



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 6th 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
МАРКО АНЂЕЛКОВИЋ Утицај малих хидроелектрана на животну средину	11
Излагање министра заштите животне средине др Горана Тривана	15
ВЕЉКО ДИМИТРИЈЕВИЋ Утицај малих хидроелектрана на режим и водни услови за њихово пројектовање и изградњу	21
VELJKO DIMITRIJEVIĆ The impact of mini hydropower plants on water system, design and construction requirements.....	40
ВЛАДАН КАРАМАРКОВИЋ, РАДЕ КАРАМАРКОВИЋ, МИЛОШ НИКОЛИЋ, НЕНАД СТОЈИЋ Утицај малих хидроелектрана на одрживи развој Републике Србије	43
VŁADAN KARAMARKOVIĆ, RADE KARAMARKOVIĆ, MIŁOŠ NIKOLIĆ, NENAD STOJIC The impact of small hydropower plants on the sustainable development of the Republic of Serbia.....	66
БРАНИСЛАВ В. ЂОРЂЕВИЋ Енергетско, еколошко и развојно вредновање малих хидроелектрана	67
BRANISLAV V. ĐORĐEVIĆ Assessing the energy related, environmental and economic impacts of small-scale hydroelectric power plants	90
ИВАН БОЖИЋ, АЛЕКСАНДАР ПЕТКОВИЋ Утицај појединих техничких решења на остваривање енергетских и еколошких циљева малих хидроелектрана.....	93
IVAN BOŽIĆ, ALEKSANDAR PETKOVIĆ 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 широку 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

УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА ОДРЖИВИ РАЗВОЈ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

ВЛАДАН КАРАМАРКОВИЋ*, РАДЕ КАРАМАРКОВИЋ*,
МИЛОШ НИКОЛИЋ*, НЕНАД СТОЈИЋ*

С а ж е т а к. – Полемика и све јачи глас у јавности против изградње малих хидроелектрана (МХЕ) у Републици Србији био је мотив за писање рада. Циљ је био да се МХЕ што објективније сагледају у односу на друге обновљиве изворе енергије (ОИЕ) и фосилна горива. Осим еколошке, сагледана је економска страна изградње МХЕ, као и остварени резултати наше земље у светлу међународно прихваћених обавеза у области екологије и енергетике. Као средство дат је преглед најзначајнијих светских истраживања која се баве поменутом тематиком и приказане постојеће стратегије и остварени резултати најразвијенијих земаља ЕУ, које интензивно улажу у све ОИЕ. Пада у очи да је највећи број новоизграђених, ревитализованих и пројектованих МХЕ у развијеним земљама (Немачка, Аустрија, Швајцарска) малих снага, највећи број снага мањих од 100 kW, што показује да је за наведене земље значајан сваки kWh електричне енергије који је произведен из ОИЕ. Изградња МХЕ у Републици Србији и земљама ЕУ је неодржива без подстицајних мера државе које су временски ограничене на период који омогућава повраћај трошкова финансирања. У поређењу са фосилним горивима, ОИЕ имају далеко мање штетних ефеката по животну средину. Међу ОИЕ, по најавторитативнијим студијама, проточне МХЕ најмање загађују животну средину. У раду се предлаже конкретан пут за превазилажење уочених еколошких проблема при изградњи МХЕ у нашој земљи јер ако их планирају, граде и ревитализују најразвијеније земље ЕУ онда то треба да чини и Република Србија.

Кључне речи: обновљиви извори енергије, мале хидроелектране, заштита животне средине, подстицајне мере

* Факултет за машинство и грађевинарство у Краљеву, Универзитета у Крагујевцу
имејл: v.karamarkovic@gmail.com

УВОД

Глобално загревање као последица емисије гасова са ефектом стаклене баште услед сагоревања фосилних горива сматра се једном од главних препрека одрживог планирања и развоја [1–3]. По мишљењу релевантних стручњака, црвени еколошки аларм одзвања планетом. Данашњица је период у коме јако брзо нестају биљне и животињске врсте. Један од криваца у који се упире прстом је енергетика, која се понајвише окривљује због сагоревања фосилних горива, која се сматра једном од главних препрека одрживом планирању и развоју [1–3]. Глобални еколошки отисак превазилазио је светски биокапацитет за 44% у 2006. години. Као последица повећања броја становника и економског развоја, очекује се његов даљи раст до чак 100% у 2030-тим [4]. Ако би се овакав тренд наставио, неминовно би дошло до колапса екосистема и исцрпљивања резерви фосилних горива, а самим тим и до економског колапса [5–8]. Највећи број држава овај проблем покушава да преухитри подстицањем коришћења обновљивих извора енергије. Међутим, поставља се питање да ли су обновљиви извори енергије заиста „зелена“ енергија и какав је и колики њихов утицај на животну средину у односу на фосилна горива. Бројне студије покушавају да одговоре на ова питања развојем математичких модела за оцену утицаја на животну средину применом различитих критеријума [9–12]. Република Србија је прихватањем Париског споразума из 2015. године и Ратификацијом уговора о оснивању енергетске заједнице 2006. године прихватила обавезу смањења емисија са ефектом стаклене баште и обавезала се да допринесе смањењу глобалног загревања.

ОБАВЕЗЕ РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ, АКЦИОНИ ПЛАН ЗА КОРИШЋЕЊЕ ОИЕ И ТРЕНУТНО СТАЊЕ РЕАЛИЗАЦИЈЕ ПЛАНА

Законом о ратификацији уговора о оснивању Енергетске заједнице, Република Србија је 2006. године прихватила обавезу да примени европске Директиве у области обновљивих извора енергије, између осталих и Директиву 2001/77/ЕЗ за промоцију електричне енергије из ОИЕ. Наведена Директива је у јануару 2012. године укинута и замењена Директивом 2009/28/ЕЗ Европског парламента и Савета од 23. априла 2009. године. У складу са новом Директивом постављени су обавезујући циљеви за чланице Европске уније како би се обезбедило да ОИЕ, у 2020. години, учествују са 20% у бруто финалној потрошњи на нивоу ЕУ. Република Србија је прихватила готово преамбициозан циљ да 27% њене бруто финалне потрошње енергије у 2020. години буде произведено из ОИЕ. Истом Одлуком дефинисана је обавеза

да Република Србија донесе законе, прописе и административне одредбе који су у складу са Директивом 2009/28/ЕС. У јуну 2013. године наша земља је усвојила Национални акциони план за коришћење ОИЕ [20], документ којим се утврђују циљеви коришћења обновљивих извора до 2020. године, као и начин за њихово достизање. Основни циљ акционог плана је подстицање инвестирања у области ОИЕ.

Националним акционим планом за сектор електричне енергије [20] потребно је остварити повећање енергије из ОИЕ у односу на базну 2009. са 884 ктое на 1151 ктое, што представља повећање за око 30%. Изражено у односу на бруто финалну потрошњу енергије неопходно је остварити повећање за 2,4%, односно са 9,7% електричне енергије из обновљивих извора у 2009. години на 12,1% у 2020. години.

