

POVEČANJE ENERGETSKEGA IZKORISTKA MIKRO HIDROELEKTRARN Z USTVARJANJEM NARAVNIH BRZIC KOT ALTERNATIVA JEZOVOM

David Kene, Babilli Graden d.o.o., Visoka šola za trajnostni razvoj, Kranj

Izvleček

Hidroelektrarne, ki v Sloveniji predstavljajo tretjino (33,8 %) obnovljivih virov energije in pridelajo skoraj desetino (8,6 %) letne energetske bilance so zaradi zaježitve izjemno destruktivni za rečni ekosistem. Jezovi z izkoriščanjem potencialne energije prispevajo tudi k regulaciji rečnega pretoka in poplavni varnosti. Ker so se ribje steze izkazale za neučinkovite pri ohranjanju ribjih vrst, so jezovi postali nepremostljive rečne bariere za celoten ekosistem in je njihova oznaka "trajnostni vir energije" vse bolj pod vprašajem. Kot alternativa so se začele pojavljati trajnostne energetske rešitve v obliki potopnih mlinov (npr. Waterotor) in potopnih turbin, ki so odvisne zgolj od rečnega pretoka. V času, ko že 1 % boljšega energetskega izkoristka

predstavlja ogromno, lahko na naravi temelječe rešitve (ang. NBS - Natural Based Solutions) v kombinaciji z mikroturbinami predstavljajo trajnostni vir energije in obnovijo rečne ekosisteme.

Ključne besede: trajnostna hidroelektrarna, jez, rečni ekosistem, NBS

INCREASING THE ENERGY EFFICIENCY OF MICRO HYDRO POWER PLANTS BY CREATING NATURAL RAPIDS AS AN ALTERNATIVE TO DAMS

Abstract

Hydropower, which represents a third (33.8%) of renewable energy sources in Slovenia and produces nearly a tenth (8.6%) of the annual energy balance, is extremely destructive to the river ecosystem due to damming. Dams, while harnessing potential energy, also contribute to river flow regulation and flood safety. However, since fish ladders have proven ineffective in preserving fish species, dams have become insurmountable river barriers for the entire ecosystem, casting doubts on their label as a „sustainable energy source.“ As an alternative, sustainable energy solutions

in the form of submersible mills (e.g., Waterotor) and turbines that rely solely on river flow are emerging. At a time when even a 1% improvement in energy efficiency represents a significant gain, nature-based solutions (NBS) combined with micro turbines could represent a sustainable energy source and restore river ecosystems.

Keywords: sustainable hydropower, dam, river ecosystem, NBS.

1 UVOD

Jezovi imajo uničujoč vpliv na rečni ekosistem. Zaustavljajo prenos rečnega materiala v obliki mulja in predstavljajo nepremostljivo oviro za živalske in rastlinske vrste. Nemogućnost migracije za drstitev in mešanje znotraj populacij vodi do upada biotske raznovrstnosti vseh živalskih vrst ter zmanjšuje odpornost ekosistema. Kot alternativa hidroelektrarnam, ki izkoriščajo potencialno energijo z zaježitvijo in vodnim padcem, so se razvile trajnostne rešitve, ki izkoriščajo le vodni tok oziroma kinetično energijo. S premišljenim umeščanjem rečnih ovir in oblikovanjem rečne struge lahko umetne brzice povečajo energetska učinkovitost potopnih turbin.

Najosnovnejša rečna ovira, kot je steber, lahko upočasni ali pospeši rečni tok. Če leseni steber sredi rečne struge postavimo v rečno dno, lahko simbolično predstavlja drevo. Če štiri lesene stebre med seboj povežemo z lesenimi ploščami in ograjeno notranjost zasujemo s peskom in kamenjem iz okolice, ustvarimo otok sredi rečne struge. Naravovarstveniki bi tako strukturo lahko označili kot gnezdišče ali rastlinsko čistilno napravo. Če več takih otokov povežemo z leseno brvjo in brežinami, ustvarimo lesen most, rečne otoke pa spremenimo v stebre. Z gostejšo postavitvijo stebrov in s tem zoženjem prehodov za rečni tok ustvarimo brzice. Če brzice niso premočne, ohranjamo naravne ovire in tako enovit rečni ekosistem. Postavitev navadnih mlinov na teh prehodih predstavlja okolju prijazno hidroenergetsko infrastrukturo.

2 VPLIV REČNE ZAJEZITVE

Kitajska je leta 1997 začela graditi svetovno znan megaprojekt hidroelektrarne Tri soteske na reki Jangce. Razprave o gradnji projekta so trajale skoraj stoletje, vendar zara-



Slika 1: Jez Tri soteske na reki Jangce (Kitajska). (Vir: Wikimedia Commons, 2024)

di negativnih socialnih in okoljskih vplivov ostaja še danes zelo sporen tako doma kot po svetu. Jez Treh sotesk, dokončan leta 2006, velja za največji hidroelektrični jez na svetu in leži na najdaljši reki v Aziji (Jangce ali Modra reka). Modra reka je podobno kot Nil v Egiptu večkrat letno poplavljala in tako prinašala pomembne nanose mulja na riževa polja, kar je ohranjalo rodovitna tla in omogočalo večkratno letino.

