

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ**

др Иван О. Божић

**ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ
МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ**

Београд, 2022.

др Иван О. Божић, дипл. инж. маш., ванредни професор
Универзитет у Београду - Машински факултет

ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ – МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ

I издање

Рецензенти

др Александар Гајић, дипл. инж. маш.
редовни професор у пензији, Универзитет у Београду - Машински факултет
др Урош Караџић, дипл. инж. маш.
редовни професор, Универзитет Црне Горе Машински факултет

Издавач

Универзитет у Београду - Машински факултет
ул. Краљице Марије 16, 11120 Београд 35
тел. (011) 3370-760
www.mas.bg.ac.rs

За издавача

проф. др Владимир Поповић, Декан

Уредник

проф. др Милан Лечић, Председник Комисије за издавачку делатност

Одобрено за штампу од Комисије за издавачку делатност Машинског факултета у Београду и одлуком Декана Машинског факултета у Београду бр. 12/2022 од 14. 6. 2022. године

Лектор

проф. др Славко Петаковић

Дизајн корица и графичка припрема

Гордан и Зоран Наумовић

Тираж

150 примерака

Штампа

PLANETA PRINT, Beograd

ISBN 978-86-6060-123-2

Сва права задржавају издавач и аутор. Прештампавање и умножавање није дозвољено.

Прецима и потомцима

Садржај

Предговор	
1 Мала хидроенергетика	1
1.1 Хидроенергија као обновљив извор енергије	3
1.2 Мала хидроенергетика	4
1.3 Историјски осврт на малу хидроенергетику	5
1.3.1 <i>Воденице као претече малих хидроелектрана</i>	5
1.3.2 <i>Прве модерне мале хидроелектране за производњу електричне енергије</i>	6
1.4 Перспективе мале хидроенергетике	8
1.5 Литература уз Поглавље 1	11
2 Енергија воде	13
2.1 Енергија континенталних вода – „зелена“ енергија	13
2.1.1 <i>Хидрограф и крива трајања протока водотока</i>	20
2.1.2 <i>Крива трајања протока, пада и снаге мале хидроелектране</i>	23
2.2 Енергија океанских вода – „плава“ енергија	27
2.2.1 <i>Енергија морских и океанских таласа</i>	27
2.2.2 <i>Енергија плиме и осеке</i>	31
2.2.3 <i>Енергија морских струја</i>	33
2.3 Литература уз Поглавље 2	34
3 Хидрограђевински објекат	35
3.1 Интегрално управљање водама	35
3.2 Смернице за интегрално управљање водама	38
3.3 Пројектовање малих хидроелектрана и техничка документација	39
3.3.1 <i>Генерални пројекат и претходна студија оправданости</i>	40
3.3.2 <i>Идејно решење и локацијски услови</i>	41
3.3.3 <i>Идејни пројекат и студија оправданости</i>	41
3.3.4 <i>Пројекат за грађевинску дозволу</i>	42
3.3.5 <i>Пројекат за извођење</i>	42
3.3.6 <i>Пројекат изведеног стања објекта и употребна дозвола</i>	43
3.4 Концепти малих хидроелектрана	43
3.4.1 <i>Континентално-конвенционалне мале хидроелектране</i>	44

