



СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

# УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

---

УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА  
НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS

---

---

S C I E N T I F I C M E E T I N G S

Book CLXXXVII

DEPARTMENT OF CHEMICAL AND BIOLOGICAL STUDIES

Book 17

---

---

# ENVIRONMENTAL IMPACT OF SMALL HYDROPOWER PLANTS

Accepted at the 6<sup>th</sup> meeting of the Department of Chemical and Biological Sciences  
on September 20, 2019

E d i t o r  
Academician

MARKO ANDJELKOVIĆ

BELGRADE 2020

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

---

---

НАУЧНИ СКУПОВИ

Књига CLXXXVII

ОДЕЉЕЊЕ ХЕМИЈСКИХ И БИОЛОШКИХ НАУКА

Књига 17

---

---

# УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Примљено на VI скупу Одељења хемијских и биолошких наука, одржаном  
20. септембра 2019. године

У р е д н и к

академик

МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ

БЕОГРАД 2020

Издаје  
*Српска академија наука и уметности*  
Кнеза Михаила 35, Београд

Технички уредник  
*Никола Стевановић*

Лектор и коректор  
*Весна Шубић*

Превод резимеа  
*Аутори*

Тираж: 400 примерака

Штампа  
Colorgrafx, Београд

© Српска академија наука и уметности 2020

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

Академик Марко Анђелковић, председник

Проф. др Александар Јововић

Проф. др Зоран Никић

Др Павле Павловић, научни саветник

Јасмина Јовић, помоћник министра за заштиту природе и климатске промене

Вера Батина, секретар



## САДРЖАЈ

Предговор .....	9
<b>МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ</b> Утицај малих хидроелектрана на животну средину .....	11
Излагање министра заштите животне средине др Горана Тривана .....	15
<b>ВЕЉКО ДИМИТРИЈЕВИЋ</b> Утицај малих хидроелектрана на режим и водни услови за њихово пројектовање и изградњу .....	21
<b>VELJKO DIMITRIJEVIĆ</b> The impact of mini hydropower plants on water system, design and construction requirements.....	40
<b>ВЛАДАН КАРАМАРКОВИЋ, РАДЕ КАРАМАРКОВИЋ, МИЛОШ НИКОЛИЋ, НЕНАД СТОЈИЋ</b> Утицај малих хидроелектрана на одрживи развој Републике Србије .....	43
<b>VŁADAN KARAMARKOVIĆ, RADE KARAMARKOVIĆ, MIŁOŠ NIKOLIĆ, NENAD STOJIC</b> The impact of small hydropower plants on the sustainable development of the Republic of Serbia.....	66
<b>БРАНИСЛАВ В. ЂОРЂЕВИЋ</b> Енергетско, еколошко и развојно вредновање малих хидроелектрана .....	67
<b>BRANISLAV V. ĐORĐEVIĆ</b> Assessing the energy related, environmental and economic impacts of small-scale hydroelectric power plants .....	90
<b>ИВАН БОЖИЋ, АЛЕКСАНДАР ПЕТКОВИЋ</b> Утицај појединих техничких решења на остваривање енергетских и еколошких циљева малих хидроелектрана.....	93
<b>IVAN BOŽIĆ, ALEKSANDAR PETKOVIĆ</b> The impact of particular technical solutions on energy related and ecology issues of small hydropower plants .....	106



РАТКО РИСТИЋ, ИВАН МАЛУШЕВИЋ, СЕНИША ПОЛОВИНА, ВУКАШИН МИЛЧАНОВИЋ, БОРИС РАДИЋ	
Мале хидроелектране деривационог типа: безначајна енергетска корист и немерљива еколошка штета .....	107
RATKO RISTIĆ, IVAN MALUŠEVIĆ, SINIŠA POLOVINA, VUKAŠIN MILČANOVIĆ, BORIS RADIĆ	
Small derivate hydropower plants: a negligible contribution to power generation and an imparable adverse environmental impact .....	132
 СВЕТЛАНА СТЕВОВИЋ	
Концепт изградње МХЕ у светлу конфликтних интереса и синергијских решења .....	135
SVETLANA STEVOVIĆ	
SHPP construction concept in terms of conflict of interest and synergic solutions .....	167
 ПРЕДРАГ СИМОНОВИЋ	
Утицај деривационих малих хидроелектрана на заједнице риба и других акватичних организама екосистема планинских река Републике Србије .....	169
PREDRAG SIMONOVIĆ	
The impact of small derivative hydropower plants on fish species and other aquatic organisms in the mountain river ecosystems of the Republic of Serbia.....	189
 ЈЕЛКА ЦРНОБРЊА-ИСАИЛОВИЋ	
Утицај малих хидроелектрана деривационог типа на локалне популације водоземаца и гмизаваца .....	191
JELKA CRNOBRNJA-ISAILOVIĆ	
The impact of diversion small hydropower plants on local amphibian and reptile populations.....	207
Дискусија.....	209
 Закључци Организационог одбора симпозијума.....	223
 Неслагање са појединим закључцима Организационог одбора симпозијума „Утицај малих хидроелектрана на животну средину“ .....	226

## ПРЕДГОВОР

У завидно дугој традицији постојања и рада Српске академије наука и уметности увек је присутно настојање на активном праћењу и учешћу у актуелним догађањима и проналажењу решења проблема општег цивилизацијског и/или националног значаја. У том смислу је, ценећи иначе врло ши року глобалну проблематику природне и животне средине изузетно битном и за наше друштво са политичког, економског и етичког аспекта, а посебно у том оквиру и са аспекта будућности нових генерација, Председништво САНУ основало 1972. године Међудодељењски одбор „Човек и животна средина“, који сада егзистира и ради као Академијски одбор „Човек и животна средина“. Рад Одбора одвијао се и одвија ради праћења актуелне проблематике у области заштите и унапређења животне средине у Републици Србији, у контексту глобалне проблематике тог аспекта, и уз активно учешће у указивању на актуелне проблеме и проналажење одговарајућих прихватљивих и рационалних решења. Сходно томе, чланови Одбора су на неколико састанака Одбора указивали на све присутнију активност у области изградње малих хидроелектрана (МХЕ) и све учесталије реакције *pro et contra*, како у круговима стручњака тако и у широј друштвеној јавности. На основу тих сазнања, Одбор је на својој седници, одржаној 17. децембра 2018. године, донео одлуку да организује симпозијум „Утицај малих хидроелектрана на животну средину“, који је одржан 6. јуна 2019. године у Свечаној сали САНУ.

Основни циљ скупа било је научно и стручно презентовање објективних чињеница, првенствено из одговарајућих техничких и биолошких области и дисциплина које се односе на изградњу и експлоатацију МХЕ, као и њихов краткорочни и дугорочни утицај на животну средину у ужем и ширем окружењу. У том смислу је, у складу са принципом „предавања по позиву“, пружена прилика једном броју стручњака проверене компетентности из одговарајућих дисциплина из оквира проблематике скупа да саопште своја респектабилна знања и искуства, као и да предложи могуће правце решења актуелних проблема. Скуп је био отворен за јавност, с циљем подизања нивоа обавештености о наведеној проблематици, као и омогућавања изношења индивидуалних мишљења кроз дискусију која је одржана након излагања реферата. Ова монографија садржи текстове осам ауторских радова који су, у нешто сажетијем облику, били изложени током одржавања симпозијума, а који су рецензирани од стране експерата за одговарајуће области, као и говоре др Горана Тривана, министра за заштиту животне средине у Влади Републике Србије и академика Марка Анђелковића, председника Академијског одбора „Човек и животна средина“, који су одржани у оквиру отварања Симпозијума.

У панел-дискусији одржаној након излагања реферата учествовало је једанаест дискутаната. Шест дискутаната се одазвало позиву и у предвиђеном року доставило своје дискусије у писаном облику, према утврђеним пропозицијама, тако да су и оне увршћене у ову монографију. На основу изложених реферата, Организациони одбор симпозијума „Утицај малих хидроелектрана на животну средину“ формулисао је закључке скупа који су публиковани у оквиру ове монографије.

Четири аутора која су одржала три реферата у оквиру наведеног симпозијума, из својих личних разлога, делимично су се оградиле од опште формулисаних закључака, што је такође дато у оквиру ове публикације.

