

mag. Andrej KRYŽANOWSKI*

mag. Ladislav TOMŠIČ**

mag. Zoran STOJIČ***

prof. dr. Mitja BRILLY*

HIDROELEKTRARNE NA SREDNJI SAVI

UVOD

Na reki Savi je predvidena izgradnja sklenjene verige hidroelektrarn od Medvod do meje s Hrvaško, ki bo, poleg verige hidroelektrarn na reki Dravi, predstavljala hrbtenico proizvodnje obnovljive energije v okviru slovenskega elektroenergetskega sistema. Načrtovana veriga hidroelektrarn na Savi je tudi edini od glavnih obnovljivih virov energije pri nas, ki ga je še mogoče izkoristiti za proizvodnjo električne energije.

V zgornjem delu Save obratujejo hidroelektrarne Moste, Mavčiče in Medvode. V spodnjem toku poteka gradnja verige hidroelektrarn, kjer že obratujeta Vrhovo in Boštanj; HE Blanca je v gradnji; za hidroelektrarne Krško, Brežice in Mokrice pa potekajo postopki umeščanja v prostor. Predvidene hidroelektrarne na srednji Savi, med Medvodami in Zidanim mostom, bodo povezale hidroelektrarne na zgornji Savi in spodnji Savi v sklenjeno energetske verigo, ki bo obratovala po principu pretočnih akumulacij z dnevno izravnavo pretoka. S sklenitvijo vseh stopenj bo možno optimalno izkoriščanje razpoložljivega vodnega potenciala za proizvodnjo električne energije. Poleg energetskih so pričakovani še drugi koristni učinki izgradnje hidroelektrarn na Savi: povečana zaščita pred škodljivim delovanjem voda; izboljšanje vodooskrbe; čiščenje odpadnih voda; ureditev prometnega in energetskega omrežja; ter pozitivni družbeno razvojni gospodarski učinki.

SPLOŠNO

Voda je edini naravni vir, ki ga je v, sicer surovinsko siromašni Sloveniji v izobilju. Visokogorja na severozahodu Slovenije zadržujejo prodore toplih in vlažnih zračnih mas iz Sredozemlja, ki prispevajo k obilici padavin v podalpskem področju, iz katerega se napajajo vodotoki osrednje Slovenije. Reka Sava je s svojimi pritoki najpomembnejši vodotok, s porečjem, ki obsega 53,6% (10.872 km²) celotne površine Slovenije. Za reko Savo je značilnost spreminjajoči režim toka: v gornjem toku prevladuje snežno-dežni režim, ki prehaja v dežno-snežni režim v spodnjem toku. Letni maksimumi se pojavljajo pomladi in jeseni; letni minimumi pa poleti in pozimi. Posebno značilen je hudourniški značaj vodotoka, kjer je razmerje med sušnim in poplavnim pretokom 1:100; v ekstremnih razmerah lahko tudi do 1:250. Porečje Save je za razliko od ostalih glavnih vodotokov energetske najmanj izkoriščeno **preglednica 1**. Od razpoložljivega hidropotenciala Save z Ljubljano je trenutno izkoriščenih 18,5%, kar pomeni 12,5% delež celotne proizvedene hidroenergije v Sloveniji. Na Dravi je razpoložljivi potencial praktično v celoti izkoriščen, na Soči z Idrijco pa znaša 34%.

Porečje Save je v energetske smislu razdeljeno na tri odseke: gornja, srednja in spodnja Sava **slika 1**. Ideja o energetske izrabi Save sega na začetek prejšnjega stoletja, ko so bile narejene prve študije za izgradnjo verige hidroelektrarn. Že takrat je bila predvidena sklenjena veriga hidroelektrarn vzdolž celotnega toka Save, pri čemer so bile načrtovane čelne akumulacije v gornjem toku (HE Moste in HE Radovljica), ki bi s sezonsko akumulacijo zagotavljale obratovalno sposobnost verige v sušnem delu leta. Neposredno po vojni se je pričela izgradnja hidroelektrarn na gornji Savi: HE Moste (1952) in HE

¹ *mag. Andrej KRYŽANOWSKI uni. dipl. ing. gradb, prof. dr. Mitja BRILLY uni. dipl. ing. gradb., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hajdrihova 28 Ljubljana, **mag. Ladislav TOMŠIČ uni. dipl. ing. el., Holding slovenske elektrarne, Koperska c. 92 Ljubljana, ***mag. Zoran STOJIČ uni. dipl. ing. gradb, Imosgeateh, Opekarska 11 Ljubljana.

