

# Могућност коришћења воде у привреди Србије

Мирјана Ђоковић 955/2011

Факултет техничких наука, Чачак

Инжењерски менаџмент, Мастер за инжењерски менаџмент, 2011

mira.djokovic83@yahoo.com

Проф. др Јерослав М. Живанић, редован професор

**Апстракт-** У овом мастер раду даће су неке од могућности коришћења воде у привреди Србије. У уводном делу даће је осврћи на воду као један од најбитнијих ресурса у свету и у нашој земљи. Затим је даће приказ значаја геотермалних извора енергије, њеног потенцијала и искоришћености у нашој земљи. Значај воде као обновљиви извор енергије је веома велики. Даће је и предложити савремени оквир за коришћење воде као обновљивој ресурса за производњу електричне енергије у Републици Србији. Хидро-електране у Републици Србији имају 30 % удела у производњи електричне енергије. У раду је детаљно описан рад хидроелектране, подела електране и њихове карактеристике, планирање изградње електране са свим потребним пројекцијом за изградњу истих. Вода има велики значај и у транспортном саобраћају. Кроз Републику Србију протиче река Дунав преко које се одвија саобраћај између осам земаља кроз које протиче ова река.

**Кључне речи** – Вода; Водени потенцијал; Ресурс; Хидроелектрана; Енергија

## 1. УВОД

Вода представља један од најважнијих обновљивих ресурса на земљи. Без ње неби имало живота на земљи нити би се могао да одвија било који животни циклус на њој. Као важан ресурс у нашој земљи користи се за производњу електричне енергије, као ресурс у облику геотермалне енергије. У систему наводњавања повећава учинак у пољопривредној производњи скоро дупло што је значајна чињеница, мада је искоришћеност тог потенцијала још увек мала. У производњи електричне енергије вода има удео од око 30 % инсталисане снаге у облику хидроелектрана, а могућношћу повећања истога преко мини хидроелектрана на великом броју локација широм земље. Водени потенцијал има велики значај и у транспортном саобраћају земље. Река Дунав представља велики потенцијал за водени транспортни саобраћај наше земље. И тај ресурс који поседује река Дунав није у потпуности искоришћен. Овим мастер радом узети су у разматрање ти аспекти воде као ресурса, тренутно стање и могућности које могу бити искоришћени а који би много утицали на развој привреде наше земље. [1] [2]

## 2. ВОДА КАО РЕСУРС

Вода представља најраспрострањенију материју у природи. Она покрива земљину површину и учествује у природним процесима, за њом има потребу сав живи свет. Утврђено је да се од кише пале на земљину површину у атмосферу путем испаравања враћа 62 % воде чиме се одвија хидролошки циклус јако битан за живот на земљи[1]. Све већи недостатак квалитетних вода представља већ сада лимитирајући фактор економског и социјалног развоја појединих области и региона. Укупно расположиве воде на територији Србије износи 3 178 662 милиона метара воде од чега су 91 % транзитне, а свега 9% сопствене воде. [6,7]

ТАБЕЛА 1. Структура расположивих вода у Србији [4]

Србија (88 361km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	W (мил.м <sup>3</sup> )	H (mm/go d)
Укупно рас.воде	5672	178662	2022
Транзитне воде	5163	162635	1841
Сопствене воде	509	16027	181

Однос транзитних и сопствених вода је 1: 9,86 воде које постоје унутар наше територије чине само 10% транзитних вода, што је крајње неповољно. Све реке Србије припадају сливовима трију мора: Јадранско море, Егејско море и Црно море. Површина Црноморског слива у Србији је највећа, покрива површину од 81.261 km<sup>2</sup> или 92 % територије Србије. Тиса, Сава, Велика Морава, Дрина су реке које се преко Дунава уливају у Црно море. [4,5,6]

Јадрански слив у Србији захвата површину од 4.500 km<sup>2</sup> или 5% од површине Србије.

Егејски слив у Србији захвата најмању површину од 2650 km<sup>2</sup> што је свега 3 % од територије Србије. Овај слив обухвата слив трију река Лепенац, Пчиња и Драговиштица.