Табела 1. Планирана производња електричне енергије из ОИЕ из нових постројења у 2020. години [20]

Врста ОИЕ	(MW)	Претпостављен број радних сати (h)	(GWh)	(ktoe)	Учешће (%)
ХЕ (преко 10 MW)	250	4430	1108	95	30,3
МХЕ (до 10 MW)	188	3150	592	51	16,2
Енергија ветра	500	2000	1000	86	27,4
Енергија сунца	10	1300	13	1	0,4
Биомаса – електране са комбинованом производњом	100	6400	640	55	17,5
Биогас (стајњак) – електране са комбинованом производњом	30	7500	225	19	6,2
Геотермална енергија	1	7000	7	1	0,2
Отпад	3	6000	18	2	0,5
Депонијски гас	10	5000	50	4	1,4
УКУПНО планирани капацитет	1092	–	3653	314	100,0

Од 2009. године, када је у Републици Србији први пут успостављен правни оквир са подстицајним мерама („фид-ин“ тарифама), до децембра 2018. године [21] је за производњу електричне енергије из ОИЕ изграђено 222 нових објеката, укупне инсталисане снаге од 111 MW. Преглед планираних и изграђених капацитета представљен је у табели 2.

Табела 2. Преглед планираних (у складу са НАПОИЕ-м) и изграђених електрана у области ОИЕ [21]

Врста електране	Планирано НАПОИЕ (MW)	Тренутно стање, децембар 2018			
		Привремени статус повлашћеног произвођача (број и MW)		Статус повлашћеног произвођача (изграђено) (број и MW)	
ХЕ веће од 10MW	250	–	–	0	0
ХЕ до 10 MW	188	16	12,6	100	62,9
Биомаса	100	1	2,4	0	0
Биогас	30	7	7,4	13	14,2
Ветар	500	5	475	4	25
Соларне	10	0	0	105	8,78
Геотермалне	1	0	0	0	0
Отпад	3	0	0	0	0
Депонијски гас	10	0	0	0	0

Анализом табеле 2 може се закључити да је Република Србија до краја 2018. године рачунајући МХЕ које су добиле статус повлашћеног произвођача електричне енергије изградила МХЕ инсталисане снаге 62,9 MW, што чини свега 33,46% планираног капацитета за 2020. годину. Од планираних 250 MW за хидроелектране снаге преко 10 MW, до краја 2018. године није изграђена ниједна електрана. Будући да су за енергију ветра издате енергетске дозволе за планиране капацитете до 2020, да се производни капацитети граде, на ту енергију треба рачунати. Планираних 500 MW инсталисане снаге је и горња граница коју електроенергетски систем наше земље може из енергије ветра да прихвати. Оног момента када ветропарк престане да ради, а то је са првим прекидом ветра, електро mreжа мора тај губитак у производњи да надомести неким другим извором енергије. Идеалне су акумулационе, реверзibilне хидроелектране које се користе за овакве прилике. Ако не постоје сопствени капацитети унутар државе за овакве недостатке у континуалном снабдевању, решење је нерационална куповина вршне електричне енергије на тржишту из увоза. Република Србија у овом тренутку располаже са једном реверзibilном хидроелектраном, Заовине, што је и определило ресорно министарство да ограничи инсталациони капацитет за коришћење енергије ветра на 500 MW. Наша земља има далеко веће капацитете за коришћење ове врсте енергије, али је предуслов за нове капацитете изградња нових, реверзibilних хидроелектрана, или изналагање адекватног решења за балансирање потрошње електричне енергије произведене из енергије ветра у земљама окружења.

Евидентни су неизграђени капацитети у делу коришћења биомасе за производњу електричне енергије, иако је биомаса највећи расположиви технички искористиви потенцијал обновљивих извора у Републици Србији, који чини приближно 61% укупног потенцијала ОИЕ, укупне енергетске вредности процењене на 3,4 Мтое годишње. Основни разлози за овакво стање су:

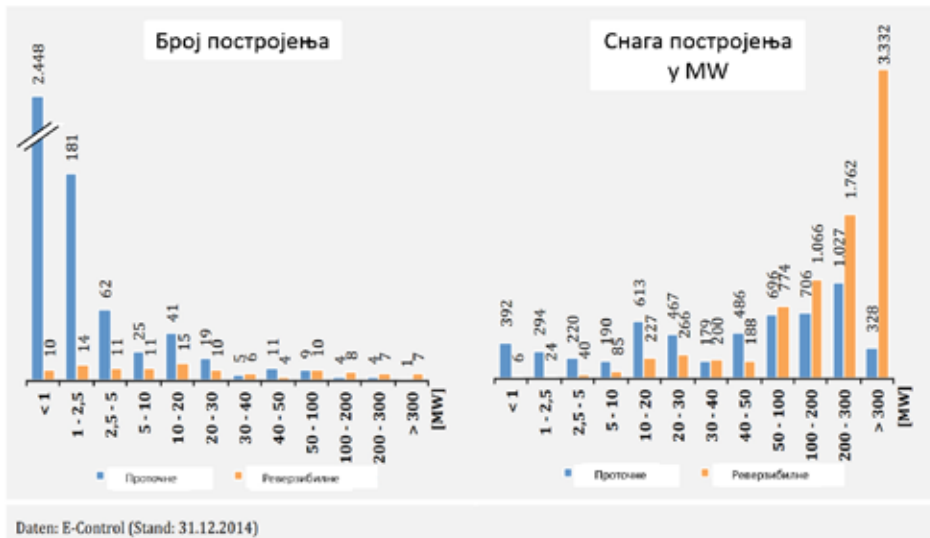
- нестабилна цена сировине, која опредељује инвеститоре за изградњу постројења за комбиновану производњу топлотне и електричне енергије, првенствено привредне субјекте који поседују сировину, биомасу;
- висока цена постројења;
- неопходност континуалне потрошње топлотне енергије током целе године што значајно смањује број потенцијалних инвеститора (хотели на планинама, дрвно индустријски комбинати, топлане које се баве грејањем простора и потрошне топле воде и хлађењем). Извесно је да се планирана изградња комбинованих постојења за производњу електричне и топлотне енергије на биомасу неће реализовати до 2020. године.

До сада остварене резултате у коришћењу обновљивих извора угрожава и структура тренутне привредно-економске активности Републике Србије коју карактерише ниска производна активност енергетски неинтензивних грана индустрије насупрот високој активности у области црне и обојене металургије, које као енергент користе фосилна горива.

Уколико Србија не оствари обавезујући циљ који износи 27% ОИЕ у њеној бруто финалној потрошњи енергије у 2020. години, биће у обавези да по високој цени купи недостајућу обновљиву енергију из увоза. Друга могућност која би за Републику Србију била прихватљивија је редефинисање, односно ублажавање прихваћених обавеза.

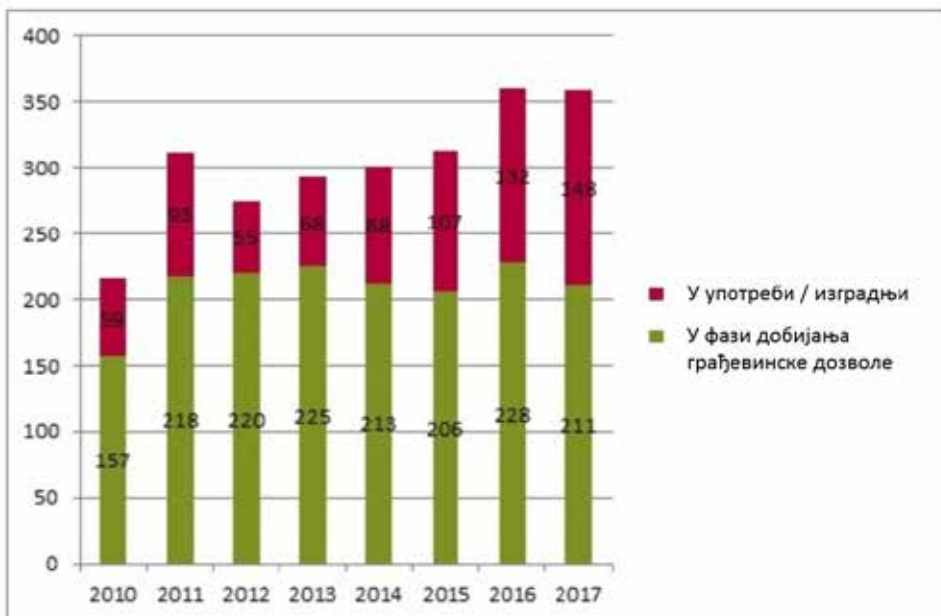
ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ У РАЗВИЈЕНИМ ЗЕМЉАМА ЕВРОПЕ, ПРИМЕР АУСТРИЈА, ШВАЈЦАРСКА И НЕМАЧКА

