako, da uporablja stisnjen zrak za proizvodnjo neprekinjene mehurčkaste zavese v katerih je ujet nizko frekvenčni zvok (od 50 do 500 herc). Na ta način se ribe hitro izognejo nevarnim prehodom skozi turbino.

Pomanjkljivost takega sistema v primerjavi z ribjo stezo je v tem, da ta praviloma ne zagotavlja dobrih rezultatov za celoten vodni živelj, ampak je njegova učinkovitost ocenjena nekje na 50 do 90% (odvisna je od tipa vodnega živilja, okoljskih in rastlinskih pogojev) (ESHA, 2004).

3.2 Gospodarnost in finance

Zaradi relativno velikih začetnih investicijskih stroškov izgradnje in dolgotrajnega postopka načrtovanja in gradnje so mHE na podlagi kratkoročnih ekonomskih premislekov nizko rentabilne. Vendar je tovrstno investicijo potrebno gledati drugače in sicer z upoštevanjem poleg finančnega tudi okoljski vpliv, kajti zmanjšanje emisij CO₂ ter upoštevanje zelo dolge in zanesljive življenjske dobe, postane mHE ena od najzanimivejših možnosti izkoriščanja obnovljivih virov energije.

V nadaljevanju bom obravnavala ekonomsko upravičenost izgradnje, obratovanja in vzdrževanja objekta za proizvodnjo, prenos in distribucijo energije s pomočjo Priročnika za izdelavo analize stroškov in koristi investicijskih projektov, ki ga je izdala Vlada RS (2004).

3.2.1 Stroški

Za analizo vseh stroškov ki nastanejo pri proizvodnji električne energije je najprej potrebno opredeliti cilje proizvodnje. Investicija namreč lahko vključuje izgradnjo obratov za

proizvodnjo električne energije, izgradnjo električnih vodov in transformacijskih postaj, aktivnosti povezane z varčevanjem energije itd.

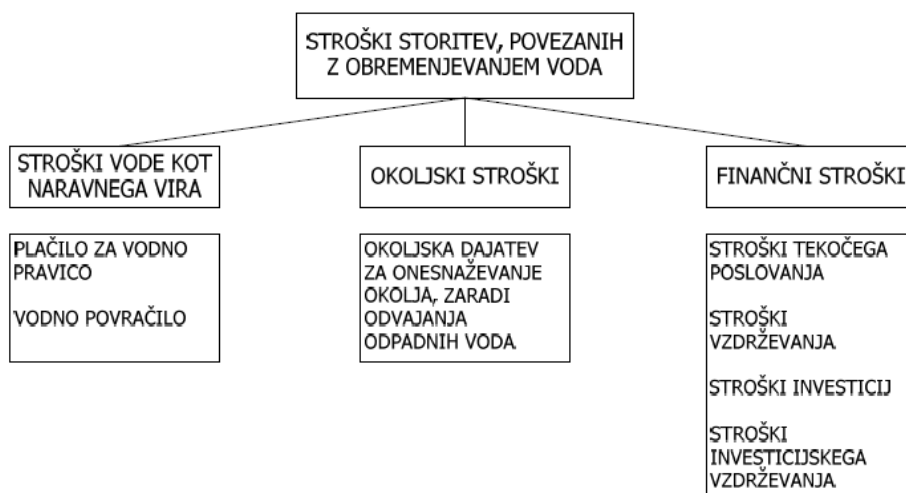
Da bi lahko pravilno določili projekt, je koristno opredeliti obseg potencialnega območja, ki bo oskrbovan z energijo, določiti delež proizvodnje na trgu, določiti investicijske faze projekta ter opisati tehnični del projekta, ki obsega podatke o:

- vrsti obrata električne energije;
- instalirani kapaciteti [MW];
- in proizvedeni električni energiji [TWh/leto].

Koristno je opredeliti še fizične podatke o poteku in dolžini električnih vodov, druge lastnosti omrežja, fizične lastnosti lokacije na kateri je predvidena gradnja, tehnično-tehnološke podatke naprav, tehniko gradnje in tehnične podatke o drugih potrebnih zgradbah, računalniške nadzorne sisteme ter telekomunikacijske sisteme.

3.2.1.1 Stroški vode kot naravnega vira

Za različne rabe vode in na splošno za obremenjevanje voda in posledično slabšanje stanja voda se skladno z nacionalno zakonodajo plačuje vrsto stroškov, ki so prikazani na spodnji sliki.



Delitev stroškov storitev, povezanih z obremenjevanjem voda (Bizjak et al., 2009)

Za rabo vode kot naravne dobrine, naplavin in vodnih zemljišč se v RS skladno z zakonom plačuje za pridobljeno vodno pravico, za obremenitev vodnega vira pa vodno povračilo. Vodna pravica se pridobi z vodnim dovoljenjem ali s koncesijo proti plačilu in podeljuje pravni ali fizični osebi pravico do rabe vodnega ali morskega javnega dobra ali naplavin. Plačevanje vodnih povračil je določeno z Zakonom o vodah, Uredbo o vodnih povračilih in s Pravilnikom o oskrbi s pitno vodo.

Višina plačila za koncesijo je skladno z zakonodajo enaka 4,2% povprečne prodajne vrednosti energije proizvedene v koledarskem letu, oziroma višja, če v postopku prijave na razpis o koncesiji prijavitelj ponudi več.

3.2.1.2 Investicijski stroški

Ekonomska izvedljivost investicije mHE je predvsem odvisna od tehničnih zahtev gradnje in potrebnega materiala. Ti znašajo večinski obseg investicijskih stroškov (ocenjeni so na 60%-80% vrednost celotne investicije), po drugi strani pa ima lahko velik vpliv na investicijske stroške še izbira električne opreme. Ocena ekonomske upravičenosti investicije temelji na preprostem izračunu. Investitor mora zagotoviti pozitiven izid med predračunskimi stroški investicije mHE in prihodki s prodajo energije, v obdobju amortizacijske dobe mHE.

Predračunski stroški investicije zajemajo:

- stroške projektiranja,
- stroški pridobivanja dovoljenj za izgradnjo,
- stroške odkupa oz. najema zemljišča; v primeru ko investitor ni lastnik zemljišča na katerem predvideva poseg v prostor, se mora z lastnikom dogovoriti o plačevanju najemnine zemljišča oz. o odkupu zemljišča,
- stroške gradbenih del,
- stroške hidromehanske opreme,
- stroške strojne opreme,
- stroške elektro opreme,
- stroške nadzora,

- stroške vzdrževanja,
- stroški obratovanja,
- stroške zavarovalne premije in
- stroške kreditov.

Pomemben vpliv na predvideno letno proizvodnjo električne energije mHE ima Q_{es} , ki omejuje količino odvzema vode oz. določa minimalno količino vode, ki jo je potrebno v vsakem obdobju spuščati mimo mHE zaradi ohranjanja vodnega in obvodnega življenja.

V nadaljevanju diplomskega dela bom na dveh konkretnih primerih določila vrednosti Q_{es} na območjih odvzema mHE in vpliv velikosti Q_{es} na proizvodnjo električne energije.

3.2.2 Koristi

Finančna analiza neposrednih koristi projekta zahteva napoved spremembe cen v prihodnosti ter razvojnih scenarijev drugih sektorjev za obdobje od 25 do 35 let, ker je trend povpraševanja po energiji zelo odvisen od razvoja drugih sektorjev. Ekonomska analiza projekta pa obravnava problem določanja denarne vrednosti koristi. Ta se določi kot prihodek od prodaje energije (glede na ustrezne obračunske cene), ovrednoti pa kot pripravljenost družbe plačati za energijo. Ovrednotiti je potrebno tudi posredne stroške oz. koristi, kot so:

- stroške za odpravo možnih negativnih učinkov na okolje,
- stroški drugih eksternih vplivov ki se jim ni mogoče izogniti, kot npr. izguba zemljišča, in iznakažena podoba pokrajine,
- določitev oportunitetnih stroškov vložkov,
- in dodatno vrednost zaradi večje ali manjše odvisnosti od tujine.

Proizvodne naprave za proizvodnjo električne energije iz OVE (t.j. obnovljivih virov energije) prejemajo finančno pomoč v obliki podpor, če stroški proizvodnje te električne energije presegajo ceno, ki jo je zanjo mogoče doseči na trgu z električno energijo.

Podpore električni energiji iz proizvodnih naprav OVE je, skladno z Uredbo o podporah električni energiji, proizvedeni iz OVE, mogoče koristiti na dva načina. Prvi način je tako imenovani zagotovljeni odkup energije, na podlagi katerega center za podpore, ne glede na cene električne energije na trgu, odkupi vso prevzeto neto proizvedeno električno energijo po zagotovljenih cenah električne energije, za katero je proizvodna naprava OVE prejela potrdila o izvoru.

Preglednica cen zagotovljenega odkupa električne energije iz proizvodnih naprav OVE–hidroenergija (Povzeto po: UL RS, št. 37/2009):

Velikostni razred proizvodne naprave	Cena zagotovljenega odkupa [EUR/MWh]
mikro (< 50 kW)	105,47
mala (< 1 MW)	92,61
srednja (do 5 MW)	82,34

Drugi način podpore električni energiji iz proizvodnih naprav OVE je tako imenovana finančna pomoč za tekoče poslovanje. Ta se dodeli za neto proizvedeno električno energijo, za katero je prejeto potrdilo o izvoru in za primere, ko proizvajalci električne energije iz OVE prodajajo električno energijo sami na trgu, ali jo porabijo kot lastni odjem. Dodatni pogoj koriščenja navedene podpore je, da morajo biti stroški proizvodnje te energije višji od cene, ki jo je za to električno energijo mogoče doseči na trgu z električno energijo.

Preglednica obratovalnih podpor za električno energijo iz proizvodnih naprav OVE-hidroenergija (Povzeto po: UL RS, št. 37/2009):

Velikostni razred proizvodne naprave	Obratovalna podpora [EUR/MWh]
mikro (< 50 kW)	49,57
mala (< 1 MW)	36,71
srednja (do 10 MW)	23,84
velika (do 125 MW)	18,07

Pri ekonomsko-finančni analizi mHE, ki sledi v nadaljevanju, sem upoštevala prvo varianto podpore električni energiji iz proizvodnih naprav OVE.

3.2.3 Investicijsko obdobje mHE

Investicijsko obdobje mHE je težko predvideti, ker je vsaka mHE unikat. Zelo približna ocena investicije je od 1000 do 1500 EUR na inštaliran kW moči, kar pomeni, da bi 100 kW mHE zahtevala investicijo 150000 EUR. Vložena sredstva naj bi se glede na današnje cene električne energije tako obrestovala v obdobju 15-ih let (Gospodjinački, M. 2006).

Za ekonomsko-finančno analizo primerov, podanih v nadaljevanju diplomske naloge, sem uporabila orodje Smart Mini-Idro. Program podaja nekoliko različne rezultate glede povezave med višino investicijskih stroškov in inštalirano močjo mHE, kar pa je podrobneje obravnavano v nadaljevanju diplomskega dela.

4 OBMOČJI PRIMEROV

Konkreten primer določitve vrednosti Q_{es} in vpliv velikosti tega parametra na poslovanje mHE bom opisala na dveh primerih mHE severne Primorske, ki sta v lasti družbe SENG d.o.o. Kot prvi primer bom obravnavala mHE Plužna, malo hidroelektrarno, ki obratuje že vrsto let na vodotoku Gljun (pritok reke Soče), kot drugi primer pa mHE Kneža na vodotoku Kneža (pritok reke Bače), ki je še v fazi pridobivanja potrebne dokumentacije za izgradnjo.

4.1 MHE Plužna – 1. Primer

mHE Plužna obratuje na vodotoku Gljun, desnemu pritoku reke Soče. Gljun ima kraški izvir, ki se po kraški terminologiji imenuje kropa, ker voda zaradi prekritja s skalnimi okruški prihaja na površje razpršeno.



Vodotok Gljun (SENG: mHE)

Takoj po območju izvira Gljuna je zgrajeno zajetje mHE Plužna. Zapornice jezu prepuščajo nekaj vode zaradi nepopolne zatesnjenosti. Ta voda med prodniki hitro ponikne in pušča strugo pri nizkih pretokih suho. Med jezom in vtokom bočnega odvzema se nahajata prodna izpusta. Jez mHE Plužna ni pod vplivom dinamičnih sil hudourniških voda kljub temu, da se nahaja neposredno v alpskem okolju. Za izvirom potoka Gljun namreč ni hudourniškega

zaledja, iz katerega bi se transportirale velike količine kamnitega materiala (Smolar-Žvanut et al., 2008).



Odvzem vode na vodotoku Gljun – mHE Plužna (SENG: mHE)

Struga potoka Gljun se glede na morfološke značilnosti deli na štiri odseke. V prvem delu struge, ki sega od izvira vodotoka in se vije približno 200 m daleč, je postavljeno zajetje mHE. Struga potoka je na tem delu široka, plitva, prekrita z velikimi, zaobljenimi prodniki. Ti so preraščeni z algami in mahom, kar je tipično za vodotoke kraškega značaja. Brežine so malo poraščene, drevesa pa se pojavljajo kar v pretočnem profilu vodotoka, saj njihove rasti visoke vode ne ovirajo. Preko struge potoka je zgrajen manjši most, ki omogoča dostop do akumulacijskega jezera, nad katerim se z leve strani v potok Gljun zliva pritok, ki prispeva majhno količino vode (5 l/s) in nekaj gramoza v strugo Gljuna.