Просторна и временска неравномерност сопствених водених ресурса у Србији намеће питање решавања водоснабдевања углавном кроз израду акумулационих базена и њихову концентрацију по регионалним системима. [4]

## 3. ГЕОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА

Процењена снага свих постојећих геотермалних бушотина у Србији је око 160 MW од чега се тренутно користи око 100 MW. Инсталисана снага 20.000 топлотних пумпи снаге 20 kW за загревање стамбених објеката може из земље да преузме енергију колико нам даје и једна термоелектрана инсталисане снаге 300 MW. [2]

Придруживању Еверопској унији и нас очекују обавезе у погледу коришћења обновљивих извора енергије чиме би се постигли вишеструки ефекти:

- ✓ Уз минималне инвестиције постиже се максимална инсталисана снага у кратком временском року
- ✓ Инвестицију спроводе грађани а не држава
- ✓ Постиге се максимална енергетска ефикасност, јер се улаже 25 % електричне енергије
- ✓ Не постоји загађење нити емисија штетних гасова
- ✓ Повећава се научно и технолошко знање као и запосленост[1,2,3]

Топлотне пумпе су расхладне машине које преносе топлотну енергију из једног простора у други тако што један простор расхлађују а други загревају. Главни разлог за примену топлотних пумпи лежи у њиховој ефикасности: за пренос топлотне енергије користи се 20%-30 % пренете енергије. [6,7]

Укупан број нових инсталираних топлотних пумпи у осам европских земаља је у 2008. год. порастао за 50 %. Све већа је уградња у зградама са више станова, док је у првом кругу масовна употреба била у породичним кућама.

У периоду 1974. до 1992. године у Србији је избушено 113 бушотина којима је испитан капацитет и квалитет воде. Геотермалне бушотине су направљене у процесу потраге за налазиштем гаса и нафте и често се налазе ван насељених места и саобраћајница. [6,7]

Бечејска бушотина је једна од енергетски најповољнијих на територији Војводине. Пројектовани излаз има топлотну снагу 4.153 kW. Ако се рачуна са хлађењем воде од 25<sup>0</sup>С. Уградњом топлотних пумпи ова снага се може повећати на 5.192 kW. Инвестиције у изградњу овог моћног енергетског извора није мала, износи 2.237.000 € када би се стартовало са голе ледине. [4,5,6]

Међутим када би се узело у обзир да је бушотина већ постојала и да постоји већ одређена опрема цена би се кретала 1.677.000 € заједно за потрошаче и власнике бушотина. [4,5]

Град као што је Јагодина има око 4.000 гасних прикључака и исто толико индивидуалних гасних котлова. У Србији има укупно око 100.000 гасних прикључака.

За организовано увођење топлотних пумпи за загревање и хлађење стамбеног и пословног простора постоје следећи разлози:

- ✓ инвестиција која је око три пута већа него у случају грејања на гас исплати се у року од 3 до 4 године
- ✓ цена потрошене електричне енергије у току експлатације је од 4 до 16 пута мања него у случају грејања на гас
- ✓ квалитет и комфор грејања је на највишем могућем нивоу
- ✓ постоји широк опсег снага топлотних пумпи (од 10 kW до 2 MW) чиме се постиже добра покривеност захтева
- ✓ за градњу когенеративног гасног постројења снаге 400 MW потребно је минимум 3 год.

#### **4. ВОДА КАО НАЈВИШЕ ИСКОРИШЋЕН ОИЕ У СРБИЈИ**

Технички искористив енергетски потенцијал наведених ОИЕ у Републици Србији, веома је значајан и процењен је преко 3,83 милиона тое годишње[6].

- ✓ око 2,4 милиона тое годишње (62,7% укупног потенцијала) налази се у искоришћењу биомасе[6]
- ✓ око 0,4 милиона тое годишње (10,4% укупног потенцијала) налази се у малим водотоцима на којима се могу градити мале хидроелектране. [6]
- ✓ око 0,2 милиона тое годишње (5,2% укупног потенцијала) налази се у постојећим геотермалним изворима [6]
- ✓ око 0,19 милиона тое годишње (5% укупног потенцијала) налази се у енергији ветра
- ✓ око 0,64 милиона тое годишње (16,7% укупног потенцијала) налази се у искоришћењу Сунчевог зрачења

Хидроелектране у Србији производе годишње око 9.930 GWh, што је око 25,5% укупне годишње производње електричне енергије. Њихова инсталисана снага износи 2831 MW, што је 34 % од укупних инсталираних електроенергетских потенцијала за производњу струје.