Po izgradnji jeza je prekinjen prenos sedimenta iz gora postal tako očiten, da se poleg slabšega pridelka posledice čutijo tudi v sami delti reke, kjer leži mesto Šanghaj. Pomanjkanje novih nanosov in erozija zemlje zaradi vse večjega vpliva naraščajoče morske gladine povzročata, da se mesto, zgrajeno na močvirnatih delti, vse bolj pogreza. Seveda so tu še drugi pozitivni in

negativni vplivi največjega jeza na svetu, vendar je strokovni javnosti danes jasno, da rečna zaježitev, ne glede na njeno velikost, dolgoročno uniči nekoč enoten rečni ekosistem. Jezovi danes ne predstavljajo več trajnostne rešitve, vendar jih ljudje še vedno nujno potrebujemo za regulacijo vodne gladine. Kako torej izkoriščati vodni potencial, ne da bi škodovali naravi?

3 VODNA ENERGIJA

Izkoriščanje vodne energije se je začelo s prvimi vodnimi kolesi, ki jim pravimo mlini. Grki so vodne mline uporabljali že okoli 3. stoletja pr. n. št. za mletje žita, kar je predstavljalo pomemben tehnološki napredek tistega časa. V Sloveniji je bila prva zasnova potopne vodne turbine predstavljena že leta 2009



Slika 2: Hidroelektrarna Krško. (Vir: HE Krško, 2024)



Slika 3: SP Generator.
(Vir: YT, 2009)



Slika 4: SP Generator - Testiranje na reki Savi
(Vir: YT, 2009)



Slika 5: Waterotor
(Vir: YT, 2019)



Slika 6: Waterotor - Testiranje v vodi
(Vir: YT, 2009)

pod imenom „Slovenian Pump-Generator“. Koncept, ki je bil takrat še vedno revolucionarna utopija izumitelja Vladimirja Markoviča, so celo testirali na reki Savi. Več kot pet let kasneje, leta 2016, se je podobna ideja pojavila v obliki kanadskega zagonskega podjetja Waterotor, ki danes velja za vodilno podjetje pri razvoju koncepta mikro hidroelektrarne (v nadaljevanju: mikro HE).

Danes obstaja že veliko različnih oblik vodnih turbin za počasne rečne tokove (pod 10 km/h). V primerjavi s tradicionalno HE, na primer HE Krško z nazivno močjo 39,12 MW, ima Waterotor nazivno moč 1 MW. Zelo poenostavljeno rečeno, za nadomestitev HE Krško bi potrebovali polje z več kot 40 enotami mikroturbin. Ali so torej mikroelektrarne odgovor na uničujoče učinke jezov?

4 FIZIKALNE RAZLIKE MED PLINI IN KAPLJEVINAMI

Preden se posvetimo iskanju rešitev, je treba izpostaviti še eno pomembno dejstvo. Fizikalne lastnosti tekočin se od plinov razlikujejo po gostoti. Medtem ko lahko letalske turbine in raketni motorji izkoriščajo možnost kompresije

zraka, se vode ne da stisniti na enak način, saj so razdalje med molekulami v tekočini večinoma fiksne. Če torej zožimo rečno strugo, bomo tako povzročili dvig vodne gladine. Višja kot je vodna gladina, večji pritisk se bo ustvaril v rečnih globinah. Edini način povečanja vodnega toka je torej z višinsko razliko, ki jo lahko dosežemo bodisi z delno zaježitvijo ali z naklonom rečne struge (t. i. padcem).

Vsaka vodna ovira povzroči dvig vodne gladine. Če je pod vodo velik kamen, lahko to opazimo kot dvig vodne gladine sredi reke. Vodne sile se namreč prenašajo s hitrostjo vodnega valovanja. Če je sredi rečne struge steber, se vodna gladina

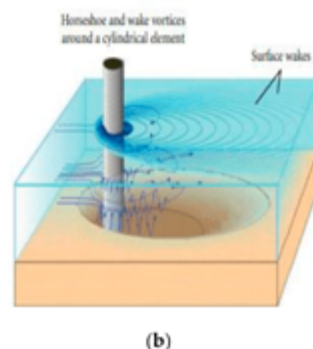
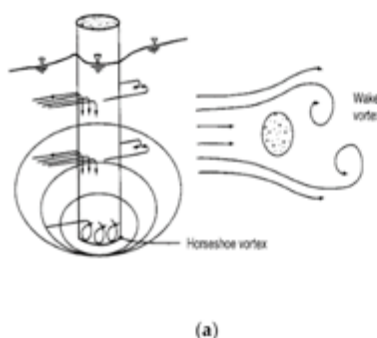
pred in ob stebru dvigne in se v obliki valovanja prenese vzdolž rečne struge. Ravno dno, kot ga najdemo na primer v vodnih kanalih, zagotavlja stabilno vodno gladino, medtem ko vodne ovire oziroma kamni povzročajo vidne grebene na vodni gladini ali – v kombinaciji z naklonom – brzice.