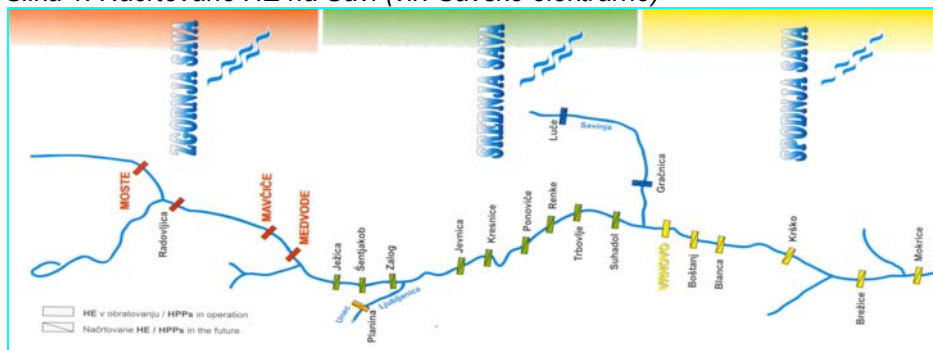
Medvode (1953). Dela na izgradnji verige so nato zastala in šele leta 1986 je bila dograjena naslednja hidroelektrarna pri Mavčičah. V tem času so bili zaradi naravovarstvenih razlogov v celoti opuščeni načrti za akumulacije na gornji Savi (Radovljica, Radovna).

preglednica 1: Hidroenergetski potencial slovenskih rek (Porenta, 2002 z dopolnitvami)

| VODOTOK | BRUTO POTENCIAL | TEHNIČNO IZKORISTLJIV POTENCIAL | IZRABLJEN POTENCIAL | DELEŽ IZRABE |
|------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------|--------------|
| | (GWh/leto) | (GWh/leto) | (GWh/leto) | (%) |
| Sava z Ljubljano | 4.134 | 2.794 | 517 | 18,5 |
| Drava | 4.301 | 2.896 | 2.833 | 97,8 |
| Soča z Idrijco | 2.417 | 1.442 | 491 | 34,0 |
| Mura | 928 | 690 | 0 | 0,0 |
| Kolpa | 310 | 209 | 0 | 0,0 |
| Ostali vodotoki | 7.350 | 1.114 | 284 | 25,5 |
| skupaj | 19.440 | 9.145 | 4.125 | 45,1 |

Z opustitvijo čelnih akumulacij v gornjem toku reke Save je postala aktualna veriga 15. pretočnih elektrarn od Medvod do državne meje pri Mokricah. Vlogo čelnih bazenov prevzame akumulaciji hidroelektrarn Mavčiče in Medvode, vlogo izravnalnih bazenov pa akumulaciji hidroelektrarn Brežice in Mokrice. Za vmesno izravnavo pretokov je predvidena akumulacija hidroelektrarne Vrhovo in deloma akumulacije Jevnica, Kresnice in Ponoviče. Gradnja verige hidroelektrarn na Savi je bila pričeta na odseku spodnje Save, ki je, zaradi pritoka Savinje in Krke, energetsko tudi najbolj interesanten. Hidroelektrarna Vrhovo, prva v nizu obratuje od leta 1993, hidroelektrarna Boštanj je pričela z obratovanjem v letošnjem letu, tretja v nizu, hidroelektrarna Blanca je v gradnji in po predvidoma zgrajena do leta 2008. Ostale hidroelektrarne, Krško, Brežice in Mokrice so v različnih fazah postopkov umeščanja v prostor. Predvidoma bo veriga na spodnji Savi dokončana najkasneje do leta 2018.

Slika 1: Načrtovane HE na Savi (vir: Savske elektrarne)



HIDROELEKTRARNE NA SREDNJI SAVI

Hidroelektrarne na srednji Savi bodo povezale stopnje na zgornji in spodnji Savi v sklenjeno verigo. Na odseku je predvidenih 9 energetskih stopenj in se v geografskem smislu deli na območji: Ljubljanske kotline s hidroelektrarnami Ježica, Šentjakob, Zalog, Jevnica, Kresnice in Ponoviče; ter kanjonski del Zasavja s hidroelektrarnami Renke, Trbovlje in Suhadol. Pogoje za izkoriščanje energetskega potenciala srednje Save predpisujejo akti o podelitvi koncesije, ki je bila podeljena Holdingu slovenskih elektrarn. Izgradnja verige na srednji Savi bo trajala predvidoma 20 let in bo zaključena s sklenitvijo celotne energetske verige, predvidoma v letu 2030. Projekt se trenutno nahaja v fazi priprave strokovnih osnov za pričetek postopka umeščanja objektov v prostor.