MHE Plužna, po podatkih družbe SENG d.o.o., obratuje z inštalirano močjo 1,72 MW in inštaliranim pretokom 3,3 m³/s, pri čemer znaša povprečna letna proizvodnja električne energije 5300 MWh. Potencialna energija na obravnavanem odseku pa znaša 6308 MWh.

4.1.1 Okoljski pogoji

Obravnavano območje potoka Gljun se po podatkih prostorsko informacijskega sistema občin nahaja:

- na zavarovanem območju – Območje Soča s pritoki (Zakon o določitvi zavarovanega območja za reko Sočo s pritoki, 1976),
- v ekološko pomembnem območju za Slovenijo – Julijske Alpe (ekološko pomembno območje je območje habitatnega tipa, dela habitatnega tipa ali večje ekosistemske enote, ki pomembno prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti (Zakon o ohranjanju narave, 1999),
- potok Gljun in njegova okolica so definirani kot naravna vrednota.



Varstvo narave na območju vodotoka Gljun (Prostorsko informacijski sistem občin: občina Bovec)

4.1.2 Določitev Q_{es}

Za zagotavljanje ustreznega pretoka vode v vodotoku je nujna določitev Q_{es} , ki ohranja ekološko ravnotežje v in ob vodotoku. Določitev Q_{es} za potok Gljun, na območju odzema za mHE Plužna, se je na pobudo družbe SENG d.o.o. določil na podlagi izvedene študije. Pri študiji so bili upoštevani hidrološki, morfološki in ekološki kriteriji, dodatno pa še dejstvo, da gre za že obstoječi odjem vode.

Na podlagi izvedene študije je bilo ugotovljeno, da se je v obdobju nizkih pretokov vode iz vodotoka odvzemala skoraj vsa voda (približno 99 % zmanjšanje pretoka pod odvzemom vode). Odvzem vode je vplival na hidro morfološko stanje vodotoka, saj so se hitrosti vode in globina vode na odseku pod odvzemom vode zmanjšale glede na odsek nad odvzemom vode za mHE Plužna.

Kriteriji, ki nižajo vrednost Q_{es} :

- struktura rečnega dna in transport plavin;
- gre za že obstoječ odvzem vode;
- kljub dolgoletnemu obratovanju mHE, je ohranjena morfološka pestrost vodotoka.

Rezultati študije kažejo, da je na osnovi hidroloških, hidravličnih, morfoloških in ekoloških karakteristik vodotoka za ohranjanje naravnega ravnovesja v in ob vodotoku potrebno zagotavljati, na odseku, kjer se že izvaja odjem vode za mHE Plužna, vrednost Q_{es} v višini vsaj $0,150 \text{ m}^3/\text{s}$ čez celoletno obratovalno obdobje (Smolar-Žvanut et al., 2008).

Velikost vrednosti Q_{es} po Uredbi Q_{es} pa daje precej višjo vrednost od tiste, ki je določena na podlagi študije.

Q_{es} je po uredbi definiran z izrazom (3) (poglavje 2.2.3):

$$Q_{es} = f * sQ_{np}$$

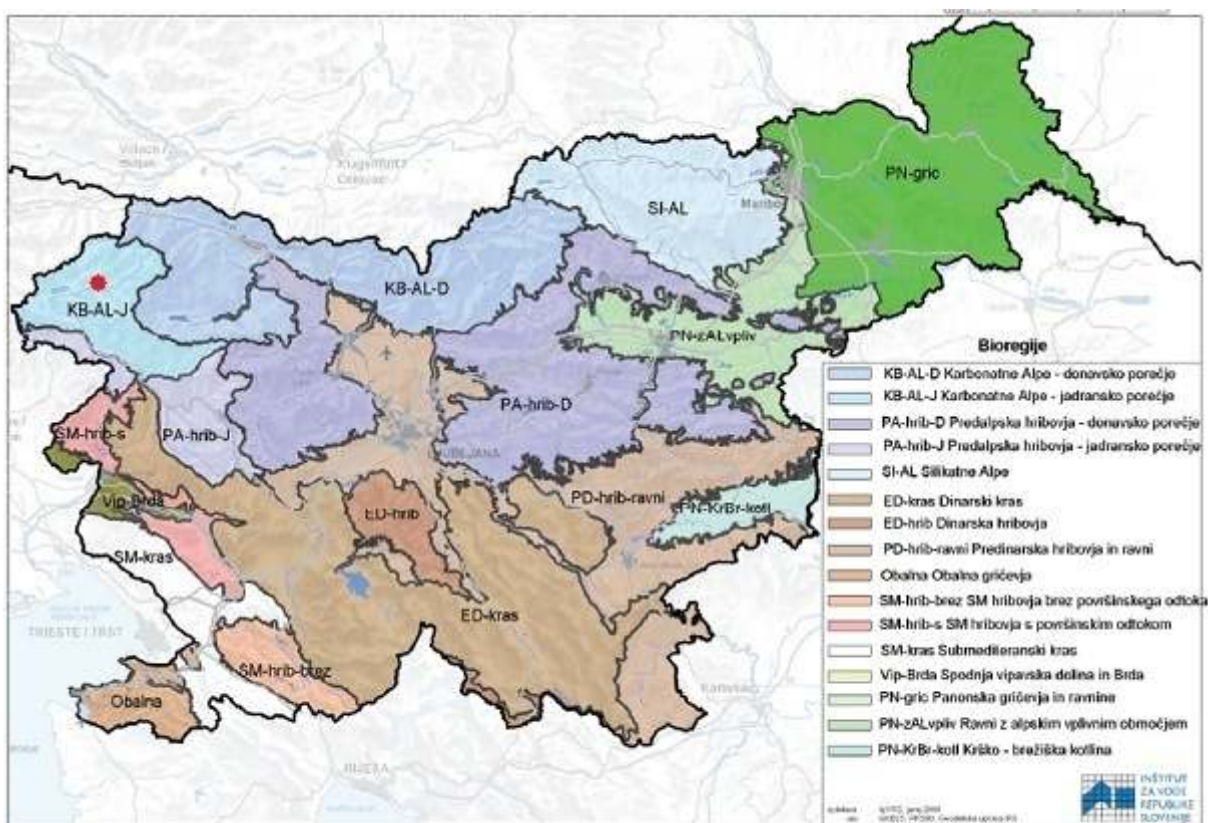
Ker na mestu odvzema za mHE Plužna ne obstajajo hidrološki podatki državnega hidrološkega monitoringa, ki ga izvaja ARSO, sem za vrednost srednjega malega pretoka uporabila podano oceno vrednosti pretoka iz podatkov študije napravljene na tem območju. V študiji so pri določitvi karakterističnih hidroloških parametrov vodotoka Gljun v prerezu odvzema za mHE Plužna upoštevani podatki iz dokumentacije, s katero razpolaga družba SENG d.o.o. in pretoki dobljeni pri hidrometričnih meritvah. Za natančnejšo določitev pretokov na tem območju bi bilo potrebno izvesti več simultanih meritev pretokov pri različnih vodnih stanjih.

Za prerez Gljun - odvzem vode za mHE Plužna so tako privzeti sledeči hidrološki parametri (podatki družbe SENG d.o.o.):

- površina vodozbirnega področja: $F = \text{kras}$ - (približna ocena $F=30 \text{ km}^2$)
- srednji pretok v obdobju: $sQ_s = 2,00 \text{ m}^3/\text{s}$
- srednji mali pretok v obdobju: $sQ_{np} = 0,22 \text{ m}^3/\text{s}$

Tako lahko z izrazom iz uredbe (3) po umestitvi mesta odvzema ter vodotoka glede na skupino ekološkega tipa vodotoka, velikost prispevne površine, vrsto odvzema in obdobje odvzema vode iz vodotoka določimo vrednost Q_{es} .

Iz spodnje slike lahko razberemo, da spada mesto odvzema za mHE Plužna na vodotoku Gljuna v bioregijo Karbonatne Alpe – Jadransko povodje.



Slika 5: Bioregije celinskih voda in »velike reke« Slovenije (mHE Plužna)

Glede na preglednico iz priloge A (povzete po Uredbi Qes), lahko obravnavano območje uvrstimo v skupino ekoloških tipov 3. Ker gre v primeru mHE Plužna za »dolga odzema« (t.j., skladno z Uredbo Qes, povraten odzema pri katerem se odvzeta voda vrača v vodotok na razdalji, ki je daljša od 100m) prispevne površine, ocenjene na 30 km², dobimo vrednost Q_{es} dolgega odvzema v sušnem obdobju iz izraza (3):

$$Q_{es} = 0,8 * 0,22 = 0,176 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vrednost Q_{es} dolgega odvzema v vodnatem obdobju znaša:

$$Q_{es} = 1,3 * 0,22 = 0,286 \text{ m}^3/\text{s}$$

Faktorja 0,8 in 1,3 odčitamo iz priloge B (povzete po Uredbi Qes).

4.1.3 Tehnične značilnosti

Hidroenergetski objekt Plužna je postavljen na desnem bregu reke Soče, pod krajem Bovec. mHE je derivacijska hidroelektrarna, sestavljena iz naslednjih objektov:

- zajetje, tik pod izvirov Gljuna s pregrado, z dvema zapornicama in betonskim prelivnim poljem;
- zaprt dovodni kanal do akumulacijskega bazena, v betonski izvedbi, dolžine 175 m in prereza 2,2 x 1,68 m;
- akumulacijski bazen s površino 8000 m², v AB izvedbi, nepravilne oblike in 3,5 m globok;
- dovodni kanal iz akumulacije do vodostaja je zaprtega tipa, v betonski izvedbi, dolžine 985 m in prereza 2,2 x 1,68 m. Dovodni kanal je vkopan v brežino;
- vodostaj z umirjevalnim bazenom v AB izvedbi, pravokotne oblike, katerega prostornina znaša 1000 m³;
- tlačni cevovod v jekleni izvedbi, na betonskih podstavkih, dolžine 120 m;
- strojnica (15,5x17,5x15 m) ter
- odvodni kanal dolžine 60 m in prereza 1,5 x 1,5 m.

Osnovne karakteristike mHE Plužna (SENG d.o.o., 2010):

- Kota zgornje vode: 423m
- Kota spodnje vode: 357m
- Bruto padeč: 66 m
- Neto padeč: ca. 59 m
- Dolžina cevovoda: 120 m
- Premer cevovoda: 1,2 m
- Tip turbine: Francis turbina
- Število turbin: 1
- Inštaliran pretok: 3,30 m³/s
- Inštalirana moč mHE: 1,72 MW
- Letna proizvodnja: 5,30 GWh

Zajetje

Zajetje mHE Plužna se nahaja tik pod izvirov Gljuna s pregrado, dvema zapornicama in betonskim prelivnim poljem (SENG d.o.o., 2009).

Dovodni sistem z akumulacijskim bazenom in vodostanom

Zajetje in akumulacijski bazen mHE povezuje zaprt dovodni kanal betonske izvedbe, dolžine 175 m in prereza 2,2 x 1,68 m. Akumulacijski bazen je nepravilne oblike, površine 8000 m², armiranobetonske izvedbe in globine do približno 3,5 m. Od akumulacijskega bazena do vodostana vodi zaprt dovodni kanal, betonske izvedbe, dolžine 985 m in prereza 2,2 x 1,68 m. Kanal je vkopan v brežino. Vodostan z umirjevalnim bazenom je v armirano-betonski izvedbi, pravokotne oblike. Prostornina vodostana je enaka 1000 m³, prelivni rob vodostana pa je na koti 412,9 m. Odtok je prost, po posebnem žlebu se voda vrača spet v vodotok Gljun. Tlačni cevovod dolžine 120 m v jekleni izvedbi stoji na betonskih podstavkih.



Dovodni kanal in zapornice mHE Plužna (SENG: mHE)



Akumulacijski bazen in dovodni cevovod mHE Plužna (SENG: mHE)

Strojnična zgradba

Strojnična zgradba mHE Plužna, dimenzij 15,5 x 17,5 x 15 m, ima en prostor, v katerem je nameščena Francisova turbina.



Strojnična zgradba z pogledom v notranjost mHE Plužna (SENG: mHE)

Vgrajena oprema mHE Plužna:

Zajetje z vtočnim objektom:

- talna zapornica,
- 2 vtočni zapornici,
- 2 odpeskovalni zapornici,
- rešetke in
- preliv.

Kanal od zajetja do bazena:

- kanalska zapornica,
- prelivno polje na kanalu do jezera,
- bazen z 2 odpeskovalnima zapornicama in prelivnim poljem,
- rešetke in
- hidravlična zapornica.

Kanal od bazena do vodostana:

- rešetke na vhodu v kanal,
- odpeskovalna zapornica in
- prelivno polje.

Vodostan:

- rešetke,
- prelivno polje,
- odtok po žlebu v vodotok in
- cevovod z oddušnikom.

Strojnica z iztočnim objektom:

- Francisova turbina in
- iztočni kanal, ki je delno pokrit, dolžine ca. 80 m.