5 VODNI STEBRI

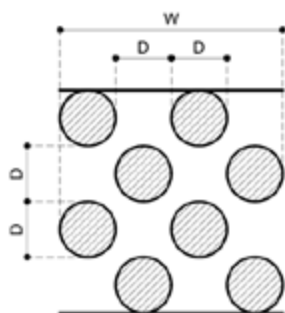
Osnovna struktura, ki jo človek lahko postavi na vodo, je steber. Če pri tem uporabimo naravni material, kot je les, je takšen steber „okolju prijazen“. Globlje kot je steber zasajen v rečno dno, večjo stabilnost nudi. Sile, ki jih steber ustvari na rečni tok, se enakomerno porazdelijo (slika 7a), rečni tok pa za stebrom ustvari vrtnčenje (slika 7b), ki povzroča spodkopavanje sedimenta za stebrom.

Vodni stebri so zelo uporabni. Poleg gradnje mostov se uporabljajo tudi kot valobrani (slika 8, glej naslednjo stran); že koliščarji so jih pred 6600 leti uporabljali za gradnjo manjših naselbin.

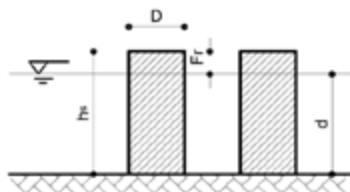
Poznamo več različnih oblik stebrov, ki jih določamo glede na geološke značilnosti rečne struge in njihovo uporabo (slika 9, glej naslednjo stran). Skoraj vse oblike stebrov lahko izdelamo iz lesenih kolov, ki služijo kot vogali.



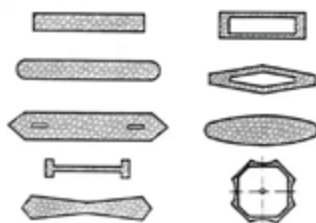
Slika 7: Shema vodnih sil na okrogli steber, ki prikazuje turbulenco vode za stebrom, kar pogosto vodi do spodkopavanja temeljev. (Vir: Craswell, 2020)



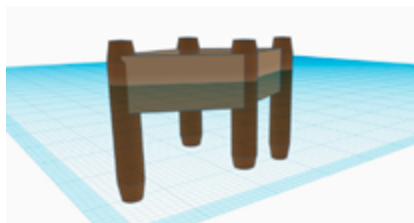
Slika 8: Valobran (navpični in stranski pogled) (Vir: Koftis, 2012)



Slika 10: Leseni stebel diamantne oblike (Lastni vir, 2024)



Slika 9: Oblike vodnih stebrov (Vir: Hamakareem, 2024).



Slika 11: Simulacija toka okrog ovir v obliki diamanta pri nizkih do zmernih Reynoldsovih številih. (Vir: Djeddi, 2013)

Kole nato povežemo z lesenimi ploščami (slika 10, zgoraj), pri čemer najbolj preprosta oblika iz štirih kolov ustvari t. i. "diamant" (ang. double-wedged diamond shape). Diamantna oblika je primerna predvsem zaradi vodilnega stebra, ki kot premec razbija rečni tok, zadnji stebel pa je zaradi svojega zaprtega dizajna zaščiten pred spodkopavanjem. Drugače od okroglega stebra, kjer lahko spreminjamo zgolj premer, pri diamantni obliki določamo tako širino kot dolžino.

Na sliki 11 je nazorno prikazano vrtnčenje tekočine okoli ovire. Na primeru H2, kjer je ovira postavljena prečno na tok, vidimo vpliv stebra, ki najbolj učinkovito upočasnjuje vodni tok. Primer L2 na dnu prikazuje najmanjše vrtnčenje. Diamantna oblika, kot je prikazana pri primeru L2, se med drugim pogosto uporablja tudi v letalski industriji, kjer se nadzvočna letalska krila zanašajo nanjo zaradi zmanjšane uporabe pri izjemno visokih hitrostih. Prav zaradi te lastnosti so diamantni stebri zelo uporabni. V primerih ekstremnih rečnih pretokov se obnašajo najbolj stabilno, saj odlično razporejajo sile in ustvarijo najmanjši upor.

6 NA NARAVI TEMELJEČE REŠITVE (ANG. NBS - NATURAL BASED SOLUTION)

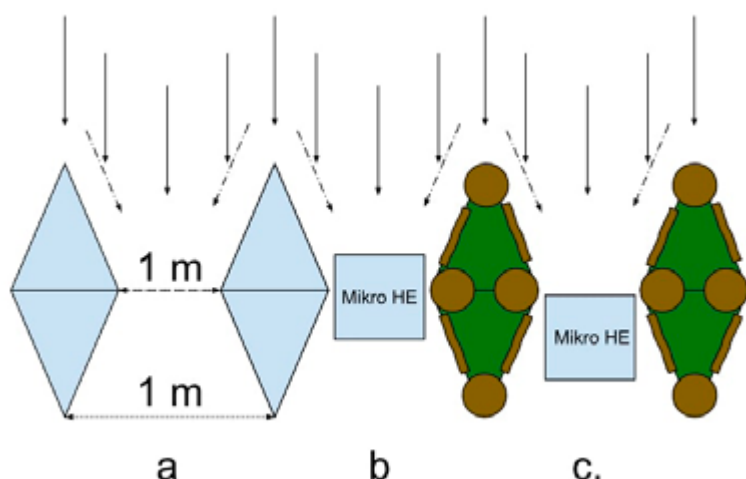
Sonaravne rešitve so v zadnjih letih doživele precejšen razmah. Velike zasluge za to imajo podnebne spremembe in evropska politika (Zeleni prehod – ang. Green Deal). Problem pa predstavlja terminologija, ki se je zaradi želje po čim hitrejšem napredku (včasih na račun kakovo-