У Београду, 20. новембра 2019. године

Академик Марко Анђелковић

# ЕНЕРГЕТСКО, ЕКОЛОШКО И РАЗВОЈНО ВРЕДНОВАЊЕ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА

БРАНИСЛАВ В. ЂОРЂЕВИЋ\*

*Природа злојамџи сва насиља људи над њом и враћа  
им са мнојосијуро увећаним камајтама.*

Аутор

С а ж е т а к. – За разлику од средњих и великих хидроелектрана (ХЕ) које су највреднији обновљив и еколошки пожељан извор енергије са гледишта смањења емисије гасова стаклене баште (ГСБ), за мале хидроелектране (МХЕ) таква оцена априорно не важи. Њихова енергетска, развојно-економска, еколошка и социјална прихватљивост морају се проверити пре доношења одлуке о грађењу, јер су у бројним случајевима МХЕ непожељне бар по једном, а често и по свим горе наведеним критеријумима вредновања. Чланак разматра критеријуме вредновања, од којих је најважнији: да ли се конкретна разматрана МХЕ уопште може сврстати у обновљив извор енергије (ОИЕ), и да ли је са гледишта смањења ГСБ она чист извор, или спада у – загађиваче. Критеријум обновљивости се заснива на анализи времена враћања примарне енергије која је утрошена за грађење МХЕ, почев од енергије потрошене за добијање неопходних материјала. Врло често је време враћања потрошене енергије дуже од века рада МХЕ, што значи да она не спада у ОИЕ, и зато се на њу не смеју да примене подстицајне мере. Такве МХЕ нису ни чист извор, јер се више ГСБ емитује за израду материјала за њено грађење, од количине коју ће МХЕ да уштеди својим радом. Такве МХЕ су, у ствари, загађивачи – а субвенционира се њихова изградња. Поред ова два критеријума, која су пресудна за оцену да ли таква МХЕ треба да се гради, веома битни су и критеријуми за оцену њене еколошке, социјалне и развојно-економске прихватљивости. Оне МХЕ са малим енергетским учинцима, које не спадају у ОИЕ, развојно су штетне, јер у нормалним условима пословања, без субвенција, нису у стању да рентабилно послују. Такве МХЕ спадају у непожељне инвестиције, а банке које их прате кредитирањем, штитећи себе хипотеком на објекат МХЕ, улазе у највећи инвестициони ризик: када се установи да таква МХЕ има тако лоше енергетске учинке да не може да отплаћује ануитете – хипотека постаје безвредна, ненаплатива. Еколошки

---

\* Редовни члан Академије инжењерских наука Србије, имејл: branko@grf.bg.ac.rs

критеријум искључује све МХЕ са дугачким деривацијама, што се детаљније анализира. Пројекат МХЕ мора да буде и социолошки стабилан, што подразумева да буде прихваћен од људи у њеном окружењу. На жалост, показало се да су сви пројекти МХЕ са дугачким деривацијама социјално нестабилни, па је веома штетно што се инсистира на њима, мада је јасно да ће се такав пројекат социјално и економски урушити. Разматрају се и тешкоће у раду дистрибутивних система због неравномерности рада МХЕ услед бујичних режима малих водотока. Критички се разматра и проток који се оставља у водотоку, јер ти протоци према сада усвојеном критеријуму (10% од средњег годишњег протока) нису довољни за опстанак и развој водених екосистема. Разматра се и важан развојни аспект: дугачки цевоводи који мале водотоке остављају без воде и нарушавају амбијенталне вредности спречавају развој профитабилног сеоског и еколошког туризма на нивоу породичног посла, који је најбољи начин за демографску и економску обнову планинских насеља.

*Кључне речи:* мале хидроелектране, екологија, економски развој, електроенергетика

## УВОД

Није спорна, већ је хвале вредна генерална стратегија у свету да се због глобалних климатских и еколошких проблема насталих због емисије гасова стаклене баште (ГСБ) и све убрзанијег исцрпљивања необновљивих енергетских ресурса енергетски развој усмери према коришћењу тзв. обновљивих извора енергије (ОИЕ), који су еколошки чисти, јер се њима смањује емисија ГСБ. Међутим, када се и најбоље намере суоче са капиталом – обично се претворе у своју супротност. Све је започело са намерно недореченим Кјото протоколом, којим је покренуто мешетарење са правом на испуштање гасова стаклене баште (ГСБ). Да би та трговина цветала без тешкоћа, сви извори енергије од ветра, Сунца, биолошких материјала, малих водних снага – проглашени су за обновљиве изворе енергије (ОИЕ), еколошки 'чисте', који смањују емисију гасова стаклене баште (ГСБ). Медијски вешто јавности је представљена 'зелена енергија', за њу су уведени економски стимуланти – високе бенифициране цене. Али је наметнута и обавеза њеног пријема у електроенергетске системе (ЕЕС) без обзира када је и у којој количини произвођачи упуте према ЕЕС. Наиме, ЕЕС је обавезан да прими ту енергију и када не само да му није потребна, већ и када њен нагли упад у систем прави велике сметње и губитке. И као финале тих енергетски и економски нелогичних потеза, веома значајно повећана цена тих наводно ОИЕ је пребачена на потрошаче. Изненађује површност тако крупне одлуке, којом су занемарене три веома битне ствари: (а) прецизно разјашњење који су извори енергије заиста обновљиви и еколошки погодни

са гледишта испуњења кључног циља – смањења емисије ГСБ; (б) није узета у обзир чињеница да се ради о изворима са доминантном случајном компонентом појаве (ветар, Сунце, бујични режими малих водотока на којима се граде МХЕ), због чега ЕЕС не може унапред да планира покривање дневног дијаграма оптерећења, што је услов за његов оптималан и безбедан рад; (в) обавезност прихватања и најкупље енергије из наводно ОИЕ у колизији је са базним постулатима дерегулације тржишта електричне енергије, којима је потрошачу омогућено да бира најповољнијег произвођача.

Након прихватања обавезе да Србија на 27% повећа производњу из ОИЕ (не зна се ко је био тако неопрезан и 'издашне руке', не консултујући стручњаке, јер су неке мудре земље ЕУ прихватиле обавезу учешћа ОИЕ мање од 10%), у Србији је настала вешто усмеравана 'еуфорија ОИЕ' на државном, тајкунском и медијском нивоу. Како то већ бива код нас, да се неки међународни папири некритички усвајају без дубљих анализа, године 2009. уз велику државну и медијску помпу донета је Уредба о подстицању производње обновљивих извора енергије. Уредба и активности које су је пропратиле урађене су површно, без анализа које би доказале њену енергетску и економску смисленост, са понављањем сва три стратешка пропуста која су наведена у претходном ставу. Од њих је најтежи пропуст био тај што су сви извори на Сунце, ветар, мале ХЕ, биомасу проглашени за ОИЕ. Запрепашћује да Правилник није водио рачуна о више 'ситница': (а) За добијање материјала, израду и одржавање уређаја ОИЕ троше се велике количине примарне енергије, које у бројним случајевима, када се сведу на исту мерну јединицу 'цул' (Ј) могу бити веће од количине енергије коју ће такав ОИЕ уређај произвести током читавог века експлоатације, што значи да такав уређај није ОИЕ, а добио је високе бенифициране цене. (б) Током производње енергетски веома захтевних материјала (челик, цемент, бакар, пластика, итд.), негде у свету, није битно где, као и за израду таквог производног уређаја емитују се ГСБ који у бројним случајевима значајно премашују количине ГСБ који ће такав уређај 'уштедети', што значи да није 'еколошки чист', већ у суштини, и такав уређај представља – загађивача, емитера ГСБ. (в) Нису поштовани елементарни принципи свих пројеката, да морају да буду прихватљиви по више критеријума, од којих су изузетно битни критеријуми социјалне, еколошке и развојне прихватљивости. (г) Пренебрегнута је чињеница да је удео укупног потенцијала свих МХЕ само око 1,5÷2% од потрошње, да је снага великог броја МХЕ само око 200÷400 kW, па је бесмислено улазити у велике еколошке и социјалне дубиозе због тако малог енергетског учинка<sup>1</sup>. (д) Занемарени су

<sup>1</sup> Иста је ситуација у целом региону. Пример: у Републици Српској од 50-так разматраних МХЕ њих 32 имају снагу до само 250 kW, укупно око 7 MWh, са безначајним енергетским учинцима од по пар стотина MWh. А за њихову реализацију требало би да се око 43 km малих водотока уведе у цевоводе и на тај начин еколошки неповратно уништи.

веома неравномерни режими протока на малим водотоцима, међу највећим у Европи, који могући рад МХЕ са инсталисаном снагом своде на пар стотина саги, и то само у водном делу године, када ЕЕС због повољних дотока на великим проточним ХЕ има проблем са пласманом расположиве, тада практично бесплатне енергије. У највећем делу године МХЕ раде са недовољном искористивошћу, или – уопште не раде, уколико се стриктно поштују неопходни еколошки протоци. Значи, МХЕ улазе у ЕЕС онда када енергије има довољно и под изузетно повољним условима, а нису расположиве у кризним маловодним периодима. Велика неравномерност расположиве снаге МХЕ врло је неповољна са гледишта дистрибутивних система на које су МХЕ повезане, јер у њима непредвидиво мењају услове рада.