Процењено је да се модернизацијом може снага постојећих генератора повећати за 128 MW (око 4,5%) и додати нових 50 MW. Само на Ђердапу је предвиђено нових 66 MW, у Бајној Башти 28 MW, у Зворнику 25 MW а на Власинским хидроелектранама још 5 MW.

На хидроелектрани "Бајна Башта" 2010. године завршена је ревитализација једног, а када се ревитализују сва четири генератора добиће се додатна 52 MW, на сваком по 13. годишња производња ће бити већа за 40 милиона kWh.

Хидроелектране " Овчар Бања " и " Међувршје " су ревитализацијом појачане и снага им је подигнута са 13 на 17 MW.

На Дрини код Љубовије су планиране још две хидроелектране, „Тегаре“ и „Мала Дубравица“, укупне снаге око 300 MW и још дванаест мини хидроелектрана на притокама Дрине, Љубовићи, Цапарићској и Грачаничкој реци.

Страни инвеститори су изразили намеру да на Лиму у наредном периоду саграде две хидроелектране, „Бродарево 1“ и „Бродарево 2“, укупне снаге 56 MW уз процењену вредност инвестиције од 140 милиона евра. [6,7]

На реци Ибар је предвиђена изградња 10 малих хидроелектрана укупне снаге 103 MW, коју ће заједно градити ЕПС и италијанска фирма "Сећи енергија", уз претпостављену инвестицију од 284 милиона евра. Постоји одређено више од 50 локација са предвиђеним потенцијалом преко 10 MW и више од 850 локација на којима је могуће укупно инсталирати око 450 MW (малих електрана у распону од 100 kW до 10 MW). [6]

## 5. ВОДА КАО ОБНОВЉИВИ РЕУРС ЗА ПРОИЗВОДЊУ ЕЛ. ЕНЕРГИЈЕ

Снага мале ХЕ у опсегу (100 - 500) -kW она се назива мини ХЕ, а ако јој је снага мања од 100 kW - микро ХЕ. Од скоро, у литератури се помињу и *мико* ХЕ (снаге до 5 kW). ХЕ имају своје предности и своје недостатке.

Предности су:

- ✓ Мале ХЕ су веома поуздане и еластичне у раду. Однос профита оствареног током експлоатационог периода и укупних трошкова је веома повољан. Просечан период отплате средстава уложених у изградњу мале ХЕ је, у просеку, (2-4) год/kW.
- ✓ Имају веома дуг период експлоатације. Грађевински елементи (брана и зграде) могу да раде око 100 година, уз минималан степен одржавања. Такође, изградња ових елемената је релативно јефтина. Од тренутка израде пројекта до тренутка завршетка изградње мале ХЕ потребно је до 2 године.
- ✓ Мале ХЕ могу да раде без сталних посада и да се контролишу даљински.
- ✓ Електрична опрема која се уграђује у мале ХЕ је лако уградива и заменљива, са кратким периодима накнадне испоруке.

Мане малих ХЕ су:

- ✓ Могу да имају значајан утицај на екологију места где се граде.
- ✓ Ако се граде са браном може доћи до поремећаја репродуктивног циклуса риба или, чак, њиховог угинућа. Такође, дешава се да јата риба буду уништена проласком кроз обртно коло турбине.
- ✓ Пропуштање воде кроз преливне елементе може да узрокује презасићење воде гасовима из ваздуха што, такође, може да поремети рибљу популацију.

- ✓ Постојање резервоара или акумулације доводи до „раслојавања“ акумулиране воде. Горњи слојеви су топлији од доњих, што узрокује да у доњим слојевима буде мање кисеоника, тако да долази до уништења биљног и животињског света.
- ✓ Крчење шума на терену око хидроелектране доводи до појаве клизишта, што може да изазове промену тока текућих вода.

Целина-компоненте које се користе у малим ХЕ су:

- уређаји за усаглашавање брзине обртања турбине са захтеваном брзином обртања генератора;
- контролни вентили за подешавање дотока воде у турбине;
- заобилазни цевовод (канал) и контролни уређаји, ако су потребни;
- релејна заштита и контролни системи;
- електрично постројење са кућним трансформатором и трансформатором за прикључење на мрежу;
- системи за осветљење и грејање и резервно напајање заштитних уређаја;
- систем са расхладном водом и систем за подмазивање, ако је потребан;
- систем за вентилацију;
- телекомуникациони уређаји, противпожарни и сигурносни системи.