sti) preveč posplošila. Termin NBS oziroma na naravi temelječe rešitve se uporablja za rešitve, pri katerih se naravo uporablja kot orodje za reševanje izzivov. Če torej rečemo, da je diamantna oblika stebra, zasuta z gramozom in porasla z rastlinami, primer NBS, je to napačna uporaba termina. Res je, da lahko takemu „otoku“ pripišemo oznake, kot so gnezdišče, naravna čistilna naprava, mokrišče in naravna rešitev; vendar to nikakor ni na naravi temelječa rešitev. Sama konstrukcija lesenega ogrinja, tudi če je izdelana izključno iz naravnih materialov, namreč nima naravnega izvora. Lesen most torej ni na naravi temelječa rešitev zgolj zato, ker uporablja naravne materiale. Strokovno gledano je torej uporaba termina NBS v takem primeru napačna, a naj mi naravovarstveniki in strokovnjaki oprostijo v prid boljšemu razumevanju za bralce.

Uporabimo torej diamantno obliko stebra, ki ga trdno zakoličimo v rečno dno. Stene stebra naj bodo široke 3 metre in 1 meter višje od povprečne gladine reke. Notranjost stebra zasujemo z lokalnim gramozom, nanj pa posadimo lokalno rastlinje. Za oznako „trajnostno“ pri vsakem od štirih stebrov posadimo še drevo za dolgoročno vzdržljivost (vrbo, topol, jelšo ali dren). Hipotetično smo na primeru reke Save tako na sredino rečne struge umestili oviro višine 2 metra od rečnega dna (18 m³) in jo poimenovali „naravni otok“.

7 STEBRNA ZGOSTITEV – ZAJEZITEV

Vsaka vodna ovira povzroči dvig vodne gladine, saj se tekočine v nasprotju s plini ne morejo preprosto stisniti. Če naravne otoke postavimo prečno na vodni tok, kot je prikazano na sliki 12 (spodaj), povzročimo dvig gladine reke zaradi delne zajeze. Razlika v višini med odprtini ustvarja povečan



Slika 12: Skica. Primer umestitve mikro HE med vodne ovire na primeru diamantnega stebra. (Lastni vir, 2024)

vodni tok ali brzico. Z zgolj delno oviro smo dosegli regulacijo rečnega toka, ki še vedno omogoča prost prehod ribam in drugim živalskim vrstam. Razdalje med otoki so seveda prilagojene hidrološkim značilnostim okolja (slika 12a). Ker so otoki fiksne višine, bi reka v primeru ekstremno visokih vodostajev otokke preprosto preplavila. Višji, kot je preliv, manjši vpliv imajo otoki.

Mikro hidroelektrarne so najmanjše vodne turbine. Te so lahko potopne, kot je že opisan predhodni primer, ali pa zgolj običajni mlinčki. Z ustvarjanjem umetnih brzc smo tako povečali energijsko vrednost reke oziroma njeno kinetično energijo (hitrost). V energetiki lahko že majhne spremembe predstavljajo velike premike. Skoraj dvakratno povečanje vodnega toka „na sonaraven način“ bi lahko pomenilo pravo revolucijo za hidroenergetiko.

Za primer lahko vzamemo fotovoltaike, ki je v zadnjih letih doživela velik razvoj. Prve moderne fotovoltaične celice iz silicija (Si), ki so najuspešnejše, so bile predstavljene leta 1954 in so imele učinkovitost 6 %. Tehnološki napredek je njihovo učinkovitost do leta 2000 izboljšal na 24 %, od takrat pa ni presegla 26 %. Posplošeno gledano je napredek fotovoltaike približno 1 % na desetletje. Ob tem je treba omeniti fizikalno omejitev fotovoltaike, t. i.

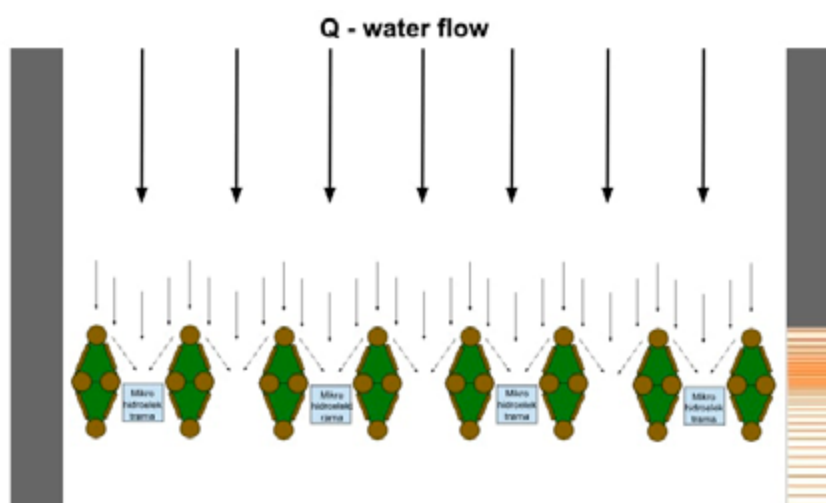
Shockley-Queisserjev limit, ki znaša nekaj manj kot 33 %.