Način obratovanja mHE Plužna in zagotavljanje Qes

Pri normalnem obratovanju se iz vodotoka odvzema razpoložljivo količino vode, največ do instaliranega pretoka. Visoki dotoki na obratovanje mHE ne vplivajo, ker se višek vode preliva preko prelivnih polj.

Ob vsakem večjem nalivu oz. ob izjemnih naravnih pojavih je pooblaščen oseba dolžna opraviti pregled objekta v obsegu treh važnejših kontrol:

- pregledati celoten objekt vključno z jezovno zgradbo,
- ugotoviti stanje zamašenosti rešetk v bazenu in vodostanu in
- preveriti delovanje agregata in v primeru sunkovitega delovanja agregat ustaviti.

V sušnih obdobjih oz. v obdobjih, ko je dotok manjši kot ca. 20% od instaliranega pretoka preide mHE na obratovalni režim polno – prazno.

V sklopu Poslovnega načrta se po podatkih družbe SENG d.o.o. vsako leto za tekoče leto določi plan aktivnosti za redna tekoča dela in večja vzdrževalna dela, v Načrtu rednih pregledov in posegov.

Ekološko sprejemljivi pretok, v višini 0,150 m³/s, se zagotavlja z odprtjem odpeskovalne zapornice.

4.1.4 Ekonomsko finančna analiza

Ekonomsko finančno analizo sem izvedla s pomočjo programa SMART Mini-Idro. Program omogoča tehnično-ekonomsko oceno projekta mHE in je v pomoč pri odločitvah realizacije takšnih projektov. S tem programom lahko izdelamo krivuljo trajanja pretokov na mestu odvzema mHE, lahko zbiramo tehnične in morfološke parametre ter izračunamo hidrološki potencial vodotoka. Ko poračunamo povprečno letno proizvodnjo energije mHE nam program omogoča še prikaz finančne analize projekta. Z oceno stroškov investicije in podatkom o odkupnih cenah energije na trgu nam ta program kot rezultat izračuna obdobje, v katerem bi se nam investicija povrnila.

Za analizo projekta mHE Plužna sem upoštevala naslednje podatke:

Krivuljo trajanja pretoka sem zaradi pomanjkanja meritev, na območju zajetja za mHE Plužna, dobila na podlagi velikosti prispevnega območja in povprečnih letnih padavin na tem območju. Podatke glede inštaliranega pretoka mHE, bruto padca, dolžine tlačnega cevovoda, tipa turbine in izkoristkov vgrajene opreme sem povzela po vrednostih, s katerimi razpolaga družba SENG d.o.o. Na podlagi zgoraj naštetih parametrov sem dobila podatek o povprečni letni proizvodnji energije glede na različne vrednosti Qes .

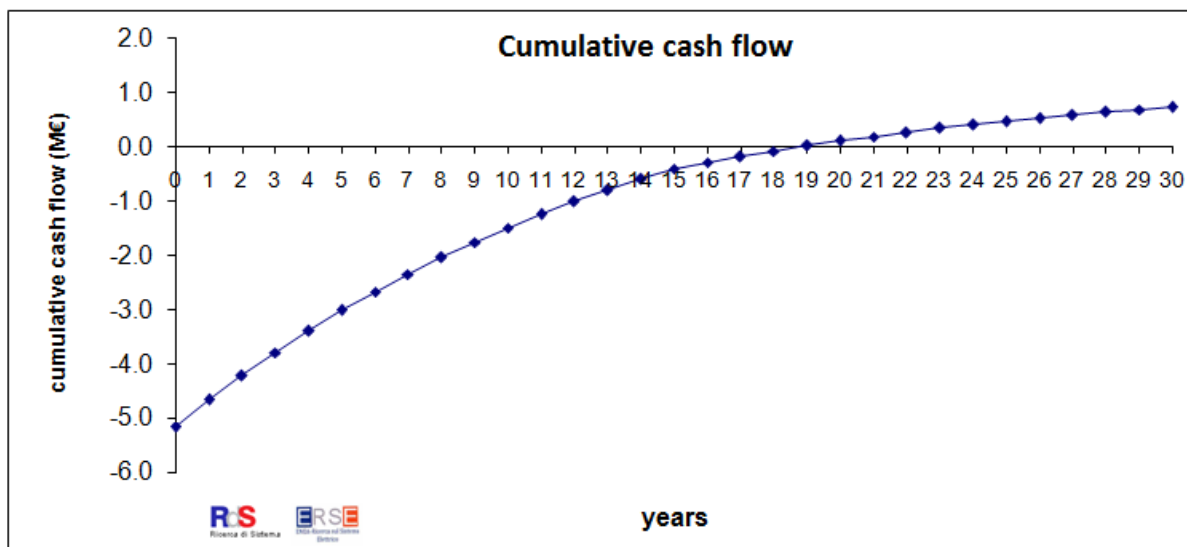
Ocena stroškov investicije mHE Plužna (vključno z DDV-jem) po podatkih družbe SENG d.o.o. (Rejec, Makovec, 2010) je naslednja:

- Gradbena dela in material: 3.354.000,00 EUR
- Elektromehanska oprema in centrala: 1.393.200,00 ER
- Projektiranje in administracija: 283.800,00 UR
- Drugo: 129,000,00 EUR

Letne stroške obratovanja in nadziranja mHE sem ocenila na 2% vrednosti celotne investicije. Diskontno stopnjo sem upoštevala v vrednosti 7%. Podporo električni energiji proizvedeni iz

proizvodnih naprav OVE sem upoštevala kot zagotavljeni odkup energije (vrednosti so podane v poglavju 2.4.2) za 15 letno obdobje.

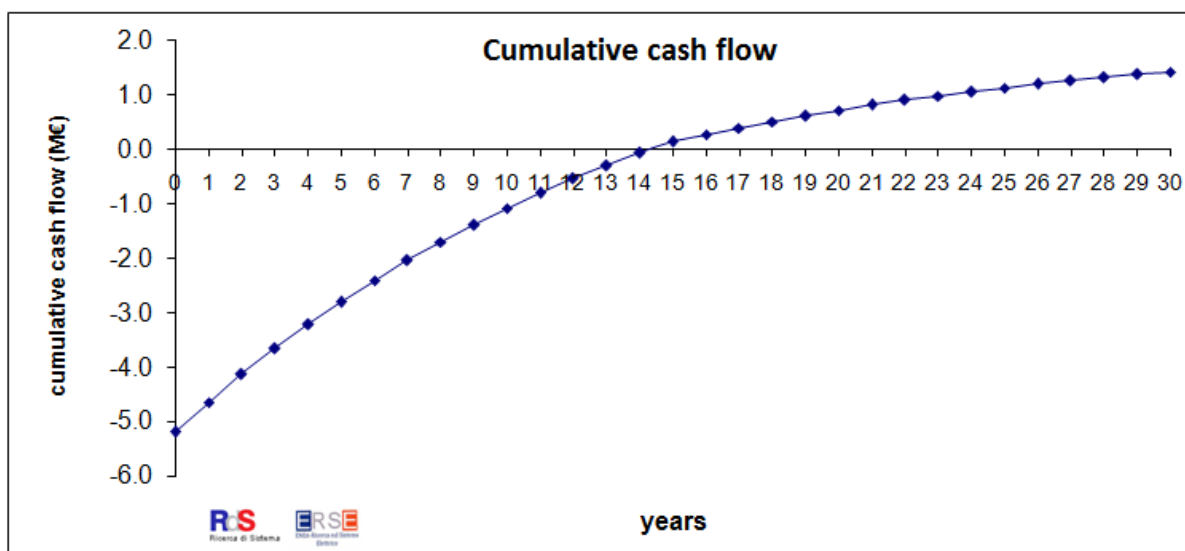
Za vrednost $Q_{es} = 0,286 \text{ m}^3/\text{s}$ (določeno na podlagi Uredbe Qes) sem s programom SMART Mini-Idro dobila naslednji rezultat:



Slika 6: Diagram časa povrnitve investicije mHE Plužna ($Q_{es}=0,286 \text{ m}^3/\text{s}$)

Rezultat finančne analize kaže, da ob upoštevanju vrednosti $Q_{es} = 0,286$ (določene na podlagi Uredbe Qes), bi se investicija, glede na stroške projektiranja, izgradnje, opreme in obratovanja, povrnila po 19-letnem obdobju obratovanja mHE.

Za vrednost $Q_{es} = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$ (določeno na podlagi študije) sem s programom SMART Mini-Idro dobila naslednji rezultat:



Slika 7: Diagram časa povrnitve investicije mHE Plužna ($Q_{es} = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$)

Rezultat finančne analize kaže, da ob upoštevanju vrednosti $Q_{es} = 0,150$ (določene na podlagi študije) bi se investicija, glede na stroške projektiranja, izgradnje, opreme, obratovanja, in na dodatne stroške študije, povrnila v 14-letnem obdobju obratovanja mHE. Stroške študije za določitev Q_{es} sem upoštevala kot dodatni strošek v višini 40.000 EUR (z DDV).

4.2 MHE Kneža – 2. Primer

Ideja in načrti o mHE Kneža segajo v obdobje konca 80-ih let, ko se je izdelala študija energetske izrabe na zahtevo družbe SENG d.o.o. Nadaljnje faze realizacije projekta so kasneje zastale zaradi investitorjevih drugačnih prioritet, sedaj pa so aktivnosti glede projekta mHE Kneža ponovno zaživele.

mHE Kneža je zasnovana kot pretočna elektrarna derivacijskega tipa. Postavljena je v srednjem toku vodotoka Kneža, ki se kot desni pritok izliva v reko Bačo v kraju Kneža. Na tem mestu je postavljena tudi vodomerna postaja, katere merjeni podatki, v obdobju od 1954

do 1966, so bili v tej nalogi uporabljeni za konstruiranje hidroloških podatkov za profil zajetja za mHE Kneža.

Potrebna količina vode se bi po načrtih iz vodotoka zajemala s Tirolskim zajetjem. Zajetje je postavljeno tik za pritokom Lipovščka v Knežo, strojnična zgradba je načrtovana približno 2030 m dolvodno od zajetja. Zajetje in turbino v strojnični zgradbi povezuje vkopan derivacijski cevovod, ki poteka ob in v cesti Kneža - Kneške ravne. Strojnica se nahaja na levem bregu vodotoka in je dvignjena nad strugo zaradi varnosti pred poplavnimi 100-letnimi vodami. Z zaježitvijo vodotoka je na tem mestu posledično prekinjena možnost selitve rib na drstišča in pasišča. Za omilitev takih posledic je predvidena izgradnja ribje steze, ki omogoča vodnim organizmom nemotene selitve gorvodno in dolvodno po strugi vodotoka. Izpust ekološko sprejemljivega pretoka zagotavlja mHE Kneža na zajetju in tako omogoča preživetje vodnim organizmom tudi v sušnih obdobjih.

4.2.1 Ugotovitev potenciala

mHE Kneža bi, po podatkih družbe SENG d.o.o., obratovala z inštalirano močjo 0,953 MW in inštaliranim pretokom 2,1 m³/s, pri čemer bi bila povprečna letna proizvodnja električne energije 4029 MWh. Potencialna energija na obravnavanem odseku znaša 4700 MWh. Pri izračunu povprečne letne proizvodnje energije so bile upoštevane tudi vse predvidene linijske in lokalne izgube v derivacijskem cevovodu, izguba na Francis turbini, izkoristek na generatorju ($n_g = 0,96$) in transformatorju ($n_t = 0,99$) ter izgube v strojnični zgradbi.

4.2.2 Okoljski pogoji

Obravnavano območje vodotoka Kneža se po podatkih prostorsko informacijskega sistema občin nahaja v ekološko pomembnem območju za Slovenijo – Julijske Alpe (ekološko pomembno območje je območje habitatnega tipa, dela habitatnega tipa ali večje ekosistemske enote, ki pomembno prispeva k ohranjanju biotske raznovrstnosti (Zakon o ohranjanju narave, UL RS, št. 56/1999 (31/2000 - popr.)). Potok Kneža in njegova okolica so definirani kot naravna vrednota.