Да невоља буде већа издавање дозвола за МХЕ мање од 1 MW препуштено је општинама, које нису биле у стању да оцене стварне економске добити и много веће губитке које ће имати уколико дозволе изградњу таквих МХЕ са дугим цевоводима. Изостала је контрола државних органа са становишта оцене уклапања таквих МХЕ у пројекте хидротехничких система вишег реда, у просторне планске документе вишег реда, као и са гледишта утицаја на окружење. Општине су дозволиле да се МХЕ граде и на извориштима републичког значаја, на локацијама које су као изворишта унете у Просторни план Србије. Општина Тутин допушта себи да својом одлуком мења одредбе Просторног плана Србије, који има снагу закона. На слици 1 види се застрашујућа девастација локације на Млави због изградња МХЕ у зони која је заштићена као извориште републичког ранга.



Слика 1. Градилиште МХЕ Крепољин на Млави у зони које је Просторним планом Србије резервисано као извориште републичког ранга

Све те битне чињенице су игнорисане, али је предвиђен механизам да се трошкови високо бенифицираних цена за наводне ОИЕ и чисте изворе у целости пребаце на потрошаче, па се одмах затим у рачунима за електричну енергију појавила многима нејасна ставка 'за ОИЕ'. Та ставка ће експлозивно расти, а то несрећни потрошачи још увек и не слуте. Али то добро знају у јавним предузећима електропривреда, који су присиљени да послују у тако енергетски, економски и управљачки нејасним, све тежим условима. И који ће тај додатни трошак наметнуте им скупе енергије (по цену да бацају своју која је у том моменту практично бесплатна) морати да плате приватним испоручиоцима, чак и када је не наплате од потрошача. Пошто та наплата постаје све више и политичко питање (људи ће тешко схватити и прихвати-ти тај намет, јер знају да плаћају фаворизоване тајкуне), електропривреде ће морати да плате из своје добити, неке по цену да због свих тих неразумних дешавања постану губиташи.

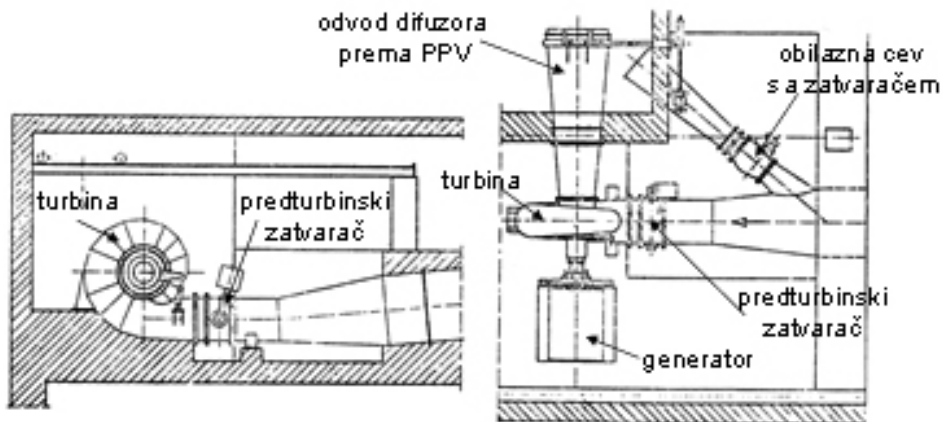
Одмах након доношења те Уредбе у Србији се у организацији и пред очима власти почела да одиграва деструкција територије Србије која се по својим размерама и последицима може мерити са систематским бомбардовањем и разарањем развојно, економски, еколошки и социјално најосетљивијих, најрањивијих брдско-планинских подручја земље. Последице те застрашујуће деструкције чак су и погубније и опасније од бомбардовања којих се, на жалост, сећамо. Бомбардовањем се уништи објекат који се може успешно обновити, док се грађењем малих хидроелектрана (МХЕ) са веома дугачким цевоводним деривацијама (по 2 до 4 km) на малим, раритетним водотоцима, за потпуно безначајне енергетске учинке – трајно разара највредније, најосетљивије хидрографско и еколошко ткиво земље. Мали водотоци су окосница, кључни биотоп, за све друге веће еколошке системе, тако да се та деструкција хидрографско-еколошких капилара земље ланчано преноси на знатно шира еколошка подручја, осиромашујући њихову биолошку разноврсност. Међутим, уништавањем малих водотока разарају се и могућности да се највреднији хидрографски и еколошки потенцијали брдско-планинских подручја искористе за своју развојно најважнију функцију – развој еколошког и сеоског туризма, који је сада, у целом свету, кључна полуга економске и демографске обнове депопулацијом најугроженијих подручја земље.

## КОЈЕ СУ МАЛЕ ЕЛЕКТРАНЕ ЗАИСТА ОБНОВЉИВ И ЕКОЛОШКИ ПОЖЕЉАН ИЗВОР ЕНЕРГИЈЕ?

Није добро нити енергетски, економски и еколошки оправдано садашње генерално лоше оцењивање МХЕ. Постоје бројне МХЕ које су веома пожељне у хидротехничким системима: • као прибранска постројења уз испусте на бранама, како би се енергетски искористили протоци који се



испуштају као гарантовани еколошки протоци, или протоци за неке друге водoprивредне намене (за мелиорације, за технолошке потребе); • на местима у системима под притиском на којима је из разлога хидрауличке сигурности или функционалности неопходно оборити притисак; • на улазима у постројења за пречишћавање воде у које се доводи вода доводима под притиском<sup>2</sup> (слика 2); • као прибранска постројења уз мале акумулације, где се МХЕ јавља као један од корисника, који претходно енергетски искористи воду која се упућује према другим корисницима, • на великим каналским системима на којима постоје денивелације на уставама, • претварањем некадашњих објеката са отвореним доводним каналима (воденице, пилане, итд.) у МХЕ веома складно уклопљене у окружење, са објектима који у хидрографском, еколошком и амбијенталном погледу оплемењују простор, јер доводне и одводне воде до и од таквих објеката представљају нове, веома корисне хидрографске 'нерве' екосистема, итд. На таквим местима МХЕ су и еколошки пожељне, јер је познат феномен да се низводно од акумулационих ХЕ неки важни квалитети воде побољшавају (нпр. садржај кисеоника у води, концентрација суспендованог наноса). Проблем су МХЕ чија се концепција заснива на врло дугачким цевоводним деривацијама, којима се укидају читаве деонице малих водотока, са изузетно тешким еколошким, социјалним и развојним последицама.



Слика 2. Право место за МХЕ – на улазу у постројење за пречишћавање воде (ППВ)

<sup>2</sup> На слици 2 приказана је МХЕ Rösler (740 kW) на крају довода под притиском којим се уводи вода на улаз у постројење за пречишћавање воде (ППВ). Тиме се са МХЕ искористићава пад од  $H \approx 30$  m, који би био изгубљен. Запазити одвајак којим се вода уводи директно у ППВ уколико је агрегат МХЕ нерасположив.

Кључно питање које се намеће при вредновању свих ОИЕ је следеће: који се ОИЕ могу сматрати обновљивим и еколошки пожељним извором енергије? То је кључно питање и у случају МХЕ. Егзактно разграничење да ли енергетски извори производе обновљиву или необновљиву енергију може се обавити ако се уведу следећи показатељи: (1) време враћања примарне енергије утрошене за грађење и одржавање, (2) индекс стратешког приоритета извора енергије и/или инвестиционе мере штедње.

**Време враћања примарне енергије утрошене за грађење и одржавање** је врло важан показатељ који дефинише време, изражено годинама, за које извор енергије, односно инвестициона мера штедње, може да врати примарну енергију која је утрошена за њену реализацију. То је битан показатељ, јер уколико су периоди враћања утрошене енергије дужи од периода експлоатације, то јасно показује да са дугорочног стратешког енергетског становишта нема смисла градити таква постројења, јер то нису ОИЕ, већ су – потрошачи.