Мале ХЕ могу бити:

- а) проточне (без постојања акумулације),
- б) са недељном акумулацијом воде. У ову групу спадају мале ХЕ са великим падом и назначеном снагом већом од 1 MW и
- ц) са вишенедељном акумулацијом воде. Ако за горњу границу назначене снаге усвојимо вредност од 10 MW, практично, нема малих ХЕ са више недељном акумулацијом воде.

Мада није једноставно дати детаљан поступак процене свих могућих опција, може се дати листа основних корака које треба предузети пре процене да ли ће се за неку варијанту радити детаљна анализа (студија изводљивости).

Листу анализа које треба спровести чине:

- тополошка и геоморфолошка студија локације за изградњу ХЕ;
- процена водног потенцијала и могуће производње; [5,6,7]
- избор локације и основне конфигурације мале ХЕ;
- избор турбина, генератора и система за регулацију;
- процена утицаја мале ХЕ на екосистем и мере за њихово ублажавање;
- економска процена пројекта и обезбеђивање финансијских средстава;
- административна процедура за добијање потребних дозвола.

Цена изградње мале ХЕ зависи од:

- типа мале ХЕ (са или без бране, проток, дужина цевовода),
- инсталисане снаге и броја генератора,
- искористивог пада,
- капацитета акумулације,
- локације (конфигурација терена, дужина и висина насипа, хидролошки услови, цена земљишта, удаљеност од постојеће мреже).

Примера ради, навешћемо упрошћени прорачун цене изградње мале ХЕ назначене снаге 32 kW, назначеног протока  $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$  и нето пада 3m. Изградња бране, дужине 40m и висине 4m

,кошта око 6500 €. За остале радове са бетонирањем ( $51\text{m}^3$  бетона и око 4000 kg челичне арматуре) плаћено је 7200 €. Набавка и монтажа турбине, генератора, аутоматике и осталог прибора коштали су 55900 €, тако да је укупна цена изградње мале ХЕ износила:  $6500 + 7200 + 55900 = 69600$  €. Ако претпоставимо да сте-пен оптерећења електране износи 0,7, годишња производња електричне енергије биће:  $8760\text{h} \cdot 32\text{kW} \cdot 0,7 = 196224$  kWh. Ако усвојимо вредност стимулативне цене произведене електричне енергије од 0,07 €/kWh годишњи приход биће 13735,68 €, односно приближан период отплате инвестиције биће око 5 година.

Пример је изградња мале ХЕ у Канади, инсталисане снаге 6 MW, инсталисаног протока  $6,1\text{ m}^3/\text{s}$ , и нето-пада 114,2 m. Генератор се покреће Францисовом турбином. Брана је ниска, дужина цевовода од водозавата до машинске зграде је 1300 m, а дужина надземног вода којим је електрана прикључена на мрежу је око 2 km. Укупна инвестиција у канадским доларима достиже вредност 16262000 \$.

Ако за каматну стопу усвојимо вредност од 3% годишње, садашња вредност ове суме новца је  $16\,262\,000 \cdot 1,03^{10} = 21\,856\,128$  \$ = 152 993 006 €, односно јединична цена изградње ове ХЕ је 2550 €/kW. [4,5,6]

Набавка машина обухвата куповину турбине, уређаја за подешавање брзине, генератора и контролних водених вентила. Генерално посматрано, машине за електране са великим падом су јефтиније од машина за електране са малим падом сличне снаге. У електранама са великим падом потребно је пропустити мању количину воде него у електрани са малим падом за исту снагу. Такође, турбине у њима се, често, могу директно прикључити на генератор, без примене уређаја за подешавање брзине.

Грађевински радови подразумевају изградњу водозавата, преграда, постројења за обраду воде, канала или цевовода за довод воде у турбину, машинске зграде и одвода воде. Вредност ових радова веома зависи од локације мале ХЕ. На местима са великим падом највише ће коштати изградња цевовода, док ће на местима са малим падом, највероватније, најскупла бити изградња водозавата, преграда и канала. [7]

Електрични радови обухватају монтажу контролних плоча и табли, ожичење, набавку енергетског трансформатора и повезивање електране на мрежу. Ови трошкови првенствено зависе од назначене снаге електране и од удаљености електране од мреже.