У свим државама Европске уније МХЕ се граде. Стратегијама развоја је планиран наставак њихове градње и ревитализација изграђених. Према статистичким подацима, Аустрија је до краја 2014. године имала 2923 хидроелектране (слика 1). У групу малих са инсталираним капацитетом испод 10 MW (МХЕ) спадало је 95% електрана, 85% МХЕ имало је инсталирани капацитет мањи од 1 MW [16]. Мале хидроелектране производе су 15% од укупне електричне енергије произведене из хидроелектрана, која је на крају 2014. износила 40,9 TWh [16]. У укупној производњи хидроелектрана, удео постројења мањих од 1 MW износио је 4% [16].



Слика 1. Број и производња електричне енергије у хидроелектранама у Аустрији у зависности од инсталисане снаге [16]

На слици 2 је представљен план изградње хидроелектрана у Аустрији за период 2010–2017. година.



Слика 2. План изградње хидроелектрана 2010–2017 година [16]

У 2017. години спроводиле су се активности на изградњи 359 хидроелектрана: 148 их је било у фази изградње, док је 211 било у фази израде техничке документације зарад добијања дозволе за градњу [16]. Од 2010. године број планираних и изграђених хидроелектрана повећавао се за око 7,5% [16]. Од 359 хидроелектрана у 2017. години, 57% представљају МХЕ, док је њих 124 или 34% планирано за изградњу или се граде у заштићеним подручјима („Натура 2000“, резервати биосфере) [16].

Према статистичким подацима, Швајцарска је крајем 2017. године имала приближно 1500 МХЕ (снаге до 10 MW) [17].

Табела 3. Статистички подаци о МХЕ у Швајцарској на крају 2017. године [17]

Снага постројења	Број постројења	Укупна снага	Средња годишња производња
До 300 kW (микроелектране)	>900	>67 MW	>300 GWh
Од 300 kW до 1000 kW	243	142 MW	679 GWh
Од 1 MW до 10 MW	221	755 MW	3001 GWh
Укупно МХЕ	~1500	~965 MW	~4000 GWh

Студија Швајцарске Федералне канцеларије за енергетику „BFE“ показује сагледавајући техничке, економске и еколошке критеријуме да укупан потенцијал МХЕ у Швајцарској износи 5 до 5,5 TWh/a, од чега је 75% потенцијала већ искоришћено [17].

Према подацима електромреже Швајцарске („Swissgrid“) из 2018. године издате су дозволе за изградњу 155 МХЕ, а за 568 локација у току је израда техничке документације за добијање грађевинске дозволе. Снаге електрана и годишња производња представљени су у табели 4 [17].

Табела 4. Планирана изградња МХЕ у Швајцарској [17]

	Број постројења	Укупна снага (MW)	Годишња производња (GWh/a)
Постројења са добијеном дозволом – још увек неизграђена	155	238	805
Пројекти у процесу добијања грађевинске дозволе	568	633	2250
Укупно	723	861	3060

Слике 3 и 4 приказују временске промене инсталисаних снага МХЕ у периоду до 2018. године, као и њихову средњу производњу [17].



Слика 3. Укупна снага МХЕ у Швајцарској [17]



Слика 4. Средња производња ел. енергије из МХЕ у Швајцарској [17]

У табели 5 је представљен број хидроелектрана у Немачкој у зависности од начина приходовања у 2016. години [18]. Подстицајне мере су засноване на Закону о ОИЕ из 2016. године [18].

Табела 5. Број МХЕ у Немачкој снаге до 5 MW и њихова структура приходавања [18]

Снага	Број			
	Директан пласман струје на тржишту (једини начин приходавања)	Коришћење подстицајних мера (једини начин приходавања)	Постројења која су променила начин приходавања	Укупно
≤ 100 kW	43	5127	64	5234
100 – 200 kW	22	457	15	494
200 500 kW	72	554	25	651
0,5 – 1 MW	59	165	18	242
1 – 2 MW	64	53	15	132
2 – 5 MW	95	30	19	144
Снага	355	6386	156	6898

У табели 6 је дат број изграђених и ревитализованих МХЕ у Немачкој снага до 20 MW у периоду од 1. 8. 2014. до 31. 12. 2017. [18]. Највећи број изграђених 114 и ревитализованих 559 МХЕ су снаге мање од 100 kW [18].

Табела 6. Број изграђених МХЕ у зависности од инсталисане снаге у Немачкој у периоду од 1. 8. 2014. до 31. 12. 2017. [18]

Снага	Нова и реактивирана постројења		Ревитализована постројења		
	Број	Инсталисана снага у kW	Број	Инсталисана снага у kW	Додатно повећање снаге у kW
≤ 100 kW	114	2617	559	22939	3334
100 – 200 kW	9	1409	100	14379	2033
200 – 500 kW	13	3873	137	45321	5193
0,5 – 1 MW	4	3294	44	30251	3519
1 – 2 MW	1	1424	19	27726	3115
2 – 5 MW			12	42341	2379
5 – 10 MW			2	14900	1420
10 – 20 MW			2	23800	2050
Укупно	141	12617	875	221657	23043

У периоду од августа 2014. до краја 2017. године током примене Закона о ОИЕ, 10% од укупног броја хидроелектрана је ревитализовано а највећи број ревитализованих електрана је био снаге од 200 до 500 kW [18]. Ревитализацијом, која се састојала од унапређења система управљања и замене генератора, турбина и система за пренос енергије, укупна снага електрана је увећана за 35 MW [18].

На основу претходне анализе изграђених, и плана изградње МХЕ у Аустрији, Немачкој и Швајцарској, која је заснована на стратегијама енергетског развоја наведених земаља може се закључити да се нове МХЕ граде, да се у наредном периоду планира даља изградња нових и интензивна ревитализација старијих МХЕ ради постизања већег степена корисности трансформације енергије. У неким земљама (пример Швајцарска) је више од 75% потенцијалног капацитета за изградњу МХЕ већ искоришћено [17]. У наведеним земљама, највећи број изграђених и ревитализованих постројења су малих снага, у Немачкој 5127 изграђених, са статусом повлашћеног произвођача МХЕ су снага које су мање од 100 kW [18]. Са инсталационом снагом која је мања од 100 kW је и највећи број изграђених (114) и ревитализованих (559) МХЕ у Немачкој у периоду од 1. 8. 2014. до 31. 12. 2017. године [18]. На крају, 2017. године у Швајцарској је 900 од укупно 1500 изграђених МХЕ инсталисане снаге мање од 300 kW, док је у Аустрији 2448 од 2923 изграђене хидроелектране инсталисане снаге мање од 1 MW [16, 17].