Укупна примарна енергија (UPE) утрошена за грађење и одржавање уређаја за производњу енергије, увећана за изгубљену енергију биомаса због ангажованог простора, може се дефинисати изразом (све врсте енергије се претварају у цуле – J):

$$UPE = PE + EE \cdot k + OE \cdot t_e + VE \quad [J] \quad (1)$$

Користе се следеће ознаке: PE – примарна енергија утрошена за производњу материјала за реализацију електране (угаљ утрошен за производњу кокса који се троши у производњи челика и за друге потребе, гас, течна горива, итд.); EE – електрична енергија утрошена за реализацију постројења;  $k = 1/\eta_k$  – коефицијент за претварање електричне енергије у одговарајућу величину примарне енергије горива:  $k \approx 3$ ;  $\eta_k$  – коефицијент корисног дејства (к. к. д.) у процесу конверзије горива (угаљ, гас, течна горива) у електричну енергију, при чему се прелиминарно може усвојити:  $\eta_k \approx 0,33$ ; OE – примарна енергија која се троши на одржавање постројења у току године,  $t_e$  – период експлоатације (број година), VE – укупна енергија биомаса која се током читавог периода експлоатације губи на електраном запоседнутом простору, који би могао да се употреби за неки вид производње биомаса (рачунајући се турнусима могуће производње биомаса, огревног дрвета или једногодишњих култура);  $P_e$  – номинална снага уређаја за конверзију обновљиве или необновљиве енергије у корисни облик енергије;  $T_i$  – годишње време коришћења снаге уређаја (време / година);  $\eta_u$  – к. к. д. уређаја при конверзији у корисну енергију;  $\eta_{op}$  – номинални средњи степен искоришћења снаге уређаја.

[За производњу материјала који се користе за изградњу МХЕ, али и свих других ОИЕ, троше се врло велике количине енергије, које се морају обухватити чланом PE у јед. (1). Са гледишта утрошка енергије мора се

обухватити цео технолошки процес производње, од фабрика индустријског експлозива, рада машина у рудницима или коповима, транспорта руде (нпр. изузетно велики утрошци нафте за транспорт руде дамперима на површинским коповима), па до највиших нивоа финализације. Само као пример: 1 kg обичног челика енергетски 'кошта' око  $100 \div 120$  MJ/kg, у случају квалитетног челика уграђеног у грађевинске машине или у опрему МХЕ то се пење на преко 150 MJ/kg. Комплетна енергетска анализа подразумева да се рачуна и са роком трајања машина, након којих се мора иста заменити, уз нов енергетски утрошак. Бакар је енергетски изузетно 'скуп' и то зависи од садржаја бакра у стени (код нас се експлоатише чак са 0,26%, просечно 0,32%), тако да је он енергетски више од  $2,5 \div 3$  пута 'скупљи' од обичног челика. Или, 1 kg нафте утрошене за рад грађевинских машина на градилишту 'кошта' 42 MJ/kg].

Енергија која је добијена ( $DE_i$ ), као просечни годишњи енергетски приход од уређаја који обавља конверзију примарне енергије у корисну енергију, може се представити у општем виду:

$$DE_i = P_e \times \eta_{op} \times T_i \times \eta_u \quad [J/\text{god}] \quad (2)$$

Пошто су код ОИЕ изузетно велике флукуације производње, остварена снага се исказује кривом трајања снаге  $N(t)$ , па се просечна произведена електрична енергија годишње добија на уобичајен начин, интеграљењем дијаграма трајања снаге.

На основу тих величина може се дефинисати **време враћања примарне енергије** ( $\theta_v$ ) која је утрошена за изградњу постројења, или за спровођење инвестиционих мера рационализације потрошње:

$$\theta_v = UPE / DE_i \quad [J : J/\text{god} = \text{god}] \quad (3)$$

Анализе показују да се по овом показатељу  $\theta_v$  најбрже враћа енергија утрошена за изградњу већих термоелектрана и гасних електрана, код којих је  $\theta_v$  око годину дана. Следе хидроелектране рационалних прибранских типова, код којих је тај показатељ  $\theta_v$  око 1,5 до 2 године. Енергетски су врло доходовне и нуклеарне електране, код којих је  $\theta_v$  око  $2 \div 3$  године. По том показатељу – времену враћања примарне енергије – знатно су неповољнија нека постројења за коришћење тзв. обновљиве енергије. Због велике расутости енергије код већине ОИЕ неизбежни су врло високи специфични утрошци материјала по јединици расположиве снаге, односно, произведене енергије, тако да за таква постројења показатељ  $\theta_v$  најчешће износи више од  $10 \div 15$  година. Неки видови конверзије тзв. обновљиве енергије толико су 'скупии' са становишта тог показатеља, да током читавог века експлоатације нека таква постројења једва успеју, а нека и не успеју да врате примарну енергију која је утрошена за њихову изградњу. У ту категорију спадају диспозиције

бројних МХЕ са дугачким цевоводним деривацијама, оних са врло малим енергетским учинцима код којих је време враћања примарне енергије често дуже од 25÷30 година, што значи да оне уопште не спадају у обновљиве изворе енергије, већ су – потрошачи. Такве МХЕ не спадају ни у еколошки пожељне изворе енергије, јер се више ГСБ емитује у читавом процесу њихове изградње (почев од добијања потребних материјала) него што се уштеди током читавог века експлоатације.

**Индекс стратешког приоритета извора енергије и/или инвестиционе мере штедње (ISP)** аналитички разграничава дугорочну стратешку приоритетност коришћења појединих обновљивих и необновљивих извора енергије, и/или инвестиционих мера за штедњу потрошње (доградња термичких изолација зграда, повећана улагања у тзв. соларну архитектуру, итд.). Тај индекс ISP дефинише се у облику:

$$ISP = DE / [(UPE/t_e) + GE + OE] \quad (4)$$

Нове ознаке: GE – потрошња примарних необновљивих енергија у процесу производње корисних облика енергије (потрошња у термоелектранама угља, гаса, течних горива, итд.). DE има шире тумачење у односу на једначину (2), јер обухвата и енергетски еквивалент произведене и/или уштеђене енергије применом инвестиционих мера за уштеду потрошње енергије (ефекат енергетских уштеда због додатне термичке заштите зграда, итд.).

Показатељ ISP је бездимензионална величина, која може да буде већа или мања од 1. У случају када је  $ISP > 1$  сасвим је очито да се ради о извору енергије или мери рационализације потрошње који имају неоспорну дугорочну стратешку ваљаност, јер је енергетски приход већи од суме свих расхода – потрошених примарних енергија и за изградњу и за одржавање уређаја. У тој категорији су концентрисани обновљиви извори енергије (водне снаге), и неке енергетски ефикасне инвестиционе мере штедње енергије (нпр. термичке изолације зграда). Јасно је да већи дугорочни стратешки приоритет имају они извори енергије и оне мере штедње који имају већи показатељ ISP, тако да се критеријум за оцену дугорочне стратешке ваљаности при избору енергетских извора или мера штедње, у случају више могућих опција, може формализовати у облику:

$$ISP \rightarrow \max \quad (5)$$

Вредност показатеља  $ISP < 1$  имају сви извори необновљиве енергије, али и они извори обновљиве енергије, који због велике расутоности захтевају велике утрошке материјала по јединици произведене енергије, па тако велику утрошену енергију не успевају да врате током целог века коришћења. Уколико је  $ISP < 1$ , такав енергетски извор, чак и ако је у питању конверзија обновљиве енергије (Сунце, ветар, биомаса, вода) не може да носи атрибут

‘обновљости’, јер се за његову израду и одржавање утроши више примарне енергије но што он може да произведе у процесу експлоатације. Управо у тој категорији су и бројне МХЕ са дугачким цевоводним деривацијама и са веома малим енергетским учинком. Такође, ако се анализирају инвестиционе мере за рационализацију потрошње, ако је индекс  $ISP < 1$ , сасвим је очито да таква мера нема енергетског смисла, јер се више примарне енергије изгуби за њено спровођење него што ће се енергије уштедети током читавог периода експлоатације.

Анализе показују да највиши ранг у категорији стратешки највреднијих извора и мера, оних који имају  $ISP > 1$ , има мера штедне енергије применом термичке изолације зграда. Те мере су посебно ефикасне уколико се изведу одмах, током грађења, мада су и мере санације већ изграђених недовољно термички заштићених зграда енергетски врло ефикасне. Када се урачунају сви енергетски утрошци за производњу изолационих и других додатних материјала, добијају се вредности  $ISP > 7 \div 10$ . Битна је чињеница да је коришћење те мере врло дуготрајно (рачунато је са 50 година, али познато је да куће трају и дуже), што повећава енергетску ефикасност те мере. Без обзира на изванредну енергетску доходност, та мера се још увек мало спроводи због већих почетних инвестиција, неадекватно вредноване још увек јефтине енергије и због тога што се управо та ефикасна мера не стимулише адекватним мерама фискалне политике.

На другом месту на листи стратешки најбољих, заједнички вреднованих енергетских извора и мера штедне, према индексу  $ISP$ , налазе се хидроелектране разних типова, код којих је индекс  $ISP$ , по правилу, већи од 5. То хидроелектране убедљиво ставља на прво место извора енергије, са гледишта дугорочних стратешких приоритета. Оне су знатно испред свих других обновљивих извора, од којих неки, често апострофирани као ‘енергетска будућност’ света (нпр. соларне електране, електране на ветар) имају индекс  $ISP$  нешто мало већи од 1, што значи да се са гледишта биланса утрошене и добијене енергије, једва могу да сврстају у класу обновљивих енергетских ресурса. Наизглед парадоксално, али потпуно тачно, јер су ти извори енергије велики потрошачи материјала, односно енергије, по јединици произведене енергије. Поред тога, соларне електране онемогућавају производњу биомаса на великим површинама земљишта које заузимају.