Ko govorimo o energetski vrednosti rek in potokov, je glavno merilo vodna pretočnost ali vodnatost. V Sloveniji je najbolj vodnata reka Drava s povprečnim letnim pretokom okoli 300 m³/s, sledijo Sava z nekaj več kot 220 m³/s, Mura z okoli 150 m³/s in Soča s približno 100 m³/s. Pri projekciji mikro hidroelektrarn je zgornji tok Save najboljše izbira, saj energetsko še ni izkoriščen in bo v prihodnjih desetletjih vse pogostejše predmet razprav. Še pomembnejši razlog pa je v pretoku, saj je v zgornjem toku Save ta približno pol manjši kot v spodnjem. Ko govorimo o potopnih

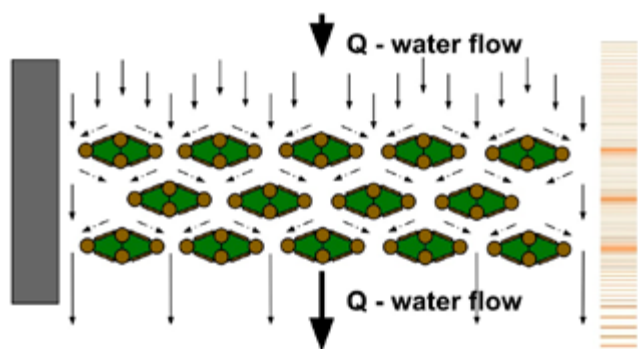
turbinah, zasnovanih predvsem za manjše pretoke, je zgornji tok Save pravzaprav edina možnost za učinkovito izkoriščanje takih polj.

Pri reguliranju pretočnosti rek je ključna izbira oblike vodnih ovir. Če želimo izkoristiti stabilno pretočnost in zgolj povečati energetsko učinkovitost, je na sliki 13 (spodaj) prikazana človeku in naravi prijazna razporeditev otokov in potopnih turbin. Na sliki je vsaka druga brzica namenjena pridobivanju električne energije, vsaka druga pa je dostopna za vodne športe in naravo. Če bi izkoristili vsako brzico, bi podvojili energetski izkoristek; če pa bi želeli na razpisu poudariti še socialno korist, bi čez otoke dodali leseno brv za „športne namene“.

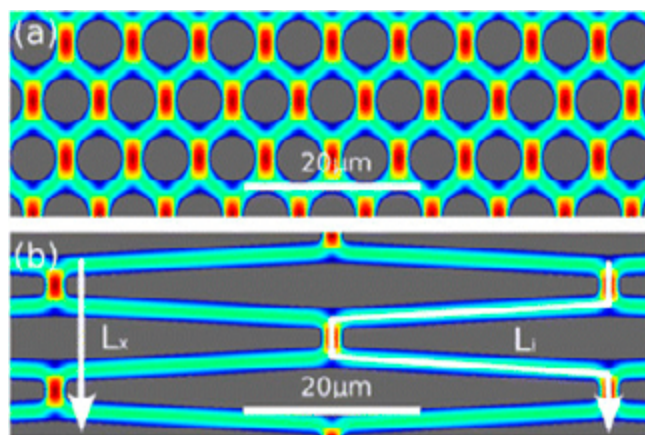
Oblike otokov lahko prilagajamo glede na potrebe; na sliki 14 (glej naslednjo stran) je prikazana idealna razporeditev otokov, ki so primerni za upočasnitev toka in reguliranje vodostaja. Taka razporeditev otokov na naravi prijazen način zagotavlja protipoplavno varnost, saj mrežasta razporeditev podaljša pot vode in ustvari največji pritisk na vogalih. Na sliki 15 (glej naslednjo stran) je barvno označena hitrost vodnega toka, kjer rdeča predstavlja najvišjo hitrost tekočine. Iz simulacije je razvidno, da je hitrost med



Slika 13: Skica. Pasivna upočasnitev toka v razporeditvi stebričastega niza diamantnih stebrov. Orientacija stebrov je prilagojena za visok rečni pretok. Med stebri je izmenično prikazana umestitev mikro HE. (Lastni vir, 2024)



Slika 14: Skica. Pasivna postopna upočasnitev toka na rečni strugi. Skica prikazuje presek diamantnega (radialno podaljšanega) stebra v razporeditvi stebričastega niza. Puščice prikazujejo smer toka, oranžna legenda na desni pa največjo hitrost toka. (Lastni vir, 2024)



Slika 15: Ilustracija a) preseka valjastega stebra v razporeditvi stebričastega niza v primerjavi z b) presekom radialno podaljšanega stebra v razporeditvi stebričastega niza. Barve prikazujejo hitrost toka, simulirano s programsko opremo za računalniško dinamiko tekočin (Comsol, različica 4.3). Smer toka je prikazana z belo puščico, označeno z L_x . Bela puščica, označena z L_i , prikazuje smer toka skozi zaviti prehod. (Vir: Astefanei, 2015)

prehodi občutno višja. Nastala zajezev ima do določene višine sposobnost reguliranja vodne gladine, ko pa voda naraste prek vrhov, se spremeni v prelivni stopničasti jez.