Закључци који су се односили на изградњу и ревитализацију МХЕ у Немачкој, Швајцарској и Аустрији нису селективно издвојени изузеци већ само карактеристични узорци у једној општој слици која карактерише све земље Европске уније.

УПОРЕДНА АНАЛИЗА ШТЕТНОГ УТИЦАЈА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ РАЗЛИЧИТИХ НАЧИНА ПРОИЗВОДЊЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ ОИЕ И ФОСИЛНИХ ГОРИВА

Сви начини производње електричне енергије имају утицај на природу и животну средину. МХЕ деривационог типа условљавају промену хидролошког режима реке и негативно утичу на локалне биљне и животињске заједнице. Непостојање канализационих мрежа у руралним подручјима, немар локалног становништва које отпад складишти у корито реке у комбинацији са деривационим МХЕ-ма додатно угрожава водотокове. Ветрогенератори имају негативан утицај на птице и слепе мишеве. Вибрација носећег стуба ветрогенератора која се преноси на земљу условљава да комплетан подземни екосистем напушта простор на коме је изграђен ветропарк. У последње време посебно се наглашава негативан утицај ветропаркова на

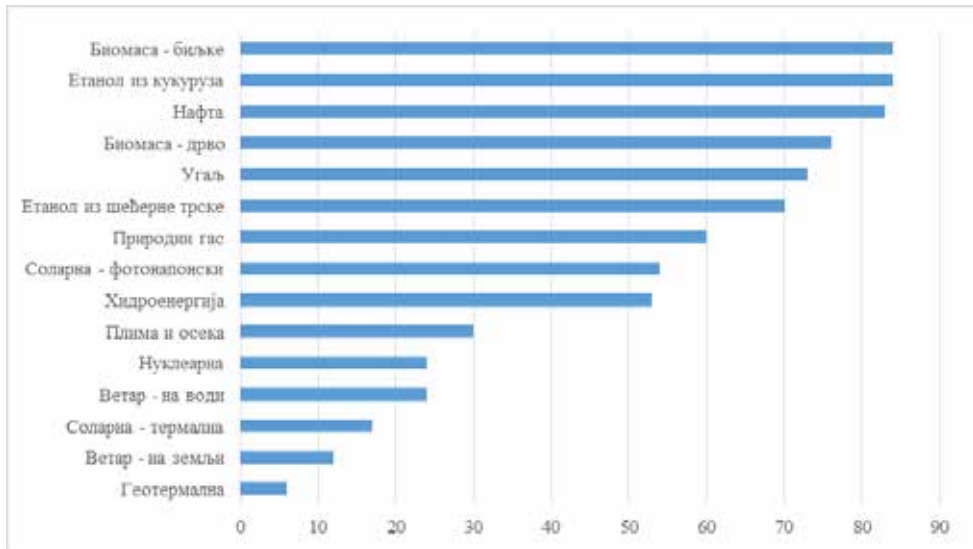
промену климе. Наиме, ветропарк преузима кинетичку енергију ветра и трансформише је у механичку, односно електричну енергију условљавајући да струје ветрова губе снагу у поређењу са снагом коју су имале пре постављања ветропарка.

Соларни фотонапонски панели вишеструко негативно утичу на животну средину. Заузимају и затварају велике површине земљишта које би се могло искористити на неки други начин, будући да комплетно земљиште које се налази под панелима остаје без сунчеве енергије и потпуно изумире. У односу на ветропаркове, још израженије је страдање птица, будући да огледало панела птицама делује као језеро и приликом покушаја слетања страдају због високе температуре површине панела. Век трајања фотонапонских ћелија је до 20 година након чега се замењују новим. Како су у питању велике количине панела које треба заменити и уклонити, појављује се проблем рециклаже и складиштења отпада.

Сви наведени утицаји ОИЕ не могу се поредити са утицајем који на животну средину стварају термоелектране које као извор топлоте користе фосилна горива. Наводимо само неке од њих: емисија по околинину штетних полутаната CO_2 , NO_x , SO_2 , летећег пепела и продуката непотпуног сагоревања. Крај термоелектрана настају депонијска пепелишта која се одржавају константним прскањем воде. Најситније честице (ПМ 10) са пепелишта које се разносе ветром, негативно утичу на здравље људи. У поступку експлоатације угља на површинским коповима, уклања се природни филтер за пречишћавање загађених атмосферских падавина који се налази на површини земље, загађене воде се мешају са подземним чистим водама условљавајући њихово загађење. Више од 40% топлотне енергије која настаје сагоревањем горива се предаје води за хлађење у процесу кондензације водене паре након изласка из парне турбине условљавајући термичко загађење околине и поремећај еколошке равнотеже.

У референци [9] предложена је методологија за оцену ефикасности коришћења одређеног извора енергије, названа релативни агрегатни отисак (енг. RAF). РАФ отисак обједињује четири отиска који су по ауторима ове студије релевантни за оцену ефикасности коришћења одређеног извора енергије: угљен-диоксида, ефикасног коришћења воде, ефикасног коришћења земље и отисак цене производње енергије.

На слици 5 приказани су РАФ отисци за различите врсте енергија. По овом критеријуму, најбоље је оцењена геотермална енергија (РАФ = 6). Енергија ветра оцењена је са 12 на земљи и 24 на води. Соларна енергија за загревање воде (РАФ = 17) и за производњу електричне енергије путем фотонапонских ћелија (РАФ = 54) је следећи ефикасан начин трансформације енергије. Разлика између поменутих соларних технологија је последица мање емисије угљен-диоксида, а тиме и нижег отиска цене производње тер-



Слика 5. РАФ отисак различитих извора енергије [9]

малних у односу на фотонапонске панеле по јединици произведене енергије. На основу слике 5 може се закључити да је нуклеарна енергија са РАФ отиском 24 најатрактивнији необновљиви извор енергије. Међутим, безбедност ових постројења, законодавство, нуклеарни отпад, захтевне технологије и материјали су недостаци које ова метода није узела у обзир.