Instalirani pretok verige na srednji Savi je opredeljen na način, da omogoča proizvodnjo električne energije v taktu z hidroelektrarnami na zgornji in spodnji Savi: na odseku do Zaloga znaša $Q_f=260 \text{ m}^3/\text{s}$, pod sotočjem z Ljubljano pa $Q_f=400 \text{ m}^3/\text{s}$. Bruto potencial na odseku srednje Save znaša $W_b=1.185 \text{ GWh/leto}$ in je ocenjen na osnovi hidroloških podatkov v obdobju med 1961-1990, z upoštevanjem povprečnih letnih pretokov in bruto padcem 117 m, ki predstavlja razliko med spodnjo

vodo v Medvodah in zgornjo koto na Vrhovem. Povprečna letna neto proizvodnja verige na srednji Savi je ocenjena na: $W_n=994$ GWh/leto; moč na pragu na: $P_m=295,4$ MW. Karakteristični podatki o posameznih energetskih stopnjah so razvidni iz preglednice 2.

preglednica 2: Hidroenergetski potencial slovenskih rek (vir: Uredba o koncesiji, 2004)

| | VOLUMEN AKUMULACIJE (10^6 m^3) | NETO PADEC (m) | INSTALIRANA MOČ (MW) | LETNA PROIZVODNJA (GWh) |
|--------------|--|-------------------|----------------------------|-------------------------------|
| HE JEŽICA | 0,4 | 26,0 | 54,5 | 151,4 |
| HE ŠENTJAKOB | 1,9 | 7,3 | 15,9 | 52,4 |
| HE ZALOG | 1,1 | 7,2 | 15,7 | 52,8 |
| HE JEVNICA | 2,4 | 6,9 | 22,9 | 101,4 |
| HE KRESNICE | 1,5 | 8,3 | 27,7 | 96,4 |
| HE PONOVIČE | 1,4 | 18,8 | 63,0 | 190,7 |
| HE RENKE | 0,4 | 8,5 | 28,6 | 97,9 |
| HE TRBOVLJE | 0,3 | 8,3 | 27,8 | 97,6 |
| HE SUHADOL | 0,7 | 11,7 | 39,3 | 153,4 |
| SKUPAJ | | | 295,4 | 994,0 |

Glede na zasnovo objektov na srednji Savi sta predvidena dva tipa hidroelektrarn: rečne in derivacijske elektrarne. Pri rečnih elektrarnah je pogonski objekt sestavni del pregradnega objekta, hidravlični padec pa predstavlja geodetska višina med gladino v akumulaciji in spodnjo vodo pod pregrado. Pri derivacijskih pa je hidravlični padec ustvarjen z derivacijskim kanalom, ki povezuje pregrado z dolvodno ležečo strojnico. Po opisu objektov iz Uredbe o koncesiji sta hidroelektrarni Ježica in Ponoviče predvideni kot derivacijski, ostale pa rečne. V teku je priprava projektnih zasnov, kjer je predvideno, da se zaradi racionalizacije gradnje in zmanjšanja vplivov na okolje derivacijske elektrarne nadomestijo z rečnimi elektrarnami.

VLOGA HE NA SAVI V EES

S spremembo strukture preskrbe z električno energijo (stalno večanje % termoenergije) ter osamosvojitvijo slovenskega elektroenergetskega sistema (EES) v sistemu evropske interkonekcije (UCPTE), se je spremenila vloga hidroelektrarn v sistemu. Manjša se njihova vloga pri pokrivanju konstantnega dela dnevnega diagrama obtežbe in večja potreba po proizvodnji vršne energije ter po sposobnosti za prevzemanje primarne in sekundarne regulacije. Skupaj z prestrukturiranjem naše industrije se zaradi zmanjšane deleža velikih porabnikov večja razmerje med vršno in pasovno obremenitvijo. Energija termoelektrarn ali energija, ki jo bomo uvažali, bo namenjena kritju potreb v pasu, energija v vršnem delu diagrama (predvsem pa moč) pa mora biti po energetsko ekonomski logiki proizvedena čim bližje potrošnji.