Електране које троше необновљиве примарне ресурсе (угаљ, гас, течна горива, итд.) имају индекс  $ISP < 1$ . То не значи да такве изворе енергије не треба градити, јер се без њих не могу затворити енергетски биланси у највећем броју земаља. Међутим, индекс  $ISP$  квантифицира једну логичну чињеницу: једина разумна дугорочна политика једне земље је да најпре форсира коришћење оних извора енергије и оних мера штедне чији је индекс  $ISP$  највећи, како би се што више успорио утротак необновљивих примар-

них енергената. Из тог угла треба разматрати и логичан захтев да се форсира изградња оних средњих и већих хидроелектрана које насумњиво спадају у категорију економски искористивог потенцијала, јер се њима успорава трошење фосилних горива. Не треба градити МХЕ са малим енергетским учинцима, чији је  $ISP < 1$ , а такве су бројне МХЕ са дугачким цевоводним деривацијама на малим водотоцима.

**Хидроелектране (ХЕ)** су једини концентрисани извори обновљиве енергије, због чега их одликује висока укупна енергетска доходност. То посебно важи за ХЕ на средњим и већим рекама (на овом подручју: све три Мораве, Ибар, Дрина, Морача, Лим, Врбас, Босна, итд.). Постоји тенденција у свету да све већи део технички искористивог хидропотенцијала (потенцијал за кога постоје погодна техничка решења за коришћење) прелази у категорију економски искористивог потенцијала (потенцијал чије је коришћење оправдано). У догледној будућности у категорију економски искористивог потенцијала прећи ће укупан технички искористив хидропотенцијал, онај који је стављен под заштиту државе просторним плановима и другим мерама чувања од обезвређивања намене простора и водних потенцијала. Разлога за тај смер развоја има више: (1) са развојем ЕЕС и променама нивоа конзума и структуре производње мења се улога хидроелектрана у ЕЕС: хидроелектране преузимају све важнију и скупљу улогу у обезбеђивању вршне снаге и енергије, као и обезбеђивања захтеване резерве и поузданости система; (2) тенденције поскупљења фосилних горива као и све оштрија, скупља обавезујућа еколошка ограничења која се постављају у вези са дозвољеном емисијом ГСБ мењају услове вредновања ХЕ: економичне постају све ХЕ чија је цена енергије мања од цене енергије најскупљих ТЕ које хидроелектране истискују из ЕЕС својим уласком у погон; (3) вишенаменски системи су учинили економичним многе хидроелектране које нису биле економичне када су планиране једнонаменски; (4) увођење нових ХЕ у ЕЕС повећава економску стабилност ЕЕС; (5) брзи развој технологије опреме за ХЕ, посебно за објекте на малим падовима, као и њихова типизација чини опрему специфично јефтинијом и проширује опсег економичне експлоатација многих раније некономичних хидропотенцијала; (6) ХЕ разних типова и величина повећавају виталност ЕЕС у условима изванредних догађаја.

Хидроелектране се могу успешно уклопити у окружење, па се могу искористити и за побољшавање услова за опстанак и развој водених екосистема, наменским испуштањем већих протока из акумулација у маловодним периодима и управљањем температурним режимима воде низводно од акумулација (тзв. оплемењавање малих вода). Рибљим стазама и другим објектима и мерама, нпр. стабилизацијом нивоа у акваторијама (у периодима мреста риба) неутралишу се неповољни ефекти на ихтиофауну.

Све хидроелектране, посебно акумулационе, су и вишенаменске и служе и за ублажавање поплавних таласа, чиме се њихова оправданост знатно повећава, посебно у условима већ евидентних погоршања неравномерности падавина и пораста опасности од поплава због климатских промена.



Слика 3. Савремена рибља стаза на великој ХЕ

У условима све већег учешћа извора енергије са врло израженом случајном компонентом (ветар, Сунце) расте потреба за грађењем и **реверзбилних хидроелектрана** (РХЕ). У околностима повећавања и смањивања снаге таквих извора, РХЕ имају задатак да ‘пеглају’ дневни дијаграм оптерећења, јер у периодима вишка енергије коју испоручују ‘обновљиви’ извори, РХЕ користе ту енергију за пумпање воде у горње акумулације РХЕ, а у условима када се на тим уређајима смањи расположива снага, РХЕ преласком у турбински режим надокнађују мањак енергије у односу на потребе. У регији постају посебно значајне планиране РХЕ Бистрица 2 на систему Увац – Лим, и РХЕ Бук Бијела у оквиру система Горња Дрина. Ова друга захваљујући могућности годишњег регулисања протока била би врло корисна за све хидроелектране на дринској каскади.

**Мале хидроелектране** (МХЕ) су, као што је наведено, на низу места врло користан извор енергије (нпр. на испустима из акумулација за испуштање еколошких протока, на денивелацијама у оквиру каналских система, на испустима из компензационих базена, итд.), али само ако у складу са већ наведеним критеријумима спадају у заиста обновљив извор енергије, и ако немају неповољан утицај на еколошко окружење. Међутим, њиховом

развоју у Србији, али и у околним земљама приступило се врло неселективно, без брижљивијих анализа. Неке МХЕ уништавају непроцењиво вредне еколошке потенцијале геоморфолошки и хидролошки раритетних водотока, оних који би требало да се ставе под режиме еколошке заштите у складу са ратификованом конвенцијом НАТУРА 2000, по којој су земље обавезне да на 12,5% повећају површине под неким видом еколошке заштите. Бројне мале ХЕ које се граде или за које су дате дозволе за градњу не спадају у категорију обновљивих извора, јер се за њихово грађење троши већа количина примарне енергије од оне коју оне могу да произведу током читавог века експлоатације, а енергетски учинци су им веома скромни. Такође, нису ни еколошки 'чисте' јер је уштеда гасова стаклене баште (ГСБ) мања од количине ГСБ који су емитовани током израде материјала потребних за њихово грађење. Највећа слабост таквих МХЕ су врло дугачке цевоводне деривације којима се врши концентрација пада (цевоводи дуго и по 2÷4 km у које се 'стрпава' мала река), што уништава најфиније хидрографско и еколошко ткиво таквих водотока, који су еколошки најдрагоценији биотопи. Колико је опасно такво некритичко грађење МХЕ врло често безначајних енергетских перформанси (снаге по 200÷300 kW) показује чињеница да се оне граде чак и на водотоцима у заштићеним природним добрима (паркови природе Стара Планина и Голија). Неопходно је да се одмах приступи строгој селекцији које се МХЕ могу градити, полазећи од показатеља који су наведени, који показују да ли се ради о обновљивим изворима, и у складу са оценама њиховог утицаја на еколошко окружење.



Слика 4. Уништена Брезанска река цевоводом дужине 3,6 km



Велика је манипулација и са хваљењем да се ради о 'еколошки чистим' енергијама. Смишљена дезинформација! Да би се та енергија могла сматрати еколошки оправданом, треба да буду испуњени следећи услови: (а) да се током века експлоатације 'уштеди' емисија ГСБ у већем износу од емисије ГСБ током производње (било где у свету) материјала за њихову израду; (б) да се не смањује биолошка разноврсност у зони такве електране; (в) у случају соларних електрана (СЕ), које заузимају велики простор, у биланс губитака енергија морају се још урачунати: • изгубљена енергија биомасе која би се остварила на простору који електрана заузима, • смањење производње кисеоника ( $O_2$ ) и апсорпција угљен-диоксида ( $CO_2$ ) у процесу фотосинтезе биљака. Када се и то уведе у рачун, билансне анализе су неумољиве: ако се СЕ гради на зиратном земљишту било које класе бонитета, таква електрана није обновљив извор енергије, а еколошки је непожељна.