8 ELEKTRIČNI IZKORISTEK – MIKRO HE

Vodno energijo opredeljujeta višinski padec in pretočnost reke. Višinski padec spodnjega dela reke Save je nazorno prikazan na sliki 16 (spodaj).

Sodeč po višinskih potencialih na spodnji Savi, lahko padec 10 metrov povežemo z izkoristkom 40 MW. Zelo grobo posplošeno in zakroženo navzdol ima zgornji tok Save na odseku Radovljica – Okroglo – Trboje višinsko razliko 120

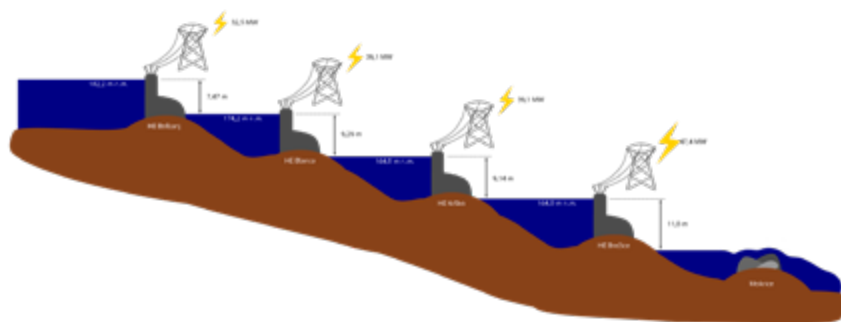
metrov, kar bi lahko ocenili na potencialnih 480 MW. Merilna postaja v Radovljici predstavlja začetek zgornjega toka Save, vasi Okroglo je naslednja merilna postaja, Trbojsko jezero pa že rezultat prve HE Mavčiče. Ker pri popolni zaježitvi pretok nima vpliva, bi za popoln energetski izkoristek potrebovali 480 turbin Waterotor. Sava ima v zgornjem toku širino okoli 40 metrov, pri vasi Okroglo pa vodostaj približno 1 meter. Turbina Waterotor potrebuje minimalen vodostaj 112 cm. To pomeni, da je postavitve turbin na rečno dno mogoča šele v toku od vasi Okroglo do Trbojskega jezera, kjer je višinska razlika 45 metrov.

Če bi v vodo potopili turbine, široke 2 metra, bi ena vrsta vsebovala približno 20 turbin. V zgornjem toku Save bi tako lahko sestavili 20

vrst s po 20 turbinami, kar bi s 400 turbinami na vsakih 2 metra višinske razlike pridobilo 400 MW. V primerjavi z elektrarnami na spodnji Savi je to 2,5-krat več pri primerljivem višinskem padcu (približno 40 metrov). Zakaj torej potopne HE ne nadomestijo tradicionalnih?

Potopne mikro HE so novost. Turbine tradicionalnih HE so se v letih razvile in izboljšale, zato je treba ocenjeni 1 MW moči mikro HE Waterotorja vzeti z veliko rezervo. Če energijski potencial turbin Waterotor razpolovimo zaradi 50-odstotne napake, bi še vedno dosegli boljši izkoristek kot tradicionalna HE. Vzdrževanje še vedno predstavlja težavo. Vzdrževanje 480 mikroturbin je specifičen izziv, ki pa tehnično ali ekonomsko ne bi smel povzročati večjih težav.

Kot avtor članka bi rad opozoril, da je poglavje Električni izkoristek – mikro HE zgolj špekulacija. Osebo menim, da je prehod k okolju prijaznim rešitvam, četudi so energetske manj učinkovite, še vedno korak v pravo smer. Prav tako menim, da so turbine v tradicionalnih HE tehnološko bolj dovršene kot alternative, vendar je zajezev tako destruktivna za okolje, da dolgoročno ne upraviči investicije.



Slika 16: Kaskada hidroelektrarn na spodnji Savi s pripisanimi nazivnimi močmi in padci (Vir: MatejK42, 2024)

9 ELEKTRIČNI IZKORISTEK – BRZICE

V nasprotju s tradicionalnimi HE, ki niso postavljene neposredno druga za drugo, zaradi geološko-hidroloških značilnosti ostane med njimi kar nekaj neizkoriščenega toka. Postavitev brzic oziroma delna zajeziitev za namen izboljšanja izkoristka mikro HE te težave nima. Prostorsko gledano, kot je prikazano na sliki 16, en jez zajema približno 10 metrov.