Varstvo narave na območju vodotoka Kneža (Prostorsko informacijski sistem občin: občina Tolmin)

4.2.3 Določitev Q_{es}

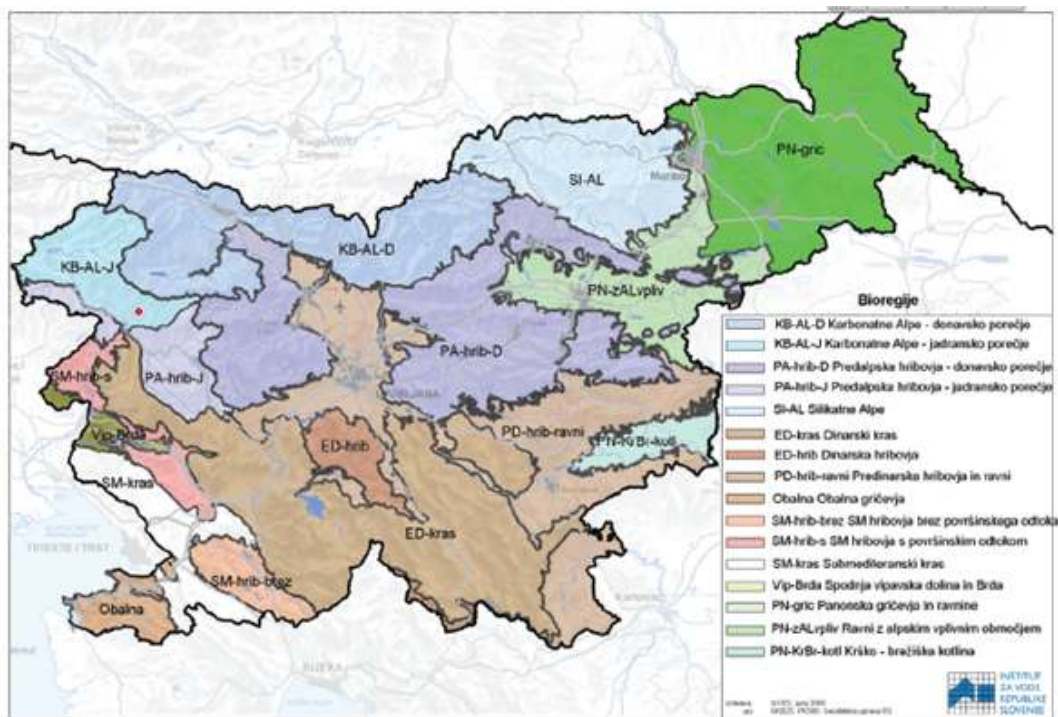
Za prerez Kneža - odvzem vode za mHE Kneža so hidrološki parametri povzeti po poročilu »hidrološki podatki za lokacije mHE – povodje Kneže s pritoki«, izdanem s strani Hidrometeorološkega zavoda Slovenije (1988).

Hidrološki podatki za mesto zajetja za mHE Kneža:

- površina vodozbirnega področja: $F = 19,6 \text{ km}^2$
- srednji pretok v obdobju: $sQ_s = 1,33 \text{ m}^3/\text{s}$
- srednji mali pretok v obdobju: $sQ_{np} = 0,34 \text{ m}^3/\text{s}$

Tako lahko z izrazom (3) povzetim po Uredbi Q_{es} , po umestitvi mesta odvzema ter vodotoka glede na skupino ekološkega tipa vodotoka, velikost prispevne površine, vrsto odvzema in obdobje odvzema vode iz vodotoka, določimo vrednost Q_{es} .

Iz slike v nadaljevanju lahko razberemo, da spada mesto odvzema za mHE Kneža na vodotoku Kneža v bioregijo Karbonatne Alpe – jadransko povodje.



Slika 8: Bioregije celinskih voda in »velike reke« Slovenije (mHE Kneža)

Iz priloge A (povzete po Uredbi Qes), lahko obravnavamo območje uvrstimo v skupino ekoloških tipov 3. Ker gre za dolg odvzem prispevne površine 19,6 km², dobimo vrednost Q_{es} za dolg odvzem v sušnem obdobju:

$$Q_{es} = 0,8 * 0,34 = 0,272 \text{ m}^3/\text{s}$$

Vrednost Q_{es} dolgega odvzema v vodnatem obdobju znaša:

$$Q_{es} = 1,3 * 0,34 = 0,442 \text{ m}^3/\text{s}$$

Faktorja 0,8 in 1,3 v zgornjih enačbah določimo s pomočjo preglednice iz priloge B, (povzete po Uredbi Qes).

4.2.4 Tehnične značilnosti

MHE Kneža, je predvidena in načrtovana kot pretočna, mala hidroelektrarna, derivacijskega tipa. Po podatkih družbe HSE invest d.o.o. mHE Kneža sestavljajo naslednji hidrotehnični objekti:

- Tirolsko zajetje s peskolovom,
- derivacijski cevovod in
- strojnična zgradba.

Osnovne karakteristike mHE Kneža:

- Kota zgornje vode: 396,60 m
- Kota spodnje vode: 335 m
- Bruto padeč: 61 m
- inštaliran pretok: 2,10 m³/s
- Dolžina cevovoda: 2010 m
- Premer cevovoda: 1295 mm
- Manningov koeficient: 0,012
- Tip turbine: Francis turbina
- Inštaliran pretok: 2,10 m³/s
- Inštalirana moč mHE: 0,953 MW
- Povprečna letna proizvodnja energije: 4,029 GWh

Zajetje

Za mHE Kneža se predvideva zajem vode iz vodotoka s Tirolskim zajetjem. Tak tip zajetja omogoča prevajanje večjih plavin in proda preko pragu, ker ima posebno v ta namen oblikovane rešetke na dolvodnem delu. S Tirolskim zajetjem je na enostaven način omogočen odvzem potrebne količine vode za nemoteno obratovanje mHE ter istočasno prevajanje viška vode in Q_{es} nazaj v strugo vodotoka (3. Načrt gradbenih konstrukcij za mHE Kneža, 2010).

Zajetje je sestavljeno iz betonskega praga, ki ima v svojem telesu zajemno korito, prekrito z grobo rešetko. Rešetka je dolga 10 m in široka 1,2 m in preprečuje vnos večjih rečnih plavin. Korito je dimenzionirano tako, da zajame inštalirani pretok, odvečna voda pa se preko hrbtna praga odliva v naravno strugo vodotoka.

Zajemno korito je povezano s peskolovom, da je preprečen prehod manjših frakcij proda, ki prehajajo skozi grobo rešetko. Leva stran peskolova je izvedena v naklonu tako, da usmeri sedimente na desno stran peskolova proti odpeskovalni zapornici. Peskolov je predvidoma pokrit z armiranobetonsko ploščo, ta pa z nasutjem. Med peskolovom in zajemnim koritom je nameščen jašek s tablasto zapornico, ki služi za korigiranje dotoka v peskolov. Na dolvodni strani peskolova je nameščen izpust, poleg njega pa je predviden vtok v cevovod. Fina rešetka je nameščena pred vtokom na AB zid. Fina rešetka preprečuje vtok listja in podobnih plavin v cevovod, zid pa preprečuje vtekanje sedimentov v cevovod. Čistilni stroj prenese plavine iz fine rešetke v korito na zunanji strani peskolova. Nad zgornjim delom rešetke stoji preliv, preko katerega se prelivajo viški vode v isto korito kot plavine iz rešetke in jih tako splakujejo iz korita spet v strugo vodotoka (3. Načrt gradbenih konstrukcij za mHE Kneža, 2010).

Derivacijski cevovod

Derivacijski cevovod je po načrtu predvidoma vkopan v teren in poteka ob vodotoku Kneža. Minimalna višina nadkritja je enaka 80 cm, kar zagotavlja minimalno odpornost proti zmrzovanju vode v cevovodu v zimskem obdobju.

Strojnična zgradba

Strojnična zgradba stoji na levem bregu Kneže v bližini ceste Kneža - Kneške ravne. Zgradba, dimenzij 7,60 m * 13,10 m, je v celoti armiranobetonska konstrukcija s podporno zaledno steno, ki podpira zaledni breg. V strojnici je nameščena Francis turbina s pripadajočo mehansko opremo in električne omarice. Voda se iz turbine pretaka v iztočni kanal proti strugi Kneže, kjer je predviden izpust spet v strugo vodotoka (3. načrt gradbenih konstrukcij za mHE Kneža, 2010).

4.2.5 Ekonomsko finančna analiza

Za analizo projekta mHE Kneža sem upoštevala naslednje podatke:

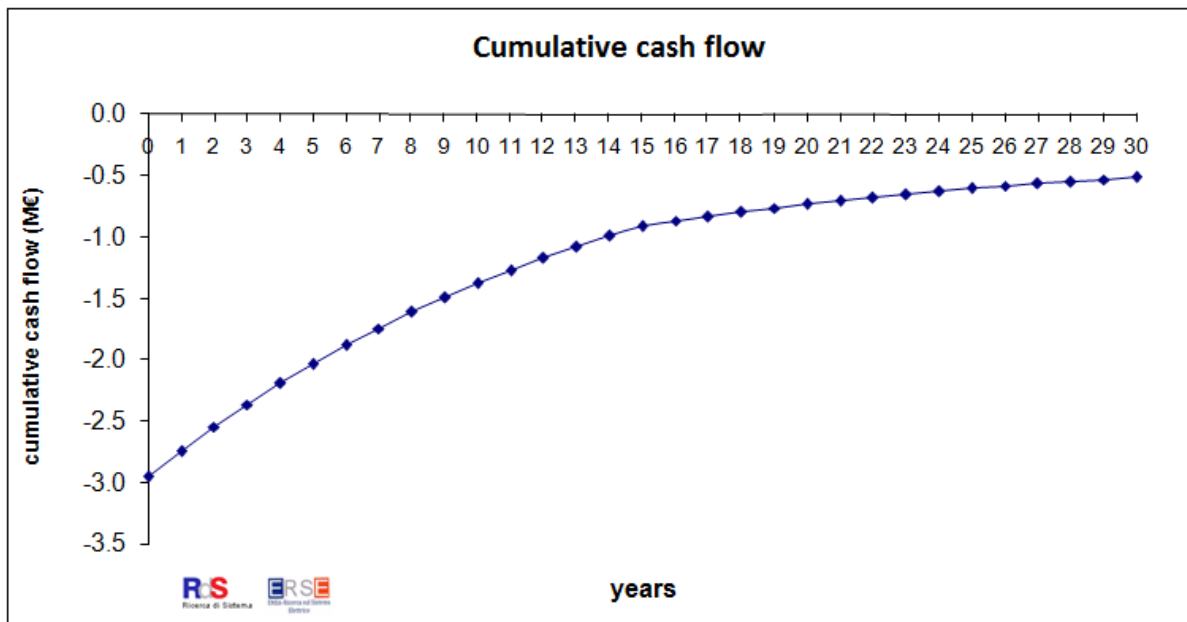
Podatke za izris krivulje trajanja pretokov sem vnesla ročno, na podlagi hidroloških podatkov državnega hidrološkega monitoringa. Podatke glede inštaliranega pretoka, bruto padca, dolžine tlačnega cevovoda, tipa turbine in izkoristkov vgrajene opreme sem povzelo po podatkih, s katerimi razpolaga družba SENG d.o.o. Na podlagi teh podatkov sem dobila podatek o povprečni letni proizvodnji energije glede na različne vrednosti Q_{es} .

Ocena stroška investicije mHE Kneža po podatkih družbe SENG d.o.o. (Rejec, Makovec, 2010):

- Gradbena dela in material: 797.611,00 EUR
- Elektromehanska oprema in centrala: 1.861.209,00 EUR
- Projektiranje in administracija: 206.801,00 EUR
- Drugo: 88.629,00 EUR

Stroški obratovanja in nadzora mHE sem ocenila na 2 % vrednosti celotne investicije na leto. Diskontno stopnjo sem upoštevala v vrednosti 7 %. Podporo električni energiji, proizvedeni iz proizvodnih naprav OVE, sem upoštevala kot zagotovljeni odkup energije (vrednosti so podane v poglavju 2.4.2) za 15 letno obdobje.

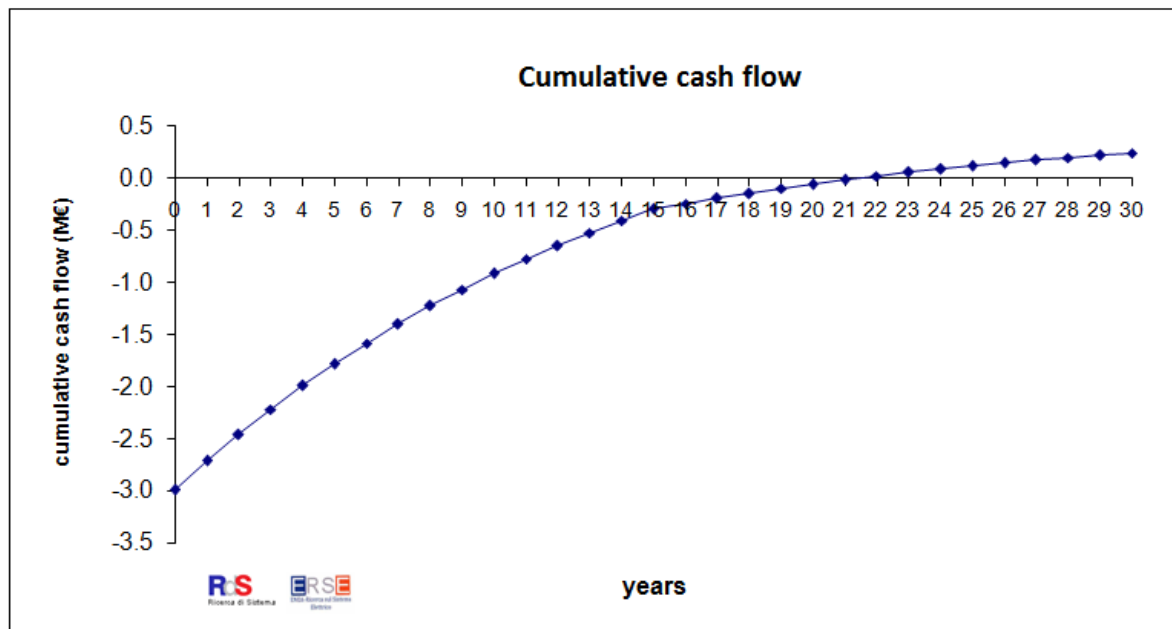
Za vrednost $Q_{es} = 0,442 \text{ m}^3/\text{s}$ (dobljeno na podlagi Uredbe Qes) sem s programom Smart Mini-Idro dobila naslednji rezultat:



Slika 9: Diagram časa povrnitve investicije mHE Kneža ($Q_{es} = 0,442 \text{ m}^3/\text{s}$)

Rezultat finančne analize kaže, da ob upoštevanju vrednosti $Q_{es} = 0,442$ (dobljene na podlagi Uredbe Qes) se investicija, glede na stroške projektiranja, izgradnje, opreme in obratovanja, ne povrnita niti po 30-letnem obdobju obratovanja mHE.