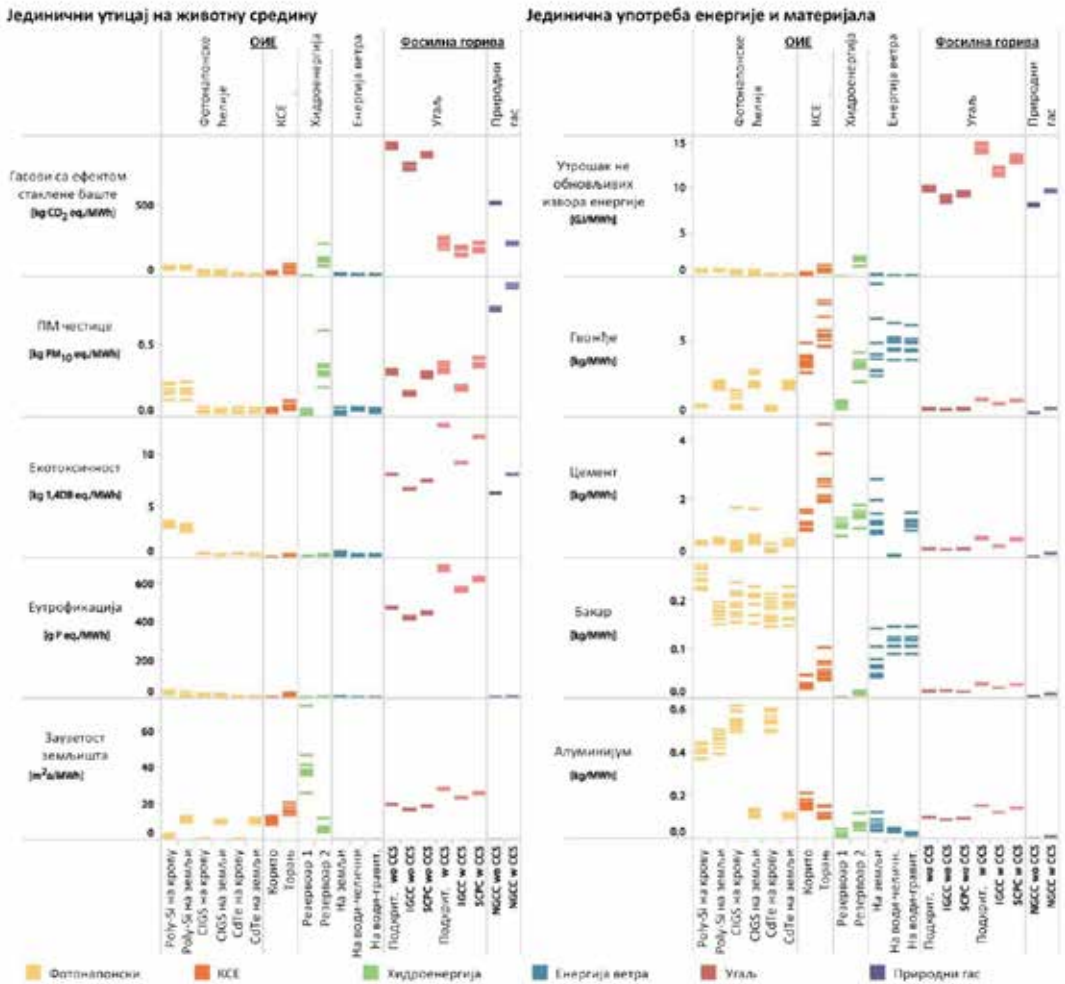
Хидроенергија је овом методом оцењена РАФ отиском 53, пре свега због отиска коришћења воде, где велике хидроелектране због потребе акумулације користе велике количине воде. МХЕ које нису оцењиване РАФ отиском, због непостојања акумулационих језера биле би оцењене значајно повољније (нижим РАФ отиском).

У поређењу са угљем (РАФ = 73) и нафтом (РАФ = 83), природни гас (РАФ = 60) има мањи отисак емисије угљен-диоксида и отисак коришћења воде. Природни гас има РАФ отисак приближан неким ОИЕ, као што су велике хидроелектране и фотонапонске ћелије. Преостали ОИЕ су неповољнији чак и у односу на фосилна горива: биомаса – дрво (РАФ = 76), биомаса – биљке (РАФ = 84) и етанол из кукуруза (РАФ = 84).

Студија [12] је представила модел за оцену и упоређивање ОИЕ у односу на фосилна горива при производњи електричне енергије. Аутори су представили глобални модел интегрисане процене животног века (ЛЦА) примењен на временском периоду до 2050. године. Предложени модел упоређује читав низ параметара: емисију угљен-диоксида по јединици произведене електричне енергије, емисију ПМ10 честица по јединици произведене електричне енергије, екотоксичност свеже воде, употребу земље, еутрофи-

кацију свеже воде, позитивне климатске промене које би довеле до смањења ефеката стаклене баште (Плава мапа) дефинисане од стране Међународне агенције за енергетику [13]. Такође, употребу материјала као што су гвожђе, цемент, бакар и алуминијум.

Утицај на ЖС и потреба за материјалима технологија за производњу ел. енергије



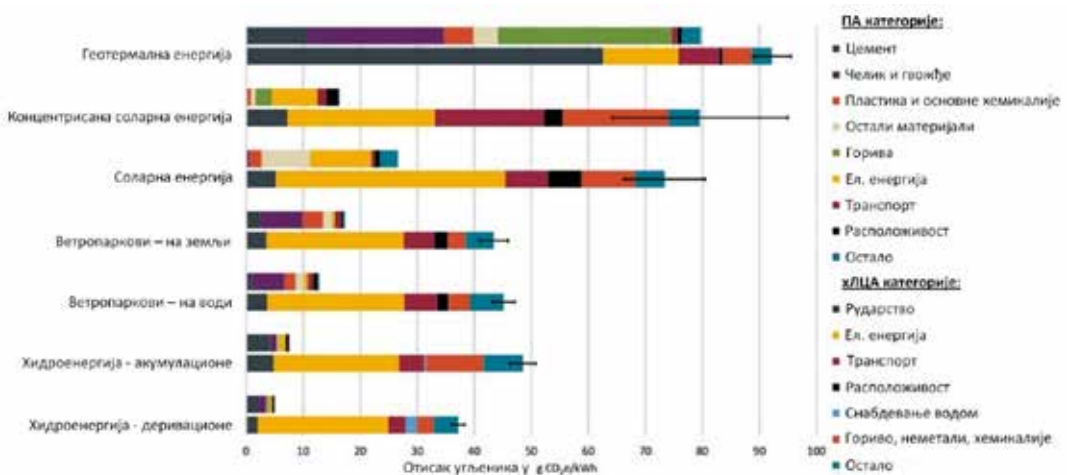
Слика 6. Резултати ЛЦА модела за ОИЕ и фосилна горива при производњи електричне енергије [12]

Резултати ЛЦА модела са претходне слике јасно потврђују да технологије за производњу електричне енергије из ОИЕ имају значајно нижи утицај на животну средину у односу на термоелектране у свим категоријама које су оцењиване. Модерна постројења која користе природни гас оцењена су

тако да се позиционирају између ОИЕ и употребе угља, због веће емисије загађујућих материја у односу на ОИЕ. Резултати показују и да у односу на постројења која користе угаљ и природни гас, коришћење енергије ветра и сунца захтева већу употребу материјала (гвожђа, бакра, алуминијума и цемента) по јединици произведене енергије. Студија је показала да су од ОИЕ најприхватљивија хидроенергетска постројења. У поређењу са производњом и сагоревањем фосилних горива, утицај на животну средину због потребе за материјалима ОИЕ је мали у апсолутној скали. Студија [12] показује да што се коришћења земљишта тиче, највећи негативни утицај имају ветропаркови, који заузимају око 200 квадратних метара по 1 MWh произведене електричне енергије за годину дана [14, 15], што је највише у односу на све технологије (не само ОИЕ).

Закључак ове студије је да би већа употреба ОИЕ довела до смањења штетних ефеката по животну средину као што су: емисија гасова са ефектом стаклене баште, екотоксичност свеже воде, еутрофикације и емисија штетних честица. Загађење које би било проузроковано већом употребом материјала за ОИЕ технологије је мало у односу на директно загађење проузроковано сагоревањем фосилних горива.

На слици 7 представљени су резултати студије за анализу отиска угљен-диоксида 7 ОИЕ [11]. У укупном отиску узимани су у обзир индиректни отисци који су настали употребом различитих врста материјала, енергије, горива, транспорта, водних извора и природних ресурса при изградњи капацитета за употребу ОИЕ. Предложена је методологија за израчунавање две врсте отиска угљен-диоксида: Процесна анализа (ПА) и хибридна процена животног циклуса (хЛЦА).