### ОПАСНОСТ: НЕПОУЗДАНОСТ ПРОЈЕКТА БРОЈНИХ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА

Највећа стратешка грешка, начињена одмах након усвајања поменутог Правилника 2009. године, је погрешно тумачење Катастра МХЕ урађеног 1987. Катастар је оквирно, на нивоу евидентирања, само на основу карата 1 : 25.000, без икаквих теренских радова, на бази врло површних хидролошких и енергетских анализа и без разматрања еколошких и социолошких утицаја на окружење, предложио чак 856 локација за МХЕ. Основна слабост тог Катастра је што су се решења МХЕ заснивала на врло дугачким цевоводима (и преко 3 km), која радикално ремете хидрографске и водене екосистеме. Бројне МХЕ имају и врло неповољне социолошке последице, јер се често таквим цевоводима практично 'укидају' делови водотока кроз нека сеоска насеља, чиме се угрожава чак и елементарни опстанак тих села, а губи се најдрагоценији хидрографско-еколошки потенцијал за њихов развој. О озбиљности проблема говори податак: ако би се реализовали сви деривациони објекти МХЕ предвиђени за реализацију, преко 2.200 километара малих водотока требало би да се нађе у цевоводима, трајно уништено! Таквом сасвим оквирном документу дата је апсолутна значајност, па је на основу њега, без икакве критичке анализе одрживости и стабилности тих решења почело издавање енергетских сагласности и грађевинских дозвола. Појединци су узимали по више локација, па је пред очима равнодушне власти настала прљава трговина и мешетарење дозволама. Формиране су одмах и фирме за градњу, и да иронија буде већа, највећи уништивачи екосистема су у своје називе ставили и префикс ЕКО.



Слика 5. Уништавање Црновршке реке у Парку природе Стара планина

Да би пројекат неке хидроелектране био прихватљив мора да задовољи неколико видова поузданости: хидролошке, хидрауличке, конструкцијске, геотехничке, сеизмичке, енергетске, економске, социјалне, еколошке, развојне. У пројектима ХЕ на великим и средњим рекама све те поузданости се вишеструко проверавају током свих фаза пројектовања, и ниједан објекат се не може започети док сви видови поузданости нису доказани и проверени.

Проблем са малим хидроелектранама са дугачким цевоводним деривацијама, оним које се сада граде неконтролисано у целом региону, управо је у томе што се раде на основу веома оскудних или никаквих подлога, тако да највећи број није поуздан, стабилан по више основа, а бројне МХЕ су непоуздане по свим показатељима. Навешће се само неки примери нестабилности, непоузданости МХЕ.

*Хидролошка поузданост* подразумева да се располаже са хидролошким осматрањима и мерењима *in situ*, на основу којих се могу добити довољно поуздане серије дневних протока (неопходне за енергетске анализе проточних ХЕ), на основу којих се могу одредити прихватљиве величине рачунских великих вода за димензионисање органа за пропуштање великих вода у периодима поводања. Готово ниједна МХЕ не задовољава тај вид поузданости. Хидролошки подаци за прорачун производње добијају се врло несигурним методама аналогично (наводна сличност са неким боље изученим сливом), па се, такође, методама аналогично конструишу и криве трајања протока, оне на основу којих се срачунава енергетска производња. Те криве, по

правилу, не одражавају реалну неравномерност протока тих бујичних токова ('испеглане' су: смањене су вредности у зони екстремно великих вода, а повећане у зони малих вода), те се на основу њих добија већа производња од реалне. Било да се то ради из незнања, а не ретко и хотимично, нереално увећана прорачуната потенцијална просечна производња чини такву МХЕ енергетски и економски нејоузданим јосиројењем.

Геотехничка нејстабилност се уочава на бројним МХЕ. Карактеристичан је пример једне МХЕ на реци Бистрици код Нове Вароши на којој је засецањем нестабилне косине ради укопавања цевовода покренуто клизиште које прети да се прошири дубље, сручи у реку и угрози њену проточност (слика 6). Тај веома опасан вид геотехничке дестабилизације терена због реализације МХЕ је веома чест (покренуто је клизиште и на Ракити), тако да то постаје веома озбиљан проблем који надлежни потпуно пренебрегавају.



Слика 6. Покренуто клизиште при постављању цевовода на Бистрици код Нове Вароши

Хидролошка и хидрауличка нејоузданост су најчешће спрегнуте. Пошто су рачунске велике воде одређене крајње површно и веома често су знатно мање од оних које се реално могу очекивати (пренебрегава се веома изражен бујични карактер малих водотока, са модулима отицаја који се на малим водоточима пењу и на преко  $15 \div 20 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2$ ), хидраулички су непоуздани нестабилни објекти за пропуштање великих вода у периодима по-

водања. То се већ очитовало на неким објектима, па је тако на МХЕ Ракита бујичним поводњем био срушен водозахват. На истој МХЕ пројектант је у жељи да решења учини јефтинијим пробио чак и бујичне преграде са великим количинама депонованог наноса, угрожавајући њихову *конструкцијску стабилност*. У случају њиховог рушења у неком бујичном поводњу, бујица акумулисаног наноса из преграда била би веома опасна за насеље Звонце. Цевовод је урађен без анкерних бокова чак и на конвексним преломима (видети слику 7), што га чини изузетно рањивим и – опасним.



Слика 7. Кривично дело: пробијена бујична преграда на Ракити, изнад с. Звонце чиме је и конструкцијски и хидраулички дестабилована

Да би смео да се гради и могао да опстојава објекат МХЕ мора да буде и *социолошки поуздан, стабилан*. То подразумева да буде прихваћен од социолошког окружења, јер им доноси неку добробит. На жалост, сви, апсолутно сви објекти МХЕ са дугим цевоводним деривацијама који се граде у Србији су социолошки нестабилни. Нестабилни су јер су пројектовани на најбахатији начин, не само не водећи рачуна о интересима мештана, већ су грађени са бахатом осиношћу, чак и без покушаја да се нађу заједнички интереси са људима у чије егзистенцијалне интересе дубоко задире. Чест је случај да се вода захвата узводно од неког села, па се цевоводом то село 'прескочи', да би се сконцентрисао што већи пад. То је најбахатији однос према људима у том селу, јер је река била главни разлог због кога се ту развило насеље. Река им служи за појење стоке, за заливање башти, али

и као прелеп амбијент на основу кога су почели да граде своју економску егзистенцију, развијајући сеоски, еколошки туризам. Тај вид туризма, сада у свету у највећој експанзији, економски и социјално је најздравији вид привређивања, на нивоу породичног посла. Тим видом туризма сеоска домаћинства без посредника и купаца непосредно пласирају своје пољопривредне производе – млечне и месне производе, јаја, воће и поврће – уз улагање рада целог домаћинства, што ствара здраву економску основу за останак свих чланова домаћинства на селу. А онда из даљине дођу неки богати осинони људи, среде са општинским чиновницима да им дају локацијску дозволу за градњу МХЕ на тој девичански чистој реци због које туристи ту и долазе, разрије реку уништавајући је као екосистем, отму селу воду стрпавајући је у цевовод, тешким машинама покрену клизишта и уништи им и пут који су они сами саградили, мукотрпно, без икакве помоћи државе, која је од тог краја давно дигла руке. Наравно, његова бахатост изазове заслужени отпор угрожених житеља. Затим, да иронија тог догађања буде застрашујућа, тај инвеститор тражи од општине асистенцију полиције да га штити од мештана, да би обавио тај свој прљави посао. Уколико полиција треба да штити инвеститора од мештана, то је знак да тај човек живи у неком виртуалном свету у коме сматра да новцем и заштитом државе може да изиграва моћника. И све то за потпуно безначајан енергетски учинак, који ту МХЕ и не сврстава у обновљиве изворе енергије. Нити су еколошки чист извор енергије, који смањује емисију ГСБ. Али инвеститор ће добити високе повлашћене цене сходно Уредби о подстицању производње ОИЕ, што и јесте била њена сврха – да новац потрошача преусмери према повлашћеним предузетницима. То такве МХЕ чини не само социолошки нестабилним, већ и развојно потпуно погрешним, јер се због мало прескупе енергије уништавају развојне могућности тих сиромашних подручја, којима је уништен драгоцен развојни потенцијал – хидрографски, еколошки, амбијентални потенцијал.

Развојна и економска бесмислица реализације бројних МХЕ, оних које по веома скромним енергетским учинцима свакако не спадају у категорију обновљивих извора енергије, је и следећа чињеница. Инвеститори, пошто су им пројектанти триком са хидрологијом (који је већ објашњен) увећали енергију коју ће наводно давати МХЕ, узимају кредит из банке. Банке, без правих експерата из области Хидрологије и Хидроенергетике одобравају кредитне линије, наивно се штитећи хипотеком на објекат МХЕ. Међутим, на не малом броју МХЕ наступиће следећа економска, али и развојна дубиоза: када се испостави да су енергетски учинци знатно мањи од планираних, када инвеститор МХЕ не буде могао да отплаћује ануитете, тај инвестиционо-хипотекарни балон мора да пукне. Поставља се логично питање: шта ће банка да ради са таквом МХЕ коју је хипотеком добила у своје власништво,

а која је, очито, промашена, пренадувана инвестиција? Зар није извучено неко искуство из банкарске кризе 2007. године, која је и почела управо као криза хипотекарног тржишта? Значи, бројне деривационе МХЕ су *економски и развојно нејоуздане*, штетне.