Za vrednost $Q_{es} = 0,220 \text{ m}^3/\text{s}$ (določeno na podlagi študije) sem s programom Smart Mini-Idro dobila naslednji rezultat:



Slika 10: Diagram časa povrnitve investicije mHE Kneža ($Q_{es} = 0,220 \text{ m}^3/\text{s}$)

Rezultat finančne analize kaže, da bi se ob upoštevanju vrednosti $Q_{es} = 0,220 \text{ m}^3/\text{s}$ (dobljene na podlagi študije) investicija, glede na stroške projektiranja, izgradnje, opreme, obratovanja in glede na dodatne stroške študije, povrnila v 22-letnem obdobju obratovanja mHE. Stroške študije za določitev Q_{es} sem upoštevala kot dodatni strošek v višini 40.000 EUR (z DDV).

5 SINTEZA

Izračuni kažejo, da je vrednost Q_{es} določena na podlagi Uredbe Q_{es} večja za 90,66% od vrednosti Q_{es} , dobljene na podlagi študije za mHE Plužna, medtem ko je pri mHE Kneža razlika v vrednosti Q_{es} večja za več kot 100 %.

Preglednica 1: Vrednosti Q_{es} določene na podlagi Uredbe Q_{es} in na podlagi študije

	Vrednost Q_{es} določena na podlagi Uredbe Q_{es} [m ³ /s]	Vrednost Q_{es} določena na podlagi študije [m ³ /s]	Razlika v vrednostih Q_{es} [%]
mHE Plužna	0,286	0,150	90,66
mHE Kneža	0,442	0,220	100,91

MHE Plužna

Preglednica 2: Vrednosti povprečne proizvodnje električne energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve za mHE Plužna ($Q_{es} = 0,286$)

Q_{es}:	0.286	m³/s
Zagotovljena odkupna cena električne energije:	82.340	EUR/MWh
Povprečna proizvodnja el. energije:	7946.000	MWh
Vodno povračilo:	1068.580	EUR
Koncesijska dajatev:	27479.493	EUR
Skupaj:	28548.073	EUR

Preglednica 3: Vrednosti povprečne proizvodnje električne energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve za mHE Plužna ($Q_{es} = 0,150$)

<i>Q_{es}</i>:	0.150	m³/s
Zagotovljena odkupna cena električne energije:	82.340	EUR/MWh
Povprečna proizvodnja el. energije:	8769.000	MWh
Vodno povračilo:	1068.580	EUR
Koncesijska dajatev:	30325.657	EUR
skupaj:	31394.237	EUR

MHE Kneža

Preglednica 4: Vrednosti povprečne proizvodnje električne energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve za mHE Kneža ($Q_{es} = 0,442$)

<i>Q_{es}</i>:	0.442	m³/s
Zagotovljena odkupna cena električne energije:	92.61	EUR/MWh
Povprečna proizvodnja el. energije:	3205	MWh
Vodno povračilo:	796.18	EUR
Koncesijska dajatev:	12466.2321	EUR
skupaj:	13262.4121	EUR

Preglednica 5: Vrednosti povprečne proizvodnje električne energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve za mHE Kneža ($Q_{es} = 0,220$)

<i>Q_{es}</i>:	0.220	m³/s
Zagotovljena odkupna cena električne energije:	92.61	EUR/MWh
Povprečna proizvodnja el. energije:	4022	MWh
Vodno povračilo:	796.18	EUR
Koncesijska dajatev:	15644.05164	EUR
skupaj:	16440.23164	EUR

Takšna razlika v vrednostih Q_{es} pomeni, glede na raziskavo, izgubo dobička pri mHE Plužna v vrednosti 9,4 %, pri mHE Kneža pa kar za vrednost 20,36 %.

5.1 MHE Plužna

Investicija mHE Plužna se je glede na raziskavo izkazala kot ekonomsko upravičena investicija v primeru, ko bi upoštevali vrednost Q_{es} , določeno na podlagi študije. V primeru, da bi upoštevali vrednost Q_{es} , določeno na podlagi Uredbe Qes, pa se investicija mHE Plužna izkaže kot ekonomsko neupravičena, saj se stroški takšne investicije, glede na krivuljo trajanja pretoka, inštalirano moč elektrarne, vrsto turbine, odkupno ceno energije, stroške vzdrževanja, stroške obratovanja mHE in glede na stroške vodnih povračil, ne bi povrnili niti v 30 letnem obdobju obratovanja mHE.

Ker je za ekonomske izračune treba predpostaviti ceno energije za nekaj 10 let vnaprej, je bila izdelana groba ocena občutljivosti-kakšne bi bile posledice ostipanja od upoštewane cene.

Da bi se stroški takšnega projekta, z upoštevanjem Q_{es} po Uredbi Qes, povrnili v 15 letnem obdobju in bi tako investicija postala ekonomsko upravičena, bi se morala zagotovljena odkupna cena energije zvišati za vrednost podano v spodnji preglednici.

Preglednica 6: Nove odkupne cene električne energije za mHE Plužna

Q_{es} [m ³ /s]	Povprečna prodajna cena energije [EUR/kWh]	Nova povprečna prodajna cena energije [EUR/kWh]	Razlika v prodajni ceni energije [%]
0,286	0,08324	0,08934	7,3

Kot prikazujejo rezultati, bi investicija mHE Plužna postala ekonomsko upravičena investicija z upoštevanjem Q_{es} , določenega na podlagi Uredbe Qes, v primeru, da bi se prodajna cena električne energije povišala za 7,3 %.

Preglednica 7: Nove vrednosti povprečne proizvodnje energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve glede na spremenjene odkupne cene električne energije za mHE Plužna, s Q_{es} določenim na podlagi Uredbe Q_{es}

Q_{es}:	0.286	m³/s
Zagotovljena odkupna cena električne energije:	89.340	EUR/MWh
Povprečna proizvodnja el. energije:	7946.000	MWh
Vodno povračilo:	1068.580	EUR
Koncesijska dajatev:	29815.617	EUR
skupaj:	30884.197	EUR

MHE Plužna bi postala glede na karakteristike in brez sprememb odkupne cene električne energije ekonomsko upravičena investicija tudi v primeru, da bi se stroški investicije zmanjšali za vrednosti prikazane v spodnji preglednici.

Preglednica 8: Vrednosti investicije in nove vrednosti investicije mHE Plužna

Q_{es}: [m³/s]	Sedanja ocenjena vrednost investicije mHE Plužna [EUR]	Nova vrednost investicije mHE Plužna [EUR]	Razlika v investicijski ceni mHE Plužna [%]
0,286	5.160.000,00	4.806.000,00	6,86

Rezultati kažejo, da bi se investicija mHE Plužna povrnila v 15-letnem obdobju obratovanja mHE z današnjimi zagotovljenimi cenami odkupa električne energije v primeru, če bi se cena investicije zmanjšala za 6,86 % pri $Q_{es} = 0,286$ m³/s (določenem po Uredbi Q_{es}).

5.2 MHE Kneža

Investicija mHE Kneža se je glede na analizo izkazala kot ekonomsko ne povsem upravičena investicija v primeru, ko bi upoštevali vrednost $Q_{es} = 0,220$ m³/s, dobljeno na podlagi študije. V primeru upoštevanja vrednosti $Q_{es} = 0,442$ m³/s (vrednost dobljena na podlagi Uredbe Q_{es})

pa rezultati analize kažejo, da se investicija ne bi povrnila niti po 30-ih letih obratovanja mHE.

Da bi se stroški takšnega projekta, z upoštevanjem Q_{es} po Uredbi Qes, povrnili v 15-letnem obdobju in bi tako investicija postala ekonomsko upravičena, bi se morala zagotovljena odkupna cena energije zvišati za vrednosti podane v spodnji preglednici.

Preglednica 9: Današnje in nove odkupne cene električne energije za mHE Kneža

Q_{es} [m ³ /s]	Povprečna prodajna cena energije [EUR/kWh]	Nova povprečna prodajna cena energije [EUR/kWh]	Razlika v prodajni ceni energije [%]
0,442	0,09261	0,12761	37,79
0,220	0,09261	0,10261	10,8

Investicija mHE Kneža bi postala ekonomsko upravičena investicija tudi z upoštevanjem Q_{es} , določenega na podlagi Uredbe Qes, v primeru, če bi se prodajna cena električne energije povišala za 37,79 %. V primeru, da bi upoštevali vrednost Q_{es} , dobljene na podlagi študije, pa bi se zagotovljena odkupna cena električne energije morala zvišati za 10,8 % glede na današnjo ceno, da bi se investicija povrnila v obdobju 15-letnega obratovanja mHE .

Preglednica 10: Nove vrednosti povprečne proizvodnje energije, vodnega povračila in koncesijske dajatve glede na novo odkupno ceno električne energije

Q_{es}:	0.220	m³/s
Zagotovljena odkupna cena električne energije:	102.61	EUR/MWh
Povprečna proizvodnja el. energije:	3905	MWh
Vodno povračilo:	796.18	EUR
Koncesijska dajatev:	16829.0661	EUR
skupaj:	17625.2461	EUR

MHE Kneža bi postala glede na karakteristike in brez sprememb odkupne cene električne energije ekonomsko upravičena investicija tudi v primeru, če bi se stroški investicije zmanjšali za vrednosti, prikazane v spodnji preglednici.

Preglednica 11: Vrednosti investicije in nove vrednosti investicije mHE Kneža

<i>Q_{es}</i> [m³/s]	Sedanja ocenjena vrednost investicije mHE Plužna [EUR]	Nova vrednost investicije mHE Plužna [EUR]	Razlika v investicijski ceni mHE Plužna [%]
0,442	2.954.300,00	2.183.091,00	26,1
0,220	2.994.300,00	2.733.091,00	8,72

Rezultati kažejo, da bi se investicija mHE Kneža povrnila v 15-letnem obdobju obratovanja z današnjimi zagotovljenimi cenami odkupa električne energije v primeru, da bi se cena investicije zmanjšala za 26,1 % pri $Q_{es} = 0,442$ m³/s (po Uredbi Qes). V primeru da bi upoštevali manjšo vrednost Q_{es} (po študiji), pa bi se cena investicije morala znižati za 8,72 %, da bi se stroški takšne investicije povrnili v 15-letnem obdobju obratovanja mHE.

5.3 Analiza občutljivosti

Pri dolgoročnih projektih, pri katerih ne moremo predvideti vseh dogodkov v naprej in ne moremo natančno zagotoviti planirane poslovne rezultate, z analizo občutljivosti ugotovljamo verjetnost realizacije oz. odstopanja planiranih učinkov zaradi nepredvidenih dogodkov.

Potencialni kritični faktorji v tem projektu so številni. Prva kritična spremenljivka je podatek o povprečnem letnem pretoku za sestavo krivulje trajanja pretokov, kjer za konkreten primer na odveznem mestu mHE Plužna ne obstajajo hidrološki podatki državnega hidrološkega monitoringa, ampak sem krivuljo trajanja pretoka ocenila glede na obstoječe podatke o površini prispevnega območja, povprečnih letnih padavin in povprečnem sQ_s , ocenjenim na

podlagi študije napravljene na tem območju. Tudi prispevna površina tega območja je ocenjena na 30 km², ker bolj natančne velikosti površine prispevnega območja zaradi kraških značilnosti terena ni mogoče ovrednotiti.

Iz doslej prikazane analize obeh mHE izhaja, da sta projekta mHE Plužna in mHE Kneža najbolj občutljiva na spremembe investicijske vrednosti projekta in manj na poslovni prihodek.

V programu Smart Mini-Idro lahko parametre po potrebi spremenimo, če želimo spremeniti vpliv na končne izračune in tako preveriti občutljivost posameznih kriterijev na končno analizo.

6 ZAKLJUČEK

Energija iz mHE obsega velik, a do danes skromno izkoriščen potencial, ki lahko pomembno pokriva potrebo po energiji v prihodnje. V Sloveniji je na voljo naj sodobnejša tehnologija s področja mHE, vendar se razmere na tržišču zaostrejuje, ne glede na nacionalne cilje za povečanje proizvodnje energije iz čistih virov. Veča se število okoljskih in institucionalnih zahtev, ki zaostrejuje pogoje pridobivanja dovoljenj za gradnjo novih mHE in omejuje obratovanje starih mHE.

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka jasno predpisuje način določitve Q_{es} na območju odvzema vode za mHE, upoštevajoč vrsto parametrov. Žal pa rezultati kažejo, da se vrednosti Q_{es} , dobljene na podlagi Uredbe Q_{es} , in vrednosti Q_{es} , dobljene na podlagi podrobnejše študije, lahko razlikujejo tudi za 100% in več. Ta podatek dokazuje, da so vrednosti Q_{es} , dobljene na podlagi Uredbe Q_{es} , pretirano visoke in ovirajo uspešnost poslovanja malih hidroelektrarn.