Pri vzpostavitvi naravnih otokov in s tem delne zajeziitev je treba upoštevati dve okoliščini. Če bi želeli doseči maksimalni energetski izkoristek, bi glede na projekcijo iz slike 13 lahko vsakih 10 metrov postavili 10 delnih zajeziitev z otoki, ne da bi upoštevali geološko-hidrološke značilnosti. Taka razporeditev bi skoraj podvojila pretočnost na mestih zoženja (brzic), tako pa tudi energetski potencial.

Druga okoliščina je prilagoditev rečnemu ekosistemu in hidrološkim značilnostim. Brzice predstavljajo oviro tudi za ribe in druge organizme. Višinska omejitev za ohranjanje pretočnosti je domena biologov, vendar slika 14 prikazuje okolju prijazen rešitev, ki se jo da prilagoditi razmeram. Morda tok skozi zoženja ni maksimalen, vendar že 10-odstotno povečanje pretoka v energetiki pomeni pomembne spremembe. Taka rešitev ima torej več prednosti:

- okolju prijazna trajnostna rešitev,
- povečanje energetskega potenciala od 10 % do 100 %,
- naravna regulacija rečnega toka,
- ljudem prijazna in varna infrastruktura (za šport in turizem),
- primerna za nizke vodostaje.

10 IZVEDLJIVOST

Za konec je smiselno kritično ovrednotiti samo idejo. V Sloveniji smo žal pri tovrstnih projektih precej omejeni. Največjo težavo predstavlja zakonodaja, ki prepoveduje

umeščanje ovir v rečne struge. Reke so namreč v državni lasti, zato je za izvedljivost potrebna "politična volja".

Če se prepustimo optimizmu, bi bilo za izvedljivost takega projekta treba koncept preveriti v teoriji in praksi. Najprej bi verjetno izvedljivost preverila Hidroinštitut in Kate-dra za splošno hidrotehniko UL (v enem letu – do 2026). Ko oziroma če se opravijo simulacije in raziskave, je treba na sami reki Savi izbrati testne točke in pridobiti potrebna zakonita soglasja. Dobra lastnost takega projekta je, da pridobivanje različnih soglasij ne bi smelo predstavljati večjih časovnih ovir. Največji podporniki takega projekta bi bili namreč okoljevarstveniki, hidrologi in energetiki. Prav tako bi bilo s pomočjo razpisov na voljo dovolj sredstev za večletno raziskovalno delo. Predpostavimo torej, da obstaja politična podpora in da se izbor testnih mest izvede v enem letu (2027). Izgradnja naravnih otokov je hiter in tehnološko nezahteven proces, ki bi ga lahko izvedli v manj kot letu dni. Po najbolj optimističnem scenariju bi Slovenija s prvim tovrstnim testnim poljem leta 2028 prevzela pobudo v svetovni hidroenergetiki, leta 2030 pa bi lahko že imeli prvo naravi in ljudem prijazno hidroelektrarno. Prepustite se optimizmu.

11 ZAKLJUČEK

Hidroenergetika ima ogromen potencial. Tradicionalna gradnja jezov za hidroelektrarne ni več trajnostna rešitev. Izkaže se, da so zajeziitve uničujoče za naravni ekosistem in da hidroenergetika potrebuje nov pristop. Mikro hidroelektrarne, ki se postopoma razvijajo v zadnjih letih, predstavljajo konkurenčno rešitev in nadomestitev tradicionalnim HE. Velik izziv predstavlja vzdrževanje (amortizacija), za kar je potrebna sistematična in cenovno ugodna rešitev. V času, ko je vsaka energetska rešitev dobrodošla, se

izkoristek mikro HE lahko preprosto poveča z ustvarjanjem umetnih brzic. Tak koncept, ki še ni bil predstavljen, pomeni revolucionaren pristop svetovnih razsežnosti. Najpomembnejše dejstvo je, da so mikro HE prijazne do rečnega ekosistema in si zaslužijo oznako „trajnostno“.

Strateško in strokovno premišljeno upravljanje vodnih struktur lahko prinese okolju prijazno energetske samooskrbo ter ekonomsko in družbeno korist. Slovenija kot predalpska država s hudourniški rekami doživlja težke hidrološke razmere, kar so pokazale obsežne poplave leta 2023. Če se koncept izkaže za izvedljivega v našem okolju, ga je mogoče aplicirati po vsem svetu.

David Kene je mladi podjetnik in študent Varstva okolja na Visoki šoli za trajnostni razvoj (ang. Collage of Sustainable Development). V letu 2021 je kot HUB manager start up pospeševalnika Reveris d.o.o. pridobil izkušnje na področju digitalnih zagonskih podjetij, ki so ga vodile do pobude in leto kasneje ustanovitve hčerinskega podjetja Diamant esports d.o.o., telekomunikacijskega velikan T-2. V sklopu študijske prakse pri podjetju Limnos d.o.o, podjetja za aplikativno ekologijo se je študijsko specializiral za rastlinske čistilne naprave in vodne sisteme, v letu 2024 pa ustanovil tudi start-up podjetje Babili Garden d.o.o, ki digitalizira aeroponične zalivalne sisteme za notranje prostore. Kot mladi podjetnik dela na področju trajnostnih poslovnih rešitev, ki podjetjem zagotavljajo dolgoročno poslovno uspešnost v času digitalizacije in umetne inteligence.