Слика 7. Отисак угљен-диоксида по kWh произведене електричне енергије [11]

За седам ОИЕ приказани су ПА (горњи резултати) и хЛЦА (доњи резултати) отисци угљен-диоксида. Резултати показују да највећи отисак угљен-диоксида стварају геотермални извори при производњи електричне енергије, и то 79,7 gCO₂/kWh за ПА и 92,2 gCO₂/kWh за хЛЦА. Са друге стране, МХЕ деривационог типа имају најмањи отисак угљен-диоксида, и то 5,0 gCO₂/kWh за ПА и 37,2 gCO₂/kWh за хЛЦА. На основу резултата за ПА може се уочити да употребљени цемент доприноси око половине отиска код хидроелектрана (44% за деривационе, 55% за акумулационе). Главни чинилац отиска код ветропаркова су челик и гвозђе (око 45%). За обе врсте соларних технологија, скоро половину отиска чини потреба за електричном енергијом (40-49%).

Закључак наведених студија је да проточне МХЕ деривационог и прибранског типа најмање загађују животну средину у поређењу са другим ОИЕ и изворима који користе фосилна горива. Наводимо основне позитивне стране МХЕ.

Производња електричне енергије у МХЕ може доста поуздано да се планира на седмичном и месечном нивоу, што није случај код ветро и соларних електрана. МХЕ побољшавају квалитет испоручене електричне енергије будући да се граде на рубовима дистрибутивног система, смањују губитак у преносу електричне енергије, напонски укрупњују дистрибутивни систем на његовим рубовима где су дневне осцилације напона највеће. У поређењу са другим изворима имају висок степен корисности трансформације механичке у електричну енергију, до 90%. Изградња МХЕ омогућавају запошљавање радника, што је посебно значајно за руралне пределе где се МХЕ и граде. Позитивне стране су и сви позитивни ефекти примене, који се огледају у најмањем негативном утицају на животну средину.

СУБВЕНЦИОНИСАЊЕ ИЗГРАДЊЕ ОИЕ КРОЗ FEED-IN ТАРИФЕ

Субвенционисање ОИЕ подстицајним тарифама подразумева стимулацију набавке и изградње скувих технологија потребних за реализацију оваквих пројеката. Након истека периода подстицајних тарифа који траје 12 година, већина пројеката, а такви су и пројекти изградње МХЕ, исплатили су трошкове финансирања и без оптерећења излазе на слободно тржиште са ниским оперативним трошковима. За разлику од конвенционалних начина производње код којих је већи утицај сировине и поступка трансформације енергије, произвођачи електричне енергије из ОИЕ излазе на тржиште са далеко мањом, конкурентном продајном ценом (пример тржишта електричне енергије у Немачкој). Најизраженији утицај на смањење цене имају произвођачи електричне енергије који користе хидропотенцијал, зато што су коришћене технологије у производњи достигле високе перформансе и велику

трајност, тако да су трошкови за ремонт много ређи и у мањем обиму него што је случај са коришћењем енергије ветра и енергије сунца. Подстицајна откупна цена за произведену електричну енергију утврђује се у зависности од врсте и инсталисане снаге електране, као и максималног ефективног времена рада за одговарајућу врсту електране (табела 7) [22].

Табела 7. Висина подстицајне откупне цене и максимално ефективно време рада електране [22]

Редни број	Врста електране повлашћеног произвођача електричне енергије	Инсталисана снага P (MW)	Подстицајна откупна цена (с€/kWh)	Максимално ефективно време рада (h)
1.	Хидроелектрана			5000 у години подстицајног периода
1.1		до 0,2	12,60	
1.2		0,2 – 0,5	13,933 – 6,667*P	
1.3		0,5 – 1	10,60	
1.4		1 – 10	10,944 – 0,344*P	
1.5		10 – 30	7,50	
1.6	На постојећој инфраструктури	до 30	6,00	5000 у години подстицајног периода
2.	Електране на биомасу			8600 у години подстицајног периода
2.1		до 1	13,26	
2.2		1 – 10	13,82 – 0,56*P	
2.3		преко 10	8,22	
3.	Електране на биогаз			8600 у години подстицајног периода
3.1		0 – 2	18,333 – 1,111*P	
3.2		2 – 5	16,85 – 0,370*P	
3.3		преко 5	15	
4.	Електране на депонијски гас и гас из постројења за третман комуналних отпадних вода		8,44	8600 у години подстицајног периода
5.	Електране на ветар		9,2	9000 у кварталу подстицајног периода

6.	Соларне електране			
6.1		на објекту	14,60 – 80*P	
		до 0,03		
6.2		на објекту 0,03 – 0,5	12,404 – 6,809*P	1400 у години подстицајног періода
6.3		на земљи	9	
7.	Геотермалне електране		8,2	8600 у години подстицајног періода
8.	Електране са високо ефикасном комбинованом производњом електричне и топлотне енергије на природни гас			8600 у години подстицајног періода
8.1		до 0,5	8,20	
8.2		0,5 – 2	8,447 – 0,493*P	
8.3		2 – 10	7,46	
9	Електрана на отпад		8,57	8600 у години подстицајног періода

Изградња МХЕ у свим земљама ЕУ је неодржива без подстицајних мера.

Подстицајне мере у Аустрији састоје се из подстицајних тарифа (табела 8) и инвестиционих подстицаја за мале и средње хидроелектране (табела 9) [19].

Табела 8. Подстицајне цене производње електричне енергије из МХЕ у Аустрији инсталисане снаге до 2 MW [19].

Нова постројења	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0 – 500 MWh	10,60	10,55	10,45	1,035	10,35	10,25
500 – 1000 MWh	7,63	7,59	7,51	7,43	7,43	7,36
1000 – 2500 MWh	6,66	6,63	7,00	6,49	6,49	6,43
2500 – 5000 MWh	5,56	5,53	5,47	5,42	5,42	5,37
5000 – 7500 MWh	5,25	5,22	5,17	5,12	5,12	5,07
Преко 7500 MWh	5,00	4,97	4,92	4,87	4,87	4,83

Ревитализована постројења	2012	2013	2014	2015	2016	2017
0 – 500 MWh	8,30	8,26	8,18	8,10	8,10	8,02
500 – 1000 MWh	6,06	6,03	5,97	5,91	5,91	5,85
1000 – 2500 MWh	5,25	5,22	5,17	5,12	5,12	5,07
2500 – 5000 MWh	3,83	3,81	3,77	3,73	3,73	3,69
5000 – 7500 MWh	3,54	3,52	3,48	3,45	3,45	3,42
Преко 7500 MWh	3,25	3,23	3,20	3,17	3,17	3,14

Табела 9. Инвестиционе подстицајне мере за мале и средње хидроелектране у Аустрији [19]

	<50 kW	50 – 100 kW	100 – 500 kW	500 kW – 2 MW	2 – 10 MW	10 – 20 MW
€ по инсталисаном kW	1500	1500	1500	1500 – 1000	1000 – 400	400
% инвестиционих трошкова	–	30	30	30 - 20	20 -10	10
Максимална подстицајна сума €	–	–	–	–	–	6 мил.
Потребан инвестициони план	не	не	не	да	да	да