V mnogih primerih iz narave se lepo vidi, da je uspešen obstoj mHE v naravnem okolju mogoč. Nedvomno se mHE lažje zlijejo z okoljem kot velike HE, pri katerih so tehnične zahteve manj fleksibilne. Kljub temu pa se tudi male hidroelektrarne srečujejo z okoljskimi problemi, katere pa se lahko z odgovornim, izkušenim in inovativnim projektiranjem omili do vzpostavitve ravnovesja. Iskanje pravega ravnovesja za zaščito narave kljub izkoriščanju njenih dobrin ne sme predstavljati oviro, ampak izziv pri iskanju novih rešitev na tem področju.

Zakonodajo tega področja pa bi bilo potrebno poenotiti, tako da bi postal postopek zbiranja vse potrebne dokumentacije na področju mHE lažje dostopen javnosti in bi bil tako bolj jasen glede zahtev, pravic in dolžnosti na tehničnem, ekološkem in ekonomskem področju.

VIRI

ARSO:

<http://www.arso.gov.si/narava/natura%202000/karta/> (01.04.2010)

Bizjak et al., 2009. Načrt upravljanja voda na vodnem območju Donave in na vodnem območju Jadranskega morja (predlog). Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Inštitut za vode Republike Slovenije: str. 38-43 in 46-50

Davitti, A., Alterach, J., Peviani, M., 2006. SMART *Mini-Idro* – Strumento informatico per la valutazione della fattibilità tecnico-economica di impianti mini idroelettrici ad acqua fluente. Ministero dello sviluppo economico.

Direktiva o spodbujanju uporabe energije iz obnovljivih virov 2009/28/ES

Direktiva o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst 92/43/EGS

Društvo Zoja, 2009 (Tehnološko inovacijsko vozlišče za okoljske in energetske tehnologije ter trajnostni razvoj):

http://www.trajnostnirazvoj.si/index.php?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=3 (15.04.2010)

Energetski zakon. UL RS št. 27-3549/ 07

ESHA, 2004. Environmental impact and its mitigation. V: ESHA, Guide on How to Develop a Small Hydropower plant: str. 224-234

ESHA:

<http://www.esha.be/index.php?id=44> (15.04.2010)

ESHA: State of the art of small hydropower in EU-25, 2010:

http://www.esha.be/fileadmin/esha_files/documents/publications/publications/State_of_the_Art.pdf (15.04.2010)

Evropska Agencija za okolje, 2009:

<http://www.eea.europa.eu/sl/pressroom/newsreleases/susa-in-cezmerna-poraba-vode-v-evropi>
(03.05.2010)

Evropska vodna direktiva 2000/66/ES

Gimnazija Vič:

http://www.gimvic.org/projekti/projektno_delo/2007/2d/sok/voda/hidroelektrarne.html
(01.07.2010)

Gospodjinački, M., 2006:

http://www.zdmhe.si/files/O_ZDMHE_Energetika_net_29_03_06.pdf (4.7.2010)

Gradbena izvedba majhne hidroelektrarne, 1986. V: Zgradimo majhno hidroelektrarno.
Ljubljana, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije: 6. Del, 24-204 str.

Hidropower:

<http://www.hidropower.si/main.php?sub=hidro&page=9> (01.07.2010)

Jerkovič, B., 1996. Male hidroelektrarne. Maribor, Ministrstvo za gospodarske dejavnosti
republike Slovenije: str. 6-7 in 12-47

Lutra (Inštitut za ohranjanje naravne dediščine):

<http://izobrazevanje.lutra.si/Kapljice-znanosti.html> (12.04.2010)

Portal Montažne hiše:

<http://montazne-hise-on.net/obnovljivi-viri-energije.html> (01.07.2010)

Mrak, S. 2010. Večkriterijska analiza za malo hidroelektrarno Kokra. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva: 1-21 str.

Natura 2000:

<http://www.natura2000.gov.si/index.php?id=45> (15.05.2010)

Pemič, A., Mikoš, M. 2008. Ljubljana, Inženirska hidrotehnika-univerzitetni učbenik, verzija 2. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za splošno hidrotehniko: str. 297-348

Pravilnik o gradbiščih. UL RS št. 55/2008

Pravilnik o projektni dokumentaciji. UL RS št. 66/2004

Priročnik za izdelavo analize stroškov in koristi investicijskih projektov, 2004. Ljubljana, Služba Vlade RS za strukturno politiko in regionalni razvoj: str. 83, 84, 85.

Prostorsko informacijski sistem občin:

<http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=BOVEC> (10.04.2010)

<http://www.geoprostor.net/piso/ewmap.asp?obcina=TOLMIN> (10.04.2010)

Pušnik, M., 2010. Ocena vplivov mHE na okolje z uporabo večkriterijske analize. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Študij vodarstva in komunalnega inženirstva: 1-25 str.

Razpet, A. 1997. Elektroenergetski sistemi. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije: str. 156-165

Rejec, A., Makovec, A. Ocena investicij mHE Plužna in mHE Kneža. Sporočilo za: Urška Jakin, 26. avgust 2010. Osebna komunikacija.

SENG d.o.o.:

<http://www.seng.si/> (20.01.2010)

Skupina HSE, 2010:

<http://www.hse.si/files/default/vstopna/HSE%20in%20OVE%20v%20Sloveniji%20%28marec%202010%29%20-%20KON%C4%8CNA.pdf> (17.01.2010)

Smolar-Žvanut, N., 2000. Vloga Perifitonskih alg pri določanju ekološko sprejemljivega pretoka v tekočih vodah. Doktorska disertacija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 2-4 str.

Smolar-Žvanut, N., Breznik, B., Burja, D., Muck, P., Vrhovšek, D., povž, M., Krivograd-Klemenčič, A., Reboj, D., 2008. Poročilo. Določitev ekološko sprejemljivega pretoka za potok Gljun na območju odvzema vode za mHE Plužna. Ljubljana, SENG d.o.o., Limnos d.o.o.: 28 f.

Steinman, F. 1999. Hidravlika. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin: 198, 199 str.

Steinman, F., Banovec, P., 2008. Hidrotehnika – Vodne zgradbe 1. Ljubljana. Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin: 17-19 str.
http://www.fgg.uni-lj.si/KMTe/documents/academic/skripta/Hidrotehnika_sept.2008.pdf
(07.05.2010)

Stojič, Z., 1999. Presoja vplivov na okolje za posege v vodno okolje in male vodne elektrarne. V: Marušič, J. Male vodne elektrarne kot prostorsko ureditveni in naravovarstveni problem v slovenskem prostoru.

Šantl, S., Kozelj, K., Bajcar, T., Kozelj, D., Steinman, F., 2010. Slovenska zakonodaja, pristojnosti in postopki na področju rabe vode za proizvodnjo električne energije. Razvojno-raziskovalna naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo, Vodnogospodarski inštitut: 7f

Urad vlade RS za komuniciranje:

<http://www.evropa.gov.si/si/energetika/obnovljivi-viri-energije/> (14.01.2010)

Uredba o kriterijih za določitev ter načinu spremljanja in poročanja ekološko sprejemljivega pretoka. UL RS št. 97-12919/ 09

Uredba o podporah električni energiji, proizvedeni iz obnovljivih virov energije, UL RS št. 37-5248/2009

Vlada RS: MOP:

http://www.mop.gov.si/fileadmin/mop.gov.si/pageuploads/podrocja/okolje/pdf/vode/podeljevanje_vodnih_pravic.pdf (15.05.2010)

Zakon o graditvi objektov. UL RS št. 102/2004 (62/2010 popr.)

Zakon o določitvi zavarovalnega območja za reko Sočo s pritoki. UL SRS št. 7/1976 (UL RS št. 8/1976 popr.)

Zakon o ohranjanju narave. UL RS št. 56/1999 (UL RS št. 31/2000 popr.)

Zakon o prostorskem načrtovanju. UL RS št. 33/2007

Zakon o varstvu okolja. UL RS št. 41/04 (UL RS št. 108/09 popr.)

Zakon o vodah (ZV-1). UL RS št. 67/02 (UL RS št. 57/08 popr.)

Načrt gradbenih konstrukcij, mHE Kneža, 2010. HSE invest d.o.o.

PRILOGE

Priloga A: SKUPINE EKOLOŠKIH TIPOV VODOTOKOV ZA IZRAČUN Q_{es}

Priloga B: VREDNOSTI FAKTORJA f ZA IZRAČUN Q_{es} PRI POVRATNEM ODVZEMU

Priloga C: SITUACIJA SISTEMA mHE PLUŽNA

Priloga D: TLORIS BOČNEGA ZAJETJA IN AKUMULACIJSKEGA BAZENA (mHE PLUŽNA)

Priloga E: TLORIS DERIVACIJSKEGA KANALA, VODOSTANA, TLAČNEGA CEVOVODA, STROJNICE IN ODVODNEGA KANALA (mHE PLUŽNA)

Priloga F: VZDOLŽNI PROFIL CEVOVODA (mHE PLUŽNA)

Priloga G: IZSEK IZ PREGLEDNE SITUACIJE (mHE PLUŽNA)

Priloga H: PREGLEDNA SITUACIJA ODSEKA ZA mHE KNEŽA

Priloga I: TLORIS TIROLSKEGA ZAJETJA mHE KNEŽA

Priloga J: TLORIS STROJNIČNE ZGRDBE mHE KNEŽA

Priloga K: PREČNI PREPREZ (A-A) STROJNIČNE ZGRADBE mHE KNEŽA

Priloga L: VZDOLŽNI PREPREZ (B-B) STROJNIČNE ZGRADBE mHE KNEŽA

Priloga A: SKUPINE EKOLOŠKIH TIPOV VODOTOKOV ZA IZRAČUN Qes

Skupina ekoloških tipov ⁽¹⁾	Ekoregija	Bioregija	Ekološki vodotoka ⁽²⁾ tip
1	3	Spodnja vipavska dolina in Brda	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Panonska gričevja in ravnine	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Krško-brežiška kotlina	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Obalna gričevja	vsi ekološki tipi v bioregiji
	11	Panonske ravnine z alpskim vplivnim območjem	vsi ekološki tipi v bioregiji
2	4	Predalpska hribovja-donavsko porečje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Predalpska hribovja-jadransko povodje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Preddinarska hribovja in ravnine	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Dinarski kras	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranski kras	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranska hribovja brez površinskega odtoka	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Submediteranska hribovja s površinskim odtokom	vsi ekološki tipi v bioregiji
3	4	Karbonatne Alpe-donavsko porečje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Silikatne Alpe	vsi ekološki tipi v bioregiji
	4	Karbonatne Alpe-jadransko povodje	vsi ekološki tipi v bioregiji
	5	Dinarska hribovja	vsi ekološki tipi v bioregiji
4		Velike reke	vsi ekološki tipi v bioregiji

(Povzeto po Uredba Qes)

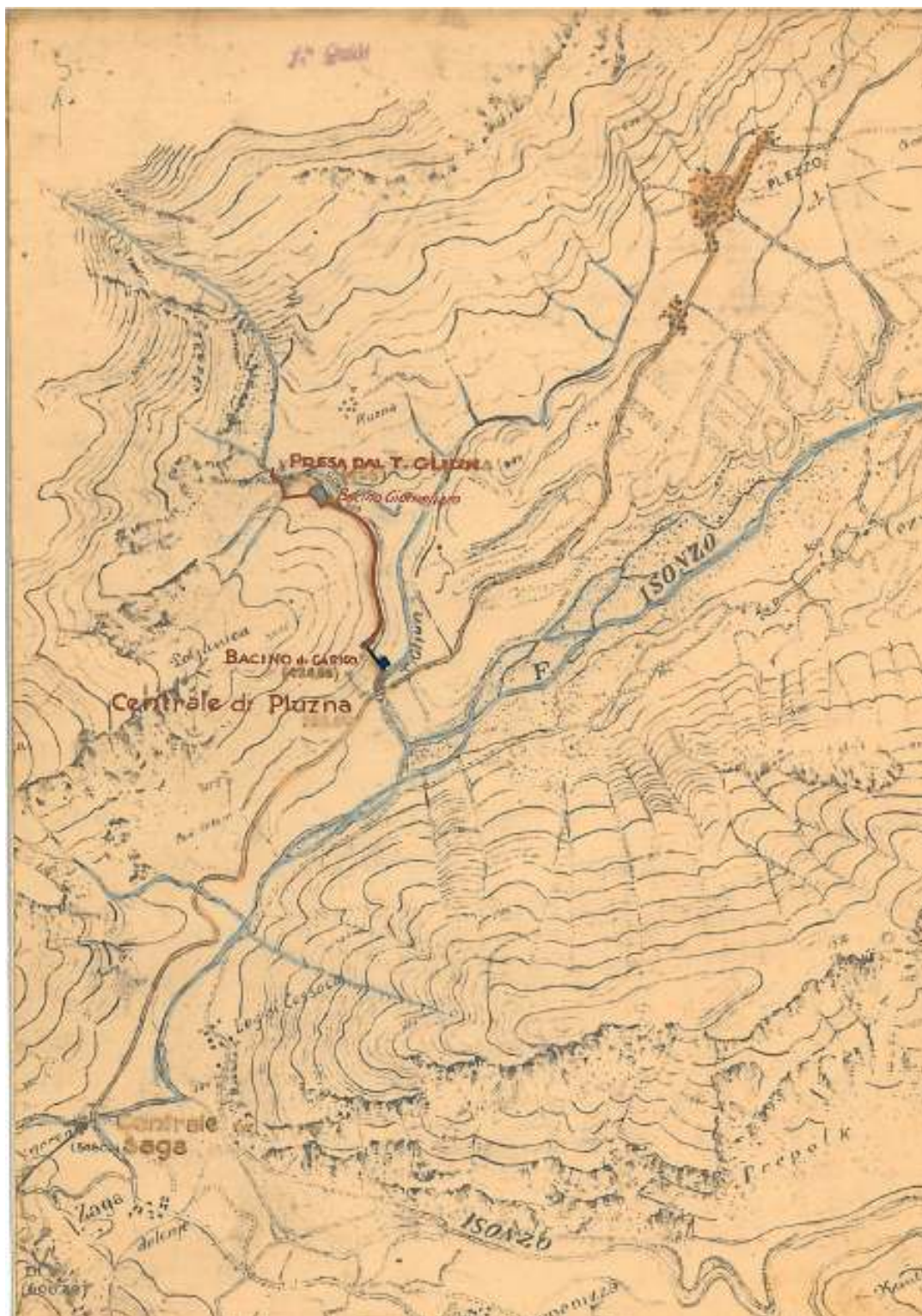
Priloga B: VREDNOSTI FAKTORJA f ZA IZRAČUN Q_{es} PRI POVRATNEM ODVZEMU