LITERATURA IN VIRI

Agencija Republike Slovenije za okolje. (n.d.). Okoljsko omrežje. [EN18] Obnovljivi viri energije. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://kazalci.arso.gov.si/sl/content/obnovljivi-viri-energije-4>

Statistični urad Republike Slovenije. (2023). Energetska bilanca, Slovenija, 2022. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/11405>

Delakorda, T. (2005). Problematika kitajskega projekta Tri soteske (diplomsko delo). Univerza v Ljubljani, Fakulteta za družbene vede.

Wang, Y.-h., Zou, Y.-s., Xu, L.-q., & Luo, Z. (2015). Analysis of water flow pressure on bridge piers considering the impact effect. Hindawi. Pridobljeno 27. 6. 2024 z naslova: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/687535/>

HE Krško - splošno. Pridobljeno 27. 6. 2024 z naslova: <https://www.he-ss.si/he-krsko-sposno.html>

Viri slik:

Slika 1: Jez Tri soteske na reki Jangce (Kitajska). Wikimedia Commons. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Three_Gorges_Dam,_Yangtze_River,_China.jpg

Slika 2: HE Krško. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://www.he-ss.si/he-krsko-sposno.html>

Slika 3: Markovic Self propelled pump-Animation. (2009). Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://www.youtube.com/watch?v=c5r0ITUbBwo>

Slika 4: MARKOVIC SLOVENIAN PUMP. (2009). Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://www.youtube.com/watch?v=ueAwkogS6Oo&t=10s>

Slika 5: Waterotor Energy Technologies Development Summary. (2019). Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://www.youtube.com/watch?v=OspTIBQlq2Q>

Slika 6: Waterotor Production Design Ready Sample In Operation. (2017). Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: https://www.youtube.com/watch?v=ob_ftabABZg

Slika 7: Craswell, T., & Akib, S. (2020). Reducing bridge pier scour using gabion mattresses filled with recycled and alternative materials. Engineering, 1, 188–210. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://doi.org/10.3390/eng1020013>

Slika 8: Koftis, T., Prinos, P., & Aftias, M. (2012). Experimental study of a multiple-row pile breakwater. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: https://www.researchgate.net/publication/257251761_EXPERIMENTAL_STUDY_OF_A_MULTIPLE-ROW_PILE_BREAKWATER

Slika 9: Hamakareem, M. I. (n.d.). Pier cross-section shapes for river and waterway crossings. The

MARKOVIC SLOVENIAN PUMP. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <http://www.izumi.si>

Waterotor XP test rig - YouTube. (2016). Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://waterotor.com/>

Koliščarji na ljubljanskem barju. (2004). Pridobljeno 4. 7. 2024 z naslova: <https://slovenia.si/sl/umetnost-in-kulturna-dediscina/kolischarji-na-ljubljanskem-barju>

Mohamed, A., Metwally, H., & Farahat, M. A. (2013). Photovoltaic water pumping systems - 3: Energy efficiency improvement in silicon solar cells from 1954 to 2008. Pridobljeno 4. 7. 2024 z naslova: <https://www.researchgate.net/profile/Ahmed-Mohamed-46/publication/315564002/figure/fig3/AS:669543223529476@1536642952240/Energy-efficiency-improvement-in-silicon-solar-cells-from-1954-to-2008.png>

Vodnatost. (n.d.). Pridobljeno 4. 7. 2024 z naslova: <https://www.2arnes.si/~o4osce/gradiva/geo/vodovje/vodnatost.html>

Constructor. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://theconstructor.org/structures/bridge-pier-types/36121/>

Slika 10: Skica 1, LimnoLeaf. (Lasten vir, 2024).

Slika 11: Djeddi, S. R., Masoudi, A., & Ghadimi, P. (2013). Numerical simulation of flow around diamond-shaped obstacles at low to moderate Reynolds numbers. American Journal of Applied Mathematics and Statistics, 1(1), 11–20. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: <https://pubs.sciepub.com/ajams/1/1/3/index.html>

Slika 12: Skica 2, LimnoLeaf. (Lasten vir, 2024).

Slika 13: Skica 3, LimnoLeaf. (Lasten vir, 2024).

Slika 14: Skica 4, LimnoLeaf. (Lasten vir, 2024).

Slika 15: Astefanei, A., Dapic, I., & Camenzuli, M. (2016). Different stationary phase selectivities and morphologies for intact protein separations. SpringerLink. Pridobljeno 25. 6. 2024 z naslova: https://www.researchgate.net/publication/308532853_Different_Stationary_Phase_Selectivities_and_Morphologies_for_Intact_Protein_Separations

Slika 16: MatejK42. Kaskada hidroelektrarn na spodnji Savi s pripisanimi nazivnimi močmi in padci. Wikimedia Commons. Pridobljeno 4. 7. 2024 z naslova: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hidroelektrarne_na_spodnji_savi.svg