Све, апсолутно све МХЕ са дугачким цевоводним деривацијама су *еколошки несјабилна, нејоуздана техничка решења*, што је благ еуфемизам за опасну еколошку деструкцију најширих размера. Еколошка деструкција коју врше такве МХЕ је по много основа, а најопаснији видови су следећи:

- Увођењем малих водотока у цевоводе, са безначајним протоцима који се остављају као еколошки проток (потпуно погрешно назван 'биолошки минимум'), уништавају се највреднији, најосетљивији капилари хидрографских система, они од којих одлучујуће зависи биолошка разноврсност.
- Такве диспозиције МХЕ нарушавају еколошка стабилност тих водених екосистема, која се постепено преноси на много шири еколошки простор.
- Са гледишта емисије ГСБ такве МХЕ су штетне, непожељне, оне су, у ствари – загађивачи планете, јер је више ГСБ емитовано током производње материјала за грађење и њиховог грађења, него што ће та МХЕ да уштеди током читавог века коришћења.
- У коритима малих водотока радом машина потпуно се уништава супстрат дна, који има изузетно важну улогу у ланцима исхране и стабилности тих водених екосистема.
- На низу малих водотока граде се каскаде МХЕ са цевоводима, по принципу да се одмах из доње воде узводне МХЕ вода уводи у цевовод низводне. На тај начин се у целости уништавају ти водотоци – престају да постоје као водотоци и екосистеми.
- Има случајева да се радовима на МХЕ угрожавају и неки драгоцени извори, што је случај на Јошаничкој реци (Сланиште) због МХЕ Жупањ.
- Гарантовани еколошки проток, који је неукло назван 'биолошки минимум', дефинисан је униформно као 10% од средњег протока, што у условима малих водотока представља осуду на смрт водених биоценоза. Уништење биоценоза у малим водотоцима, који су најфинији и најважнији хидрографско-еколошки капилари већих екосистема, представља еколошку катастрофу најширих размера, јер се кидају трофички ланци и нарушава стабилност екосистема на знатно ширем простору. Услов да је еколошки проток ( $0,1 \times Q_{sr}$ ) потпуно је бесмислен у случају чисто деривационих МХЕ са цевоводима, без икакве могућности регулисања протока. Анализе показују да се у случају малих водотока захватање из реке мора да обустави када се проток спусти негде око  $0,3 \div 0,35 \times Q_{sr}$ . Да је спроведен такав принцип све перформансе МХЕ биле би знатно лошије и биле би неисплативе и са повлашћеним ценама.

Заборављена је и важна ствар: Србија има ратификовану обавезу да по програму НАТУРА 2000 прошири мрежу еколошки заштићених подручја. То није само еколошка мера, већ је мера здраве развојне политике, јер заштита еколошких и хидрографских вредности и богате биолошке разно-

врсности омогућава развој сеоског и еколошког туризма, којим се у оквиру профитабилног породичног посла задржавају домаћинства на брдско-планинским подручјима. Уместо да ради тај племенит посао ширења мреже заштићених подручја, држава допушта, па чак и охрабрује бестијално дивљање градитеља МХЕ и по већ заштићеним подручјима (Стара планина, Голија, Гоч). Багери улазе у корита еколошких хидрографских драгуља, уништавају супстрат дна корита, секу, обаљују и обогаљују вегетацију на обалама, цевоводе полажу у корито водотока или их причвршћују по странама кањона уникалних морфолошких форми, непоновљиву хармонију и богатство амбијенталних целина претварају у ругло, ремете еколошку стабилност и кидају ланце исхране на знатно ширим просторима од зоне у којој дивљају. Ревизије пројеката и анализе утицаја на окружење раде фирме које ангажује инвеститор, а оне су се извештиле да увек дају повољно мишљење. Пројекти, ревизије и анализе утицаја су под вешто организованом контролом интересних група. Из одлучивања је суштински искључен Завод за заштиту природе, јер и када да неповољно мишљење оно се вешто пренебрегне. И све то држава мирно посматра, не меша се у свој посао, па када се неко и усуди да то заустави ту је Управни суд да инвеститоре поново врати у 'посао'. Еколошки и развојно најдеструктивнији посао – у организацији и у присуству извршне власти и под правном заштитом судске власти.

Потпуно непромишљени Правилници о подстицајима за ОИЕ у Србији и земљама региона доводе и до невероватних енергетских и развојних бесмислица. У којој мери врло лош пропис може да деформише здраву развојну политику показује случај реке Босне у Републици Српској. Планским стратешким документима на тој реци је била предвиђена и већ испројектована каскада од 7 проточних цевних ХЕ истог типа, снаге од по око 14 MW, инсталисаног протока од по 250 m<sup>3</sup>/s. Систем је изванредно уклопљен у окружење, јер би се успор од по око Н ≈ 6 m задржавао у кориту за велику воду. Испланиране рибље стазе обезбеђивале су и пуну еколошку стабилност тог каскадног система, у коме би се практично стално одржавала континуирана акваторија са малим осцилацијама нивоа (горња вода низводне степенице је доња вода узводне), што је врло погодно и у еколошком и у амбијенталном смислу, као и са гледишта свих других система. Међутим, Правилник и претеће одлуке, по којима се економски субвенционису МХЕ уколико су им инсталисане снаге мање од 5 MW, покренуле су лавину маштовите похлепе инвеститора. Почело је препројектовање тог изванредно логичног система, који је био велики развојни пројект Републике Српске, тако да се са нелогично ниским инсталисаностима и смањеним падовима снаге МХЕ спусте до око 4,6 MW, како би се добиле бенефициране тарифе. Тиме се и енергетски, економски и развојно потпуно девалвира тај систем и претвара у енергетску и развојну – наказу. А цену тог инвеститоровог трика платиће потрошачи.

## ЗАКЉУЧЦИ И ПРЕДЛОЗИ

1. Може се закључити да су типови МХЕ са дугачким цевоводним деривацијама врло лоша и неприхватљива решења по низу показатеља, посебно по еколошким, социолошким, енергетским, али и економско-развојним. Бројне МХЕ су и безбедносно опасне, јер су и конструкцијски нестабилне, тако да њихово рушење и загушење водотока може да изазове врло опасне ситуације на низводним деловима тока. На низу места су засецањем падина покренута опасна клизишта, чије би дубље ширење и клизање у водоток могло веома озбиљно да угрози низводна подручја.

2. Неопходно је што пре ставити ван снаге Уредбу о подстицању производње обновљивих извора енергије и све пратеће документе, као што је урађено у већини земаља које су на време схватиле енергетску, економску, развојну, социолошку, али и еколошку штетност наметања ОИЕ, који најчешће и нису ни обновљиви ни еколошки пожељни. Пошто није могуће ретроактивно правно дејство, треба одмах обуставити, док се не оконча процедура укидања, издавање било каквих дозвола за грађење МХЕ са цевоводним деривацијама.

3. Велика опасност је што је овим дивљањем са МХЕ са дугачким цевоводима учињена врло лоша услуга потенцијалним великим и средњим ХЕ које су заиста изванредан ОИЕ, јер се код њих утрошена примарна енергија враћа за само 1,5 до 2 године. Оне се најчешће налазе у коритима за велику воду већих река, или се ради о вишенаменским акумулацијама у горњим деловима сливова, које су Србији неопходне за опстанак и развој. Оне су и еколошки чисти извори енергије којима се заиста смањује емисија ГСБ. Те хидроелектране се могу изванредно уклопити у окружење. Не само то, оне могу управљањем радом акумулација и да знатно побољшају услове за развој екосистема, пре свега повећавањем протока у маловодним периодима, као и спасавањем екосистема у стањима кризним за биоценозе.

4. Треба преиспитати све до сада издате дозволе за грађење МХЕ са дугачким цевоводима, ради утврђивања законитости спроведених процедура. Посебно у случају када се такви објекти налазе у еколошки заштићеним подручјима. Забрињава пракса да судови доносе решења о поништавању оправданих забрана грађења еколошки, социјално, а често и безбедносно непожељних и опасних објеката.

5. Стриктно поштовати законски механизам поштовања хијерархије просторно-планских докумената. Укинути могућност да се дозвола за МХЕ, али и друге ОИЕ издају на локалном нивоу, јер се у пракси показало да се тиме мењају решења која су дата просторним плановима вишег реда. Неке од одлука локалних самоуправа су опасне, јер су угрозиле реализацију неких витално важних објеката. Не сме се дозволити грађење МХЕ на под-



ручјима која су Просторним планом Републике Србије (ППРС) предвиђени као резервисана подручја као изворишта и/или као зоне планираних вишенаменских акумулација. То се не сме допустити чак ни условно, како то сада веома штетно раде неке општине. Тиме својим одлукама дерогирају одредбе ППРС који има снагу закона.