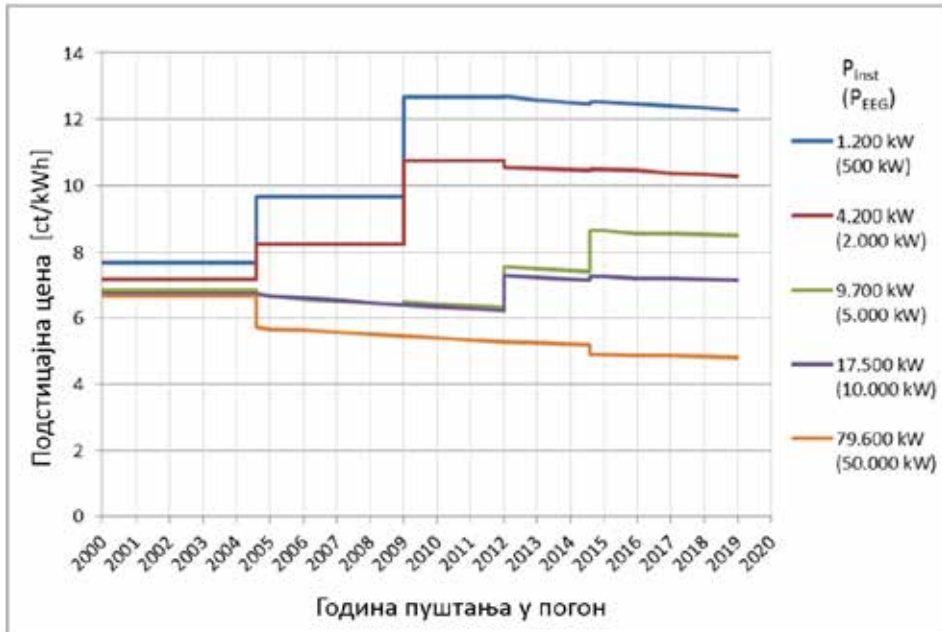
Износ подстицаја према закону о ОИЕ у Немачкој („EEG“ – закон из 2014. године) дат је у табели 10 при чему се називна (референтна снага) P_{EEG} добија из годишње производње електране E_a и броја сати у години (8760 h) и израчунава изразом [18]:

$$P_{EEG} = E_a / 8760 \text{ h.} \quad (1)$$

Табела 10. Подстицајне мере за ОИЕ у Немачкој [18]

Називна тј. Референтна снага $P_{EEG} \leq$	Процењена инсталисана снага (4000 h/a при пуним оптерећењем)	Створена вредност (с€/kWh)
500 kW	≈ 1,1 MW	12,52
2 MW	≈ 4,4 MW	8,25
5 MW	≈ 11 MW	6,31
10 MW	≈ 22 MW	5,54
20 MW	≈ 44 MW	5,34
50 MW	≈ 110 MW	4,28
>50 MW		3,50

Осим новоизграђених објеката, подстицајне мере се примењују и на ревитализована постројења за производњу електричне енергије из ОИЕ. За ревитализована постројења инсталисане снаге која су већа од 5 MW подстицајне мере се примењују на произведену електричну енергију која је резултат повећане снаге [18]. Време трајања подстицајних мера је исто за све категорије и износи 20 година, а подстицаји се смањују за 0,5% годишње [18].



Слика 8. Промена подстицајних цена електричне енергије у МХЕ (Немачка) [18]

Новим законом о енергетици од 30. септембра 2016, Швајцарска је увела нови правилник о подстицајним мерама („BFE 2017b“) [18]. Ступањем на снагу измена закона о енергетици од 1. јануара 2018. замењен је постојећи систем подстицаја заснован на покривању трошкова кроз „feed-in“ тарифе са подстицајима додатка на тржишну цену електричне енергије и обавезом изласка на тржиште електричне енергије од 2020. године [18]. Ове подстицајне мере могуће је затражити за постројења од 0,1 до 10 MW („BFE 2017a“) [18]. За хидроенергију, подстицајно раздобље износи 15 година [18].

Уредба о подстицајним мерама („BFE 2017b“) усвојена је као нови инструмент финансирања хидроелектрана путем тржишних премија (додатка на тржишну цену електричне енергије) и субвенција на улагање [18].

Субвенције на улагање могу се добити за постројења пуштена у погон после 1. јануара 2013. [18]. Нова постројења морају имати капацитет већи од 10 MW [18]. Постојећа постројења морају проћи кроз значајне промене односно, унапређења како би била субвенционисана [18]. За постројења снаге између 300 kW и 10 MW могуће је добити и до 60% инвестираних средстава [18]. За већа постројења могући повраћај инвестиције кроз субвенције износи максимално 40% [18]. Износ субвенције одређује савезна канцеларија за енергију („BFE“) за сваки пројект индивидуално [18]. Реверзибилне хидроелектране нису обухваћене подстицајним мерама [18].

У поређењу са наведеним земљама, у Републици Србији подстицаји за изградњу МХЕ су мањи. Трошкови изградње постројења за производњу електричне енергије из МХЕ у делу трошкова радне снаге су већи у земљама ЕУ у поређењу са Р. Србијом, али су кредитни услови и субвенције за улагања у земљама ЕУ знатно повољнији. Да су камате за изградњу МХЕ-на у Р. Србији високе, показује анализа прихода МХЕ снаге 1350 kW у 2018. години. Електрана је грађена током 2016. и у првој половини 2017. године. Укупни трошкови изградње износили су 2.795.366,00 €. Новац за изградњу је позајмљиван од банке по каматној стопи од 6,7% на годишњем нивоу. Укупна сума коју инвеститор треба да врати током подстицајног периода износи 4.012.748,00 €. У 2018. години планирани годишњи приход МХЕ предвиђен пројектом износио је 504.822,00 €, док је остварени био већи и износио је 513.098,00 €. Узимајући у обзир све остале трошкове (трошкове радне снаге, трошкове одржавања, накнаде републичким јавним предузећима, трошкове осигурања, комуналне трошкове, трошкове пореза, комуналне таксе), подстицајни период од 12 година у Републици Србији омогућава само повраћај уложених средстава у изградњу МХЕ. Постоји мањи број локација са већ изграђеном пратећом инфраструктуром која је потребна за изградњу МХЕ, код којих је период повраћаја уложених финансијских средстава краћи од 12 година, али и локације код којих је период отплате дужи од подстицајног.

ЗАКЉУЧАК

Резултати вишегодишњих истраживања објављени у водећим међународним часописима показују да већа употреба ОИЕ смањује штетне ефекте по животну средину. Ови резултати апострофирају и да у поређењу са фосилним горивима и другим обновљивим изворима енергије, проточне МХЕ деривационог и прибранског типа најмање загађују животну средину.

У земљама ЕУ се на основу важећих стратегија енергетског развоја граде или се планира даља изградња МХЕ различитих снага. Највећи број израђених и ревитализованих МХЕ у развијеним земљама (Немачка, Аустрија, Швајцарска) је снага мањих од 100 kW.

Изградња ОИЕ није остварива без субвенција, односно подстицајних средстава државе. Време трајања подстицајних мера је одређено да се у том периоду изврши повраћај трошкова изградње ОИЕ. То је пракса земаља ЕУ коју је прихватила и Република Србија.

Подстицајне мере за МХЕ у Србији су ниже у поређењу са земљама ЕУ. Разлика у подстицајима се компензује повећаним трошковима радне снаге у земљама ЕУ.

Од две могућности за испуњење међународно прихваћених обавеза: да нерационално из увоза купи обновљиву енергију, или да подстицајима гради постројења за производњу електричне енергије из ОИЕ, наша земља се определила за изградњу постројења.

Заинтересованост за инвестиције у ОИЕ у Републици Србији је порасла увођењем субвенција, односно подстицајних мера које је држава 2009. године увела, а које се не би реализовале да није било банкарских кредита, иако је камата била а и сада је висока у поређењу са земљама ЕУ.