## 6. ВОДА КАО РЕСУРС У ТРАНСПОРТНОМ САОБРАЋАЈУ

Паневропски водни транспортни коридор VIII Дунав повезује 10 европских земаља које излазе на пловни део реке Дунав. Представља једини водни коридор и основу унутрашњих пловних путева, а заједно са Рајном и Мајном то је најважнији водни пут на континенту који повезује Црно са Северним морем.

Деоница коридора VIII кроз Србију се пружа правцем северозапад-југоисток у дужини око 588 km, што представља четвртину укупне дужине пловног пута који износи око 2415 km. Највећи део коридора Дунав кроз Србију се пружа кроз АП Војводину. [8]

Утицаји који су условили ове промене, са аспекта заштите животне средине, поред опште поделе на природне и антропогене, конкретно се односе на утицаје услед:

- ✓ загађења нетретираним индустријским, градским, канализационим и пољопривредним отпадним водама (присуство нафте и уља у води, тешких метала, фенола, пестицида, пирита и сл.) и инфраструктурне неопремљености; [8]
- ✓ локација депонија (званичних општинских и градских, као и неуређених стихијски насталих) у непосредној зони пловног пута, загађењем површинских и подземних вода услед спирања тла и неадекватног третмана процедних вода из тела депоније које садрже загађујуће материје;

- ✓ неконтролисане примене хемијских мера заштите у пољопривредној производњи;
- ✓ изливања тј. цурења опасних материја како у лукама и бродоградилштима, тако и из инфраструктурних постројења и објеката који се налазе у непосредном подручју Дунава;
- ✓ акцидента приликом претоварања и утоварања течних и расутих терета;
- ✓ доспевања продуката експлоатације минералних сировина у подземне токове и испуштања јаловине у локалне потоке у непосредном и ширем окружењу коридора пловног пута услед чега је могуће доспевање тешких метала и пирита у воду Дунава;
- ✓ интервенција приликом уређења пловног пута, што се преваходно одразило на екосистем Дунава;
- ✓ непостојања система интегралног мониторинга квалитета воде Дунава, посебно на местима излива отпадних вода и на локацијама загађења из индустрије и енергетике (осим најугроженијих локација на местима пре брана или устава);
- ✓ остатак потонулих бродова у речном кориту Дунава. [8]

## 7. ЗАКЉУЧАК

Вода представља један од најважнијих ресурса на земљи. Покрива скоро две трећине земљине површине и без ње не може да се одвија ни један биолошки процес на земљи. Може се наћи у сва три агрегатна стања: чврстом, течном и гасовитом. Од открића електричне енергије вода се као ресурс користи и за производњу исте. Кинетичка енергија слободног пада водене масе и њено трансформисање кроз механичку енергију у електрични облик енергије. Геотермални облик енергије је још један велики али још увек недовољно искоришћени потенцијал воде.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] - Leon Freris, David Infield, "Renewable Energy in Power Systems", A John Wiley & Sons, Ltd, Publication, 2008.
- [2] - John Twidell and Tony Weir, „Renewable Energy Resources", Taylor&Francis, 2006
- [3] - Gilbert M. Masters, "Renewable and Efficient Electric Power Systems", A John Wiley & Sons, Inc., publication, 2004
- [4] - М. Ђурић и др., "Elektrane", ETF Priština i ETF Beograd, 2004.
- [5] - Hydroelectric Power, US Department of The Interior Bureau of Reclamation, Power Resources Office, 2005. Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant, *ESHA*, 2004.
- [6][http://sh.wikipedia.org/wiki/Spisak\\_reka\\_u\\_Srbiji](http://sh.wikipedia.org/wiki/Spisak_reka_u_Srbiji)
- [7]<http://www.balby.com/Balby%20%20Postrojenja%20za%20tretman%20otpadnih%20voda.pdf>
- [8][http://www.emins.org/sr/aktivnosti/projekti/dunav/dunav\\_istrazivanje.pdf](http://www.emins.org/sr/aktivnosti/projekti/dunav/dunav_istrazivanje.pdf)