6. Завод за заштиту природе требало би што пре да изађе са макар прелиминарним списком подручја која треба да буду заштићена у складу са обавезом Србије да на основу ратификованог документа НАТУРА 2000 повећа површине под неким од видова еколошке заштите. На тим подручјима потпуно забранити било какво разматрање МХЕ са цевоводним деривацијама, које би потпуно онемогућиле било какву заштиту.

7. Није добра одлука државних органа да израду новог катастра МХЕ повере страног фирми, којој је Србија у том погледу 'terra incognita'. Заборављено је да је вода критични, стратешки ресурс држава и да странци то раде неповезано са другим планским документима, оним који се односе на заштиту изворишта снабдевања водом насеља и објекте система заштите од поплава. Зато нови катастар МХЕ који раде странци треба подврћи озбиљном преиспитивању, посебно са становишта: (а) да ли су те предложене МХЕ заиста ОИЕ, (б) да ли су усаглашени са просторним планским документима вишег реда, (в) да ли су заиста то развојни пројекти, (г) да ли се могу уклопити у еколошко и социјално окружење.

8. Ревизија свих пројеката МХЕ, али и осталих наводно ОИЕ сме се поверавати само компетентним неутралним организацијама (сада их бира сам инвеститор), а не оним које су се већ 'специјализирале' за израду позитивних ревизија и мишљења. Анализе утицаја на животну средину треба да буду обавезне за све МХЕ, без обзира на инсталисану снагу, јер се често дешава да МХЕ и мањих снага имају веома неповољне утицаје на окружење, пошто се налазе у еколошки и социјално веома осетљивом, рањивом окружењу.

9. Посебним подзаконским актом треба донети методiku за одређивање еколошког гарантованог протока низводно од водозавхвата (погрешно названог 'биолошки минимум'), јер су прописане величине (10% од просечног протока) недовољне. Избором таквог пројектног услова унапред је претпостављена еколошка деструкција водотока, најдрагоценијих хидрографских и еколошких 'капилара' земље. Треба појачати инспекцијски надзор, јер се показало да се у пракси инвеститори не придржавају ни тих благих прописаних услова о еколошком протоку, тако да је на бројним подручјима, чак и оним законски заштићеним, извршено недопустиво разарање водених и приобалних екосистема и осиромашење биодиверзитета, а поремећени су и ланци исхране и драгоцених екосистема на знатно ширим просторима.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ardeljan, A. (2003): *Enciklopedija ribolova*, Narodna knjiga, Beograd.
- [2] *Водопривредна основа Републике Србије* (2002), Министарство за пољопривреду, шумарство и водопривреду, Институт за водопривреду *Јарослав Черни*, Београд.
- [3] Dašić T. i B. Đorđević (2009): *Modeliranje ekoloških procesa u akumulacijama hidroenergetskih sistema*, časopis *Elektroprivreda*, 2/2009, Beograd, str. 38–51.
- [4] Dasic T. i B. Djordjevic: *Incorporati of water storage reservoirs into the environment*, Scientific Journal of Civil Engineering, Vol. 2, Issue 2, Skopje, 2013, pp. 7–16.
- [5] Ђорђевић, Б. (1988): *Коришћење водних снага – Објекти хидроелектрана*, Научна књига, Београд, стр. 474.
- [6] Ђорђевић, Б. (1990): *Водопривредни системи*, Научна књига, Београд, стр. 498.
- [7] Djordjević, B.: *Cybernetics in water resources management*. Fort Collins: WRP & Book Crafters, 1993, XXV, p. 650, ISBN 0-918334-82-9. Part I: *Water resources systems and their cybernetic description*. Part II: *Modeling and optimization of water resources systems and tasks of management and decision making*. Part III: *Water resources systems and their ecological and sociological environment*.
- [8] Ђорђевић, Б. (1996): *Развој водопривреде у Србији и утицај на развој друштва*. Поглавље у монографији: *Развој науке у области грађевинарства и геодезије у Србији*. Београд: Грађевински факултет, стр. 209–237.
- [9] Ђорђевић, Б. (1997): *Водопривредна инфраструктура и одржив развој*. У монографији: *Коришћење ресурса, одрживи развој и уређење простора*, 2, ИАУС, Београд, стр. 95–133.
- [10] Ђорђевић, Б. (1999): *До одрживој развоја – кроз развој интегралних система и активно управљање водама*, У монографији: *Коришћење ресурса, одрживи развој и уређење простора*, 4, ИАУС, Београд, стр. 56–97.
- [11] Ђорђевић, Б. (2001): *Хидроенергетско коришћење вода*, Грађевински факултет, Београд, стр. 542.
- [12] Ђорђевић, Б. (2002а): *Тенденције у стравитешком планирању*, *Водопривреда*, Београд, № 195–200, стр. 3–12.
- [13] Ђорђевић, Б. (2002б): *О стравитешким решењима дефинисаним Водопривредном основном Републике Србије*, *Водопривреда*, 195–200, Београд.
- [14] Ђорђевић, Б. (2004): *Стратегија развоја водне инфраструктуре Србије*. Поглавље у монографији: *Стратешки оквир за одржив развој Србије*, ИАУС, Београд, уредник Н. Спасић, стр. 119–140.
- [15] Ђорђевић, Б. (2008): *Развојне перспективе изградње нових брана у региону*. Генерални реферат на Првом конгресу Српског друштва за велике бране, Бајина Башта.
- [16] Đorđević, B. i drugi (2013): *Strategija upravljanja vodama Republike Srpske*, *Vodoprivreda*, 261–263, стр. 3–20.

- [17] Ђорђевић, Б. (2014): *Изградња водопривредне инфраструктуре је најважнији и континуирани државни развојни пројекат*. Поглавље у књизи: Могуће стратегије развоја Србије, Уредник: Академик Часлав Оцић, САНУ, стр. 309–322.
- [18] Просторни план Републике Србије (2010), Службени гласник, Београд.
- [19] Ристић, Р. и сарадници (2018): *Смернице за одрживо планирање и управљање сливним подручјима малих хидроелектрана у заштитеним природним добрима*. Пројекат урађен за МЗЖС, Београд.
- [20] Рот, Н. (1988): *Психологија труја*, Завод за уџбенике, Београд, стр. 388.

*Branislav V. Đorđević*

## ASSESSMENT OF ENERGY, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC IMPACTS OF SMALL-SCALE HYDROELECTRIC POWER PLANTS

### S u m m a r y

From the point of view of reducing greenhouse gas emissions (GHG), medium and large hydroelectric power plants (HPPs) are the most valuable renewable and environmentally desirable source of energy. However, this does not necessarily apply to small-scale hydroelectric power plants (SHPP). Construction decisions must take account of the following assessment criteria: energy, economic, environmental and social impacts. In many cases SHPPs are undesirable in at least one, and often in all, of the above-mentioned criteria. This report considers the assessment criteria, where the following are the most important: whether a proposed SHPP will be a renewable energy source (RES), and whether it will be a carbon neutral. The criterion of renewability is based on an analysis of the energy returned on energy invested in the construction of the SHPP, starting with the energy invested to obtain the necessary materials. It is often the case that the energy consumed in the production of a SHPP is not returned within its operational lifetime. This means that SHPPs are not renewable energy sources and, therefore, incentives cannot be used for them. Such SHPPs are not carbon neutral because more greenhouse gas is emitted to produce materials for their construction, than the amount that SHPP will offset by its energy production. Such SHPPs are, in fact, polluters but their construction is subsidized. In addition to these two crucial criteria for assessing whether a SHPP should be constructed, there are important criteria for assessing its environmental, social and economic impacts. SHPPs with low energy production, as well as failing as renewable energy sources, can generate

financial loss. They are normally unable to operate without subsidies. Such SHPPs are undesirable investments. Banks finance them by securing a mortgage against the plant. However, this is a risky investment, because if a SHPP's revenue is too low to meet mortgage payments, the mortgage becomes effectively unsecured. The environmental impact criterion excludes all SHPPs with long water conveyance systems, which are further analysed. The SHPP project must be socially stable, which means it is accepted by people in its environment. Unfortunately, it has been shown that all SHPP projects with long water conveyance systems are socially unstable. Therefore, it is poor policy to pursue such projects when it is clear that they will be socially and economically unsustainable. The report also considers the difficulties in the operation of distribution systems because of irregular operation of a SHPP due to torrential regimes of small watercourses. The flow rate left in the watercourse is also critically considered, because the current criterion (10% of the average annual flow rate) is not sufficient to sustain and develop aquatic ecosystems. A significant development aspect is also considered: long pipelines that leave small watercourses without water and disturb the environmental value prevent the development of profitable rural and ecological tourism as family-run businesses, which is the best route to demographic and economic reconstruction of mountain settlements.

*Keywords:* small-scale hydroelectric power plants, ecology, economic development, power engineering