Националним планом за коришћење ОИЕ, значајан потенцијал за повећање производње електричне енергије из ОИЕ су проточне прибранске хидроелектране, којима треба дати приоритет у будућим изменама подстицајних мера за ОИЕ, уз поштовање критеријума заштите животне средине, заштиту приобаља и решавање питања пречишћавања отпадних вода дуж акумулација. Добро дефинисане и осмишљене подстицајне мере треба да имају синергијски ефекат на друштвену заједницу подстичући економски развој путем истовремене: изградње постројења ОИЕ, производње делова и компонената ових постројења, истраживања, боље заштите животне средине и извоза знања и технологија.

Надлежне институције у нашој земљи нису имале довољно искуства при започињању реализације пројеката изградње МХЕ, нарочито при одређивању локација за изградњу МХЕ, односно при усвајању просторних планова општина и градова (сагласност на просторне планове је дало и ресорно министарство), а највише се манифестовала у превеликој заузетости водотокова. Није било ни довољно искуства и при пројектовању, изградњи и експлоатацији МХЕ. Због тога је потребно формирати међуминистарско стручно тело од експерата различитих струка, које би сагледало досадашња искуства у изградњи и експлоатацији МХЕ и предложило побољшања сагласно позитивној пракси земаља ЕУ.

МХЕ свих облика у Републици Србији треба градити тамо где су испуњени услови одрживости који уважавају енергетске, еколошке, економско, развојне и социолошке аспекте. То је и критеријум који важи у земљама ЕУ и у исто време одређују број МХЕ које се могу изградити. Ако земље ЕУ граде МХЕ, то треба да чини и Србија.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] The Center for International Environmental Law (CIEL), 2002. Global Warming and Sustainable Development, Available online from: <http://www.ciel.org/> 28. 4. 2019.
- [2] McDonald, C. T., 2006. The impact of global warming on sustainable developments mitigating the impact: natural hazard mitigation. In: 2nd International Solar Cities Congress 2006 at the Oxford University, Oxford, England.
- [3] U. S. Agency For International Development (USAID). Global Climate Change. Available online: <http://www.usaid.gov/ourwork/environment/climate/> 28. 4. 2019.
- [4] Global Footprint Network, 2010. Ecological Wealth of Nations Global Footprint Network, San Francisco, California, USA, <http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/EcologicalWealthofNations.pdf> 30. 4. 2019.
- [5] Holmberg, J., Lundqvist, U., Robèrt, K.-H., Wackernagel, M., 1999. The ecological footprint from a systems perspective of sustainability. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* 6, 17–33.
- [6] Wackernagel, M., Schulz, N. B., Deumling, D., Linares, A. C., Jenkins, M., Kapos, V., Monfreda, C., Loh, J., Myers, N., 2002. Tracking the ecological overshoot of the human economy. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 99, 9266–9271.
- [7] Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., Chapin, F. S., Coe, M. T., Daily, G. C., Gibbs, H. K., Helkowski, J. H., Holloway, T., Howard, E. A., Kucharik, C. J., Monfreda, C., Patz, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., Snyder, P. K., 2005. Global consequences of land use. *Science* 309, 570–574.
- [8] United Nations (UN), 2005. Millenium Ecosystem Assessment, Available online: <http://www.maweb.org/en/index.aspx> 30. 4. 2019.
- [9] Hadian, Saeed, and Kaveh Madani. „A system of systems approach to energy sustainability assessment: Are all renewables really green?“. *Ecological Indicators* 52 (2015): 194–206.
- [10] Sims, Ralph E. H., Hans-Holger Rogner, and Ken Gregory. „Carbon emission and mitigation cost comparisons between fossil fuel, nuclear and renewable energy resources for electricity generation.“ *Energy policy* 31.13 (2003): 1315–1326.
- [11] Wolfram, Paul, Thomas Wiedmann, and Mark Diesendorf. „Carbon footprint scenarios for renewable electricity in Australia“. *Journal of cleaner production* 124 (2016): 236–245.

- [12] Hertwich, Edgar G., et al. „Integrated life-cycle assessment of electricity-supply scenarios confirms global environmental benefit of low-carbon technologies“. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112.20 (2015): 6277–6282.
- [13] International Energy Agency (2010) Energy technology perspectives 2010: Scenarios and strategies to 2050 (Organisation for Economic Cooperation and Development/ International Energy Agency, Paris).
- [14] Fthenakis V., Kim H. C. (2009) Land use and electricity generation: A life-cycle analysis. *Renew Sustain Energy Rev.* 13(6-7):1465–1474.
- [15] Denholm P., Hand M., Jackson M., Ong S. (2009) Land-Use Requirements of Modern Wind Power Plants in the United States (National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO).
- [16] Umweltdachverband, (2017). *Aktuelle Wasserkraftwerksplanungen in Österreich*, 1080 Wien: Umweltdachverband, Strozzigasse 10/7-8.
- [17] Kleinwasserkraft, S. V. (2018). Factsheet Kleinwasserkraft. Schweizer Verband der Kleinwasserkraft.
- [18] Floecksmühle, I. (2018). *Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß § 97 Erneuerbare-Energien-Gesetz*. Aachen: Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
- [19] Dr. Jürgen Neubarth, e. c. (2016). *Wirtschaftliche Herausforderungen für den Ausbau der Wasserkraft in Österreich*. Innsbruck: WWF Österreich.
- [20] Национални акциони план за коришћење обновљивих извора енергије (Министарство рударства и енергетике Р. Србије, „Службени гласник РС“, број 53/2013), <http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/02%20Nacionalni%20akcioni%20plan%20za%20koriscenje%20obnovljivih%20izvora%20energije%20u%20Republici%20Srbiji1.pdf> 3. 7. 2019.
- [21] Извештај о спровођењу Националног акционог плана за коришћење обновљивих извора енергије Републике Србије за 2016. и 2017. годину (Министарство рударства и енергетике Р. Србије 2018), http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/efikasnost/07_Izvestaj_o_sprovodjenju.pdf?uri=CELEX:32009L0028 3. 7. 2019.
- [22] Уредба о подстицајним мерама за производњу електричне енергије из обновљивих извора и из високоефикасне комбиноване производње електричне и топлотне енергије (Министарство рударства и енергетике Р. Србије, „Службени гласник РС“, број 56/2016), <http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/Uredba%20o%20podsticajnim%20merama.pdf> 3. 7. 2019.

Vladan Karamarković, Rade Karamarković, Miloš Nikolić, Nenad Stojić

THE IMPACT OF SMALL HYDROPOWER PLANTS ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE REPUBLIC OF SERBIA

S u m m a r y

The ongoing debate and a relatively strong public voice against the building of small hydropower plants (SHPP) in the Republic of Serbia (RS) was the motive for the paper. The goal was to objectively compare SHPP with other renewable energy sources (RES) and fossil fuels. Apart from ecological, an economic side of the construction of SHPPs is considered, as well as the achieved results of the RS with regard to internationally accepted commitments for promotion of RES. To achieve the goal, a review of the most prominent studies in the field is presented as well as the existing energy strategies and related accomplishments of the most developed EU countries that heavily invest in RES. It is worthy of notice that the largest number of newly built, revitalized and designed SHPPs in developed countries (Germany, Austria, Switzerland) are of the mini hydro type. Among these, the biggest number of plants are with capacities below 100 kW, which clearly shows that for the mentioned countries every kW produced from RES is significant. Without time-limited incentive measures, the building of SHPPs is not economically sustainable neither in the RS nor in the EU countries. Compared with fossil fuels, RES have far less adverse environmental effects. Many reliable energy studies highlight run-of-the-river SHPPs as the most environmentally friendly among RES. In the paper, the way for overcoming the identified environmental problems related to the building of SHPPs in the RS is recommended. If the most developed EU countries, build, plan, and revitalize SHPPs that should the RS do too.