Skupina ekoloških tipov	Velikost prispevne površine				
	< 10 km ²	10–100 km ²	100–1.000 km ²	1.000–2.500 km ² in sQs < 50 m ³ /s	> 2.500 km ² ali sQs > 50 m ³ /s
Točkoven odvzem					
1 ⁽¹⁾	0,7	0,7	0,5	0,4	
2 ⁽¹⁾	0,7	0,5	0,4	0,4	
3	0,5	0,4	0,3		
4					0,3
Kratek odvzem celo leto ali dolg odvzem v sušnem obdobju					
1 ⁽¹⁾	1,2	1,2	1,0	0,8	
2 ⁽¹⁾	1,2	1,0	0,8	0,8	
3	1,0	0,8	0,7		
4					0,7
Dolg odvzem v vodnatem obdobju					
1 ⁽¹⁾	1,9	1,9	1,6	1,3	
2 ⁽¹⁾	1,9	1,6	1,3	1,3	
3	1,6	1,3	1,1		
4					1,1

(Povzeto po Uredba Qes)

Priloga C: SITUACIJA SISTEMA mHE PLUŽNA

Vir: Dokument iz leta 1925



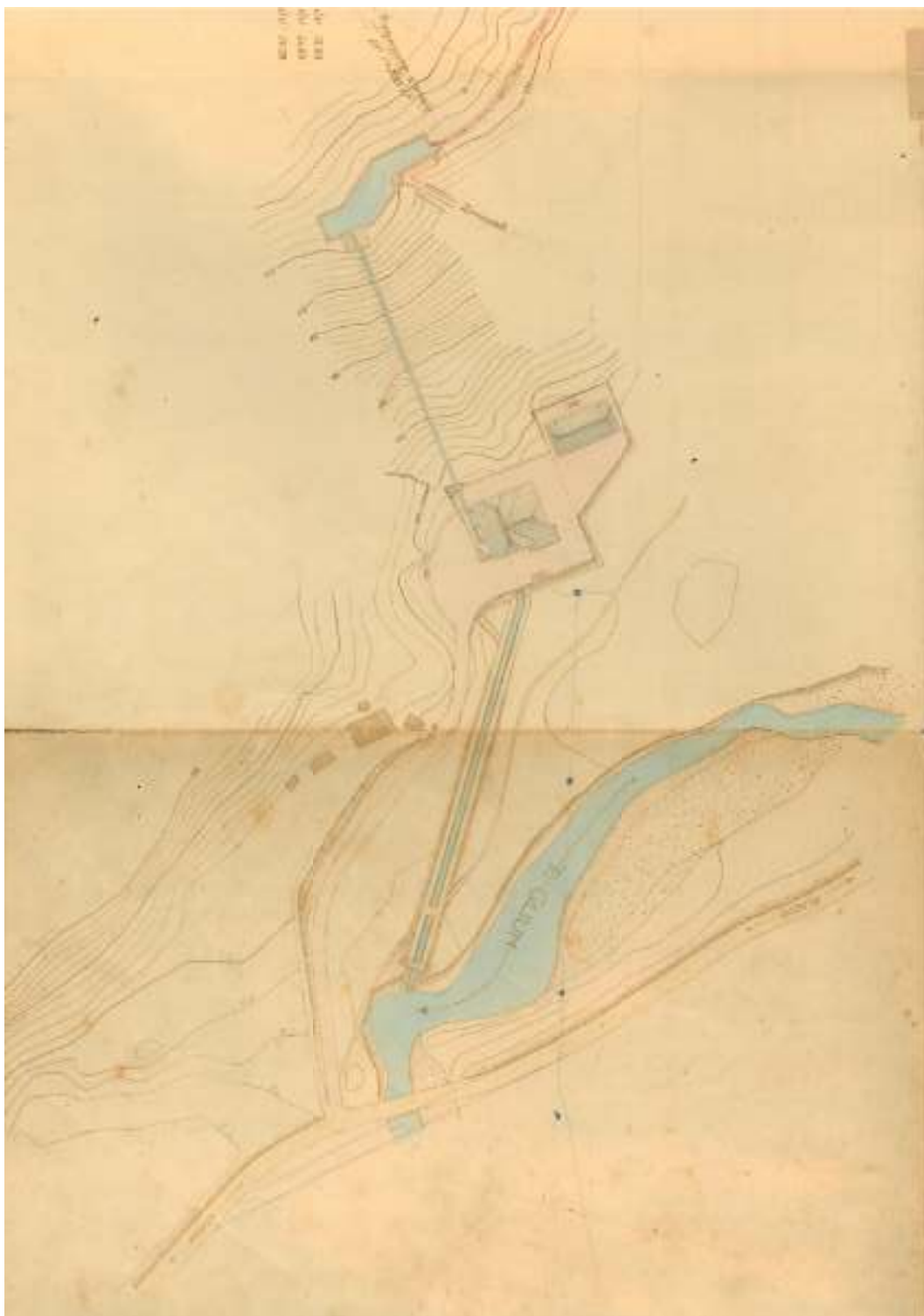
Priloga D: TLORIS BOČNEGA ZAJETJA IN AKUMULACIJSKEGA BAZENA (mHE PLUŽNA)

Vir: Dokument iz leta 1925



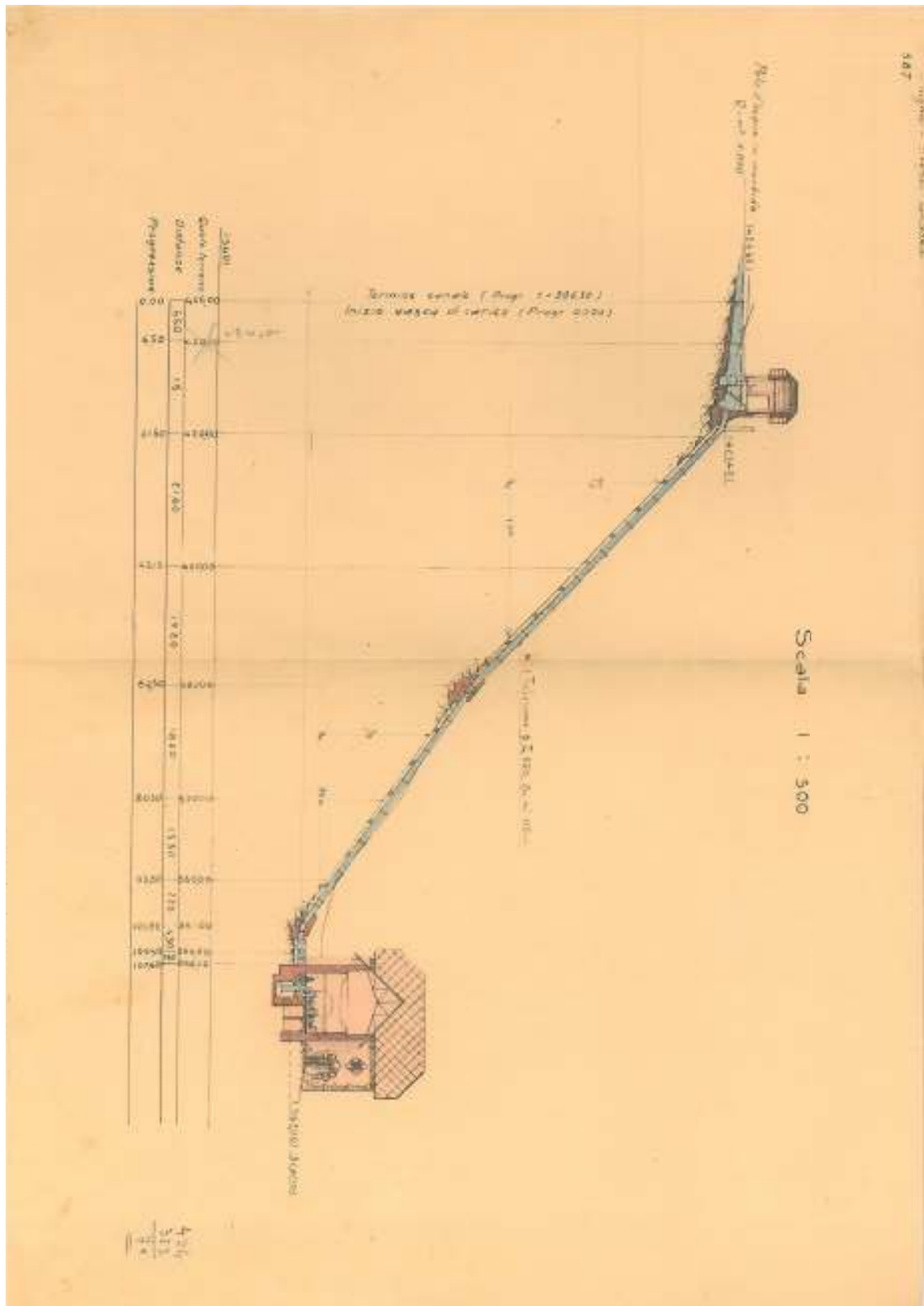
Priloga E: TLORIS DERIVACIJSKEGA KANALA, VODOSTANA, TLAČNEGA CEVOVODA, STROJNICE IN ODVODNEGA KANALA (mHE PLUŽNA)

Vir: Dokument iz leta 1925



Priloga F: VZDOLŽNI PROFIL CEVOVODA (mHE PLUŽNA)

Vir: Dokument iz leta 1925



Priloga G: IZSEK IZ PREGLEDNE SITUACIJE (mHE PLUŽNA)