Poudariti pa je potrebno tudi izpolnjevanje pogojev za vključevanje EES v evropske energetske interkonekcije, ki obsegajo: aktiviranje ustrezne rezerve moči pri izpadu največjega agregata (preko 300 MW) ter razpolaganje z rezervo delovne moči za regulacijo frekvence in moči (preko ± 180 MW). Pridružitvev Evropski skupnosti in uvedba trga električne energije narekuje EES zagotavljanje iz svojih proizvodnih kapacitet lastne rezerve konične moči, rezervne moči za regulacije, rezerve jalove moči za regulacijo napetosti in črnega starta pri razpadih sistema. Veriga hidroelektrarn na Savi bo glede na predvideno vlogo v EES obratovala v dnevnem režimu po principu pretočne akumulacije, pri čemer bosta hidroelektrarni Mavčiče in Medvode prevzeli vlogo čelnega akumulacijskega bazena, hidroelektrarne Jevnica, Kresnice, Ponoviče na srednji Savi in Vrhovo na spodnji Savi, pa do dograditve celotne verige vlogo izravnalnih in kompenzacijskih bazenov. Po dograditvi celotne verige bodo omenjene akumulacije na posameznih odsekih prevzele vlogo vmesnih izravnalnih bazenov, akumulaciji Brežice in Mokrice pa vlogo izravnave celotne verige.

Možnost obratovanja po principu pretočne akumulacije se bo povečevala s stopnjo zgrajenosti verige. V začetku bodo elektrarne obratovala pretežno pretočno. S povečanjem števila stopenj se bo povečala sposobnost verige za proizvodnjo variabilne in vršne energije ter regulacijske moči. Obratovanje bo odvisno tudi od predpisanih pogojev in omejitev obratovanja, ki jih narekujejo ostali koristniki vodotoka.

UČINKI GRADNJE HE NA SAVI

Poleg energetskih so pričakovani še drugi koristni učinki izgradnje hidroelektrarn na srednji Savi: povečana zaščita pred škodljivim delovanjem voda; izboljšanja vodooskrbe; čiščenja odpadnih voda; ureditev prometnega in energetskega omrežja; družbeno razvojni gospodarski učinki; povečanje možnosti razvoja rekreacijskih potencialov ter drugo.

Pri hidroelektrarnah vedno poudarjamo tudi vlogo, ki jo imajo objekti v zagotavljanju stabilnih odtočnih razmer v vodotoku. Posegi so naravnani tako, da v ničemer ne poslabšujemo stanja v vodotoku, temveč morajo rešitve predstavljati novo, kvalitetnejšo vrednost v prostoru. Pri načrtovanju objektov na srednji Savi so zahtevani posebni zaščitni ukrepi, kot so: zagotavljanje poplavne varnosti, varovanje kvalitete in količine podtalne vode ter varovanja vodnega režima in rečne dinamike. Ob tem pa je treba zagotavljati tudi: prehodnost jezovnih zgradb za vodne organizme, ohranjanje biološke raznovrstnosti in avtohtonosti habitatov ter ohranjanje in varovanje naravnih vrednot

Gradnja hidroenergetskih objektov pomeni nesporno pozitivne narodnogospodarske učinke, saj je slovenska industrija sposobna zagotavljati pretežni del investicije tako z dobavo opreme, kot z izvedbo. Vlaganje v izgradnjo hidroenergetskih objektov pomeni nesporno pomemben prispevek k ohranjanju konkurenčnosti in sposobnosti v prvi vrsti gradbeništva in gradbene industrije, strojne industrije ter nenazadnje tudi industrije elektroopreme. Hkrati z vlaganjem v hidroenergetske objekte na srednji Savi zagotavljamo delovna mesta in proizvodnjo v industriji za dobo več deset let. Z akumulacijami, kot večnamenskimi objekti, rešujemo probleme oskrbe prebivalstva s pitno vodo, namakanja kmetijskih površin, zaščite pred škodljivim delovanjem vodotoka, ter urejanje vodnega in obvodnega prostora za turistično-rekreacijske dejavnosti. V ureditvah v vplivnem območju akumulacij pa je predvideno celovito urejanje objektov javne in lokalne infrastrukture, kot so ureditve: reguliranja pritokov, prometnic, prehodnosti pregradnih objektov, komunalne in energetske infrastrukture ter čistilnih naprav.

LITERATURA

Kryžanowski, A. : Predstavitev gradnje hidroelektrarn na Savi, Hidrotehnični betoni – zbornik gradiv in referatov, IRMA, Ljubljana 1999, s. 77-82

Porenta, M.: Hidroenergija, Strokovne osnove za NEP, Ljubljana 2002

Območje izvajanja koncesije in pogoji, pod katerimi se izvaja koncesija za rabo vode za proizvodnjo električne energije na delih vodnega telesa srednje Save – Priloge, Uradni list RS 121/04, Ljubljana 2004

Uredba koncesiji za rabo vode za proizvodnjo električne energije na delu vodnega telesa reke Save od Ježice do Suhadolega, Uradni list RS 121/04, Ljubljana 2004