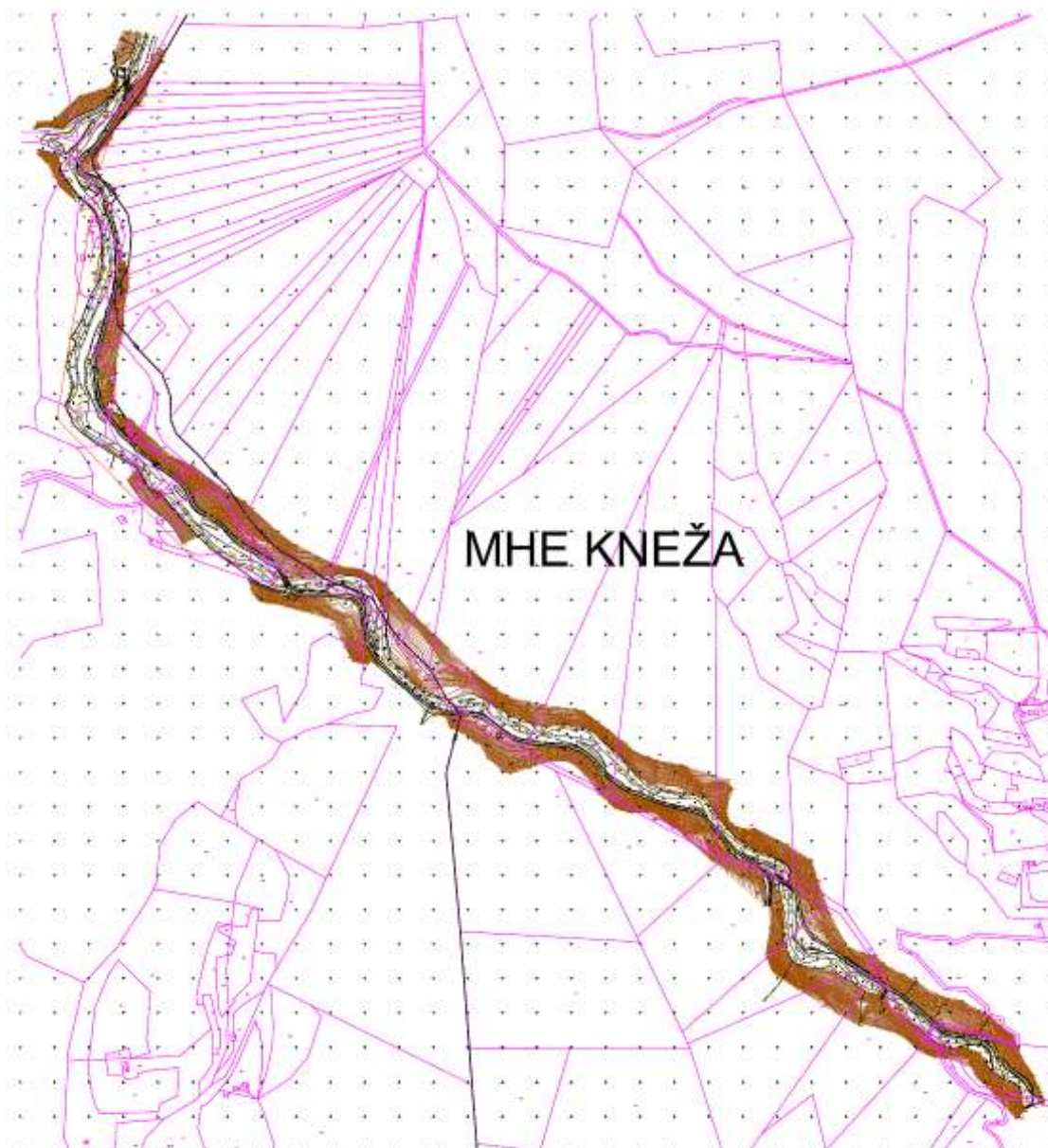
Vir: GEO-BIRO d.o.o., 2010



Priloga H: PREGLEDNA SITUACIJA ODSEKA ZA mHE KNEŽA

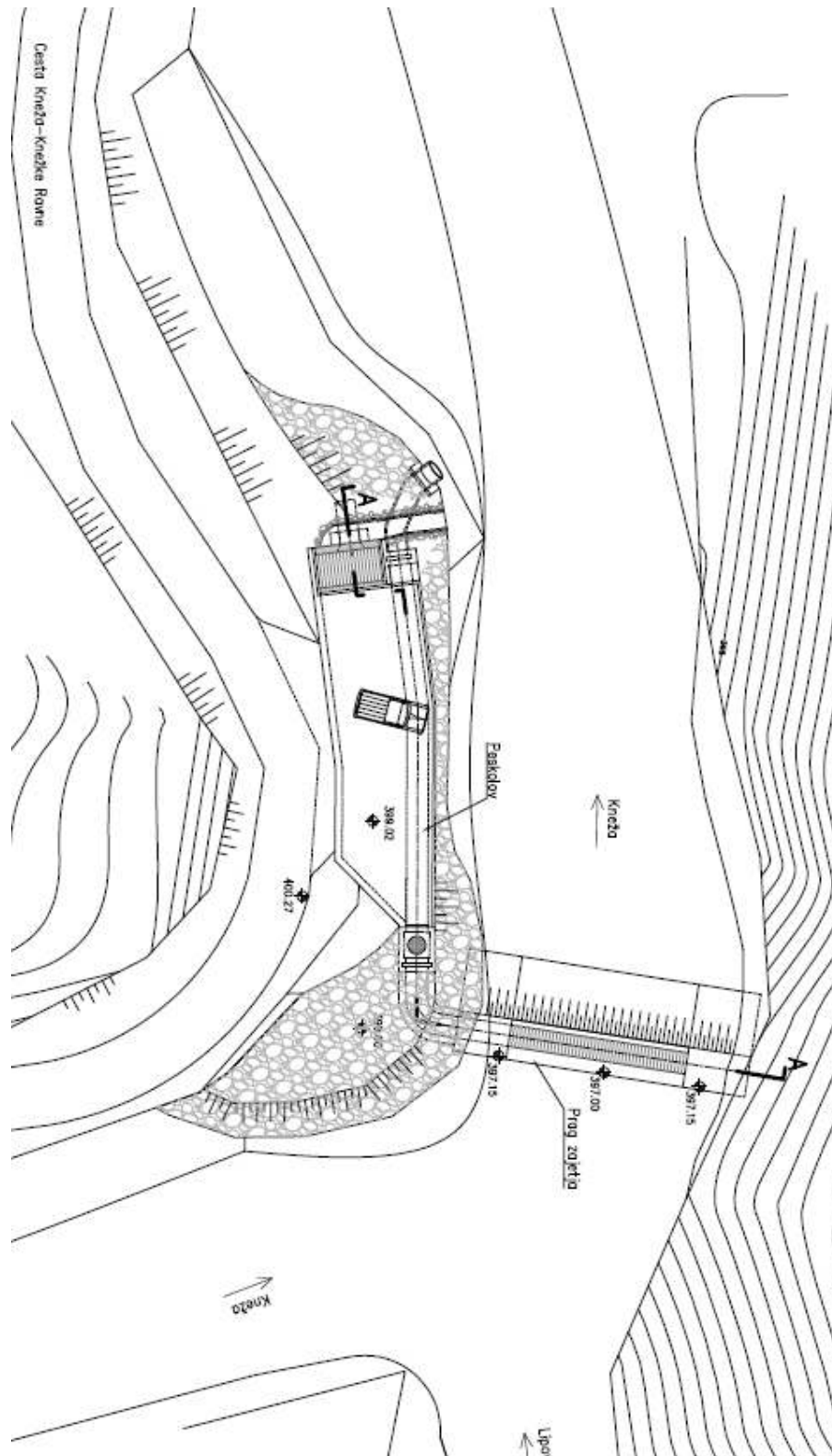
Vir: GEO-BIRO d.o.o., 2010

M: 1:11000



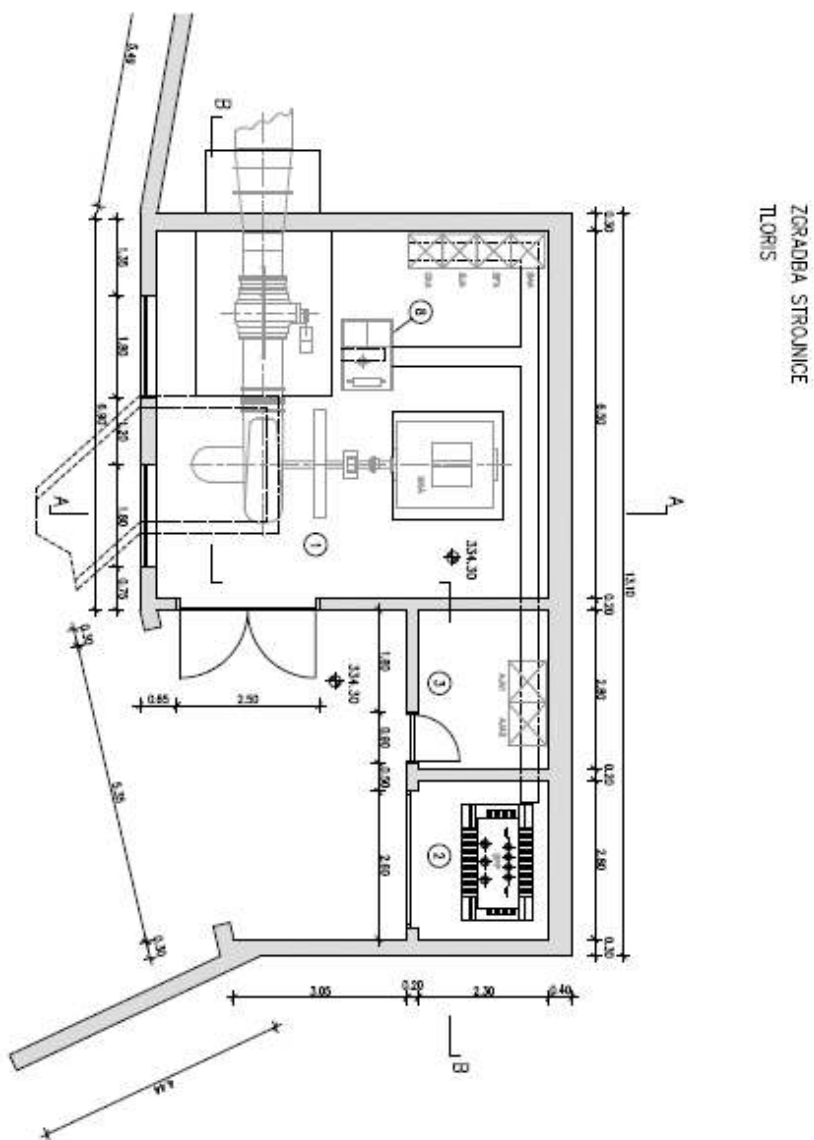
Priloga I: TLORIS TIROLSKEGA ZAJETJA mHE KNEŽA

Vir: SENG d.o.o., 2010



Priloga J: TLORIS STROJNIČNE ZGRDBE mHE KNEŽA

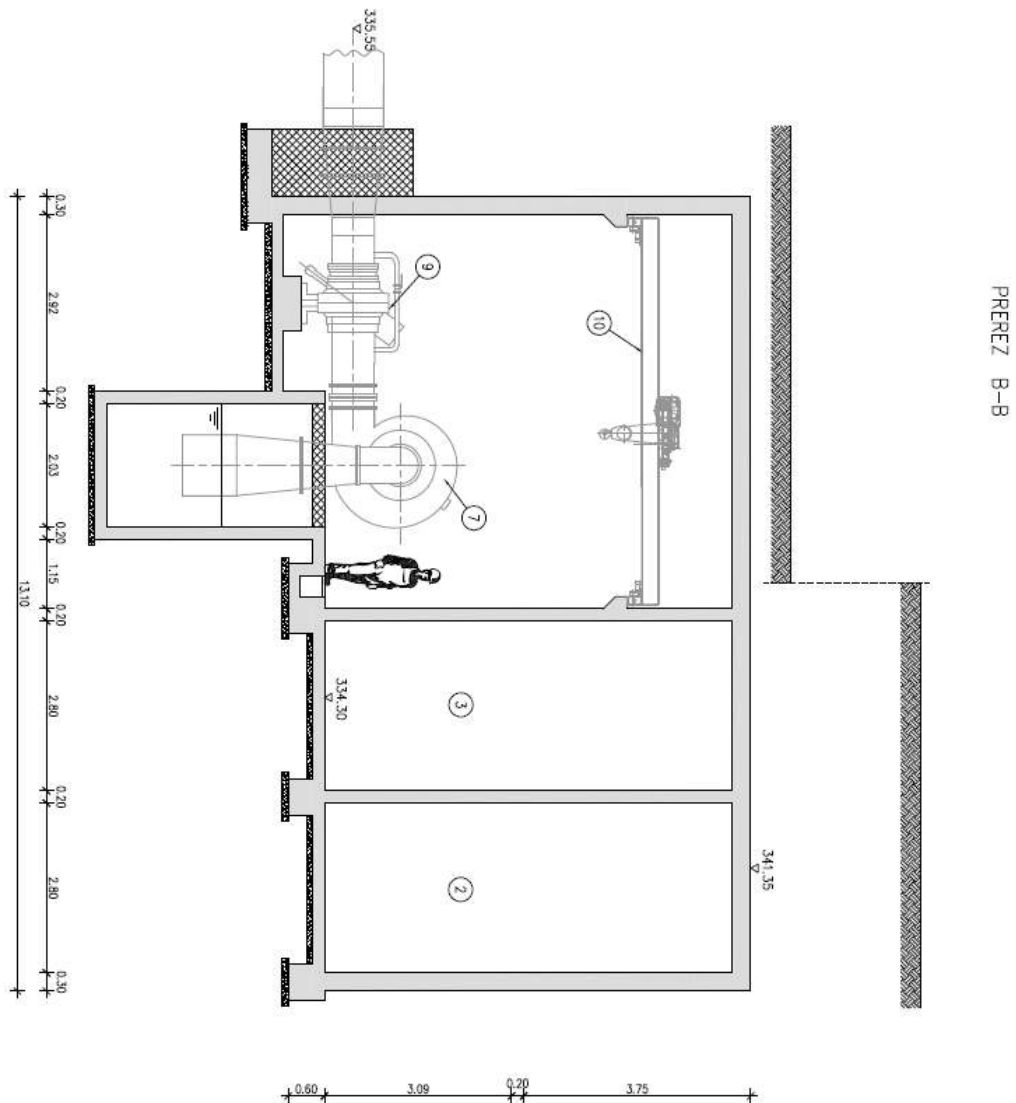
Vir: 3. NAČRT GRADBENIH KONSTRUKCIJ, HSE INVEST d.o.o. (2010)



- Legenda:
- 1 Strojnica
 - 2 Transformatorska postaja
 - 3 Stikalnice
 - 8 Hidravlična enota

Priloga L: VZDOLŽNI PREPREZ (B-B) STROJNIČNE ZGRADBE mHE KNEŽA

Vir: 3. NAČRT GRADBENIH KONSTRUKCIJ, HSE INVEST d.o.o. (2010)



Legenda:

- 2 → Transformatorska postaja
- 3 → Stikalnice
- 7 → Francis-turbina
- 9 → Predturbinski zasun
- 10 → Mostni žerjav