3.4.1.1	Непосредно коришћење енергије водотока	44
3.4.1.2	Захватање, скретање и одвођење дела воде из водотока	45
3.4.1.3	Преграђивање водотока бранама и праговима	49
3.4.1.4	Надоградња и унапређење постојећих енергетских и водопривредних система	54
3.4.2	<i>Морске и океанске мале хидроелектране</i>	58
3.4.3	<i>Комбиноване мале хидроелектране</i>	63
3.4.4	<i>Мала специфична хидропостројења</i>	64
3.5	Водозахвати	65
3.5.1	<i>Површински водозахвати</i>	65
3.5.2	<i>Таложнице</i>	66
3.5.3	<i>Дубински водозахвати</i>	67
3.6	Машинске зграде	70
3.7	Литература уз Поглавље 3	72
4	Хидромашинска опрема	75
4.1	Решетке	75
4.2	Затварачи	83
4.2.1	<i>Уставе</i>	85
4.2.1.1	Табласте уставе	85
4.2.1.2	Сегментне уставе	88
4.2.1.3	Секторске уставе	90
4.2.1.4	Уставе-клапне	91
4.2.2	<i>Табласти затварачи</i>	91
4.2.3	<i>Предтурбински затварачи</i>	93
4.2.3.1	Лептирасти затварачи	93
4.2.3.2	Кугласти затварачи	98
4.2.3.3	Игличasti затварачи	100
4.3	Цевоводи	101
4.3.1	<i>Теренски услови и ограничења при дефинисању цевовода</i>	102
4.3.2	<i>Трасирање цевовода</i>	103
4.3.3	<i>Постављање цевовода у односу на површину земљишта</i>	103
4.3.4	<i>Материјали за цевоводе</i>	103
4.3.5	<i>Хидраулички прорачун</i>	106
4.3.5.1	Линијски хидраулички губици на трење	107
4.3.5.2	Локални хидраулички губици	108
4.3.6	<i>Одређивање пречника цевовода</i>	111
4.3.7	<i>Избор броја грана сложеног цевовода</i>	115

4.3.8	<i>Ослањање, анкерисање и дилатационо спајање цеводода</i>	117
4.4	Литература уз Поглавље 4	119
5	Хидрауличне турбине	121
5.1	Дефиниција хидрауличних турбина	121
5.2	Основни и специфични параметри хидрауличних турбина	122
5.2.1	<i>Основни параметри хидрауличних турбина</i>	122
5.2.2	<i>Инжењерско-експлоатациони параметри хидрауличних турбина</i>	126
5.2.3	<i>Специфични параметри хидрауличних турбина</i>	129
5.3	Класификација хидрауличних турбина	132
5.4	Гравитацијске хидрауличне турбине	134
5.4.1	<i>Надливна и бочна водна кола</i>	135
5.4.2	<i>Архимед турбине</i>	139
5.4.3	<i>Стефтурбине</i>	142
5.5	Акцијске турбине	144
5.5.1	<i>Подливна водна кола</i>	145
5.5.2	<i>Банки турбине</i>	147
5.5.3	<i>Турго турбине</i>	149
5.5.4	<i>Пелтон турбине</i>	152
5.6	Реакцијске турбине	155
5.6.1	<i>Франсис турбине</i>	155
5.6.2	<i>Пропелер турбине</i>	162
5.6.3	<i>Капелер турбине</i>	164
5.6.4	<i>Каплан турбине</i>	165
5.6.5	<i>Хидрокинетичке турбине</i>	170
5.7	Специјалне турбине	178
5.7.1	<i>Тесла турбина</i>	178
5.7.2	<i>Вихорне турбине</i>	180
5.7.3	<i>Пумпе и бродски пропелери као турбине</i>	181
5.8	Број и тип турбина за мале хидроелектране	182
5.9	Литература уз Поглавље 5	187
6	Хидрогенератори и остала електромашинска опрема	189
6.1	Хидрогенератори	189
6.1.1	<i>Синхрони генератори</i>	190
6.1.2	<i>Асинхрони генератори</i>	192
6.1.3	<i>Основни параметри генератора</i>	193
6.2	Електроенергетска опрема	195

6.3	Управљачко регулациони систем	197
6.3.1	<i>Систем аутоматског управљања</i>	198
6.3.2	<i>Систем турбинске регулације</i>	199
6.3.3	<i>Систем побуде синхроног генератора</i>	200
6.3.4	<i>Систем електричних заштита</i>	200
6.3.5	<i>Систем заштита турбине и хидромашинске опреме</i>	201
6.3.6	<i>Систем за управљање и надзор, запис и архивирање мерених података</i>	201
6.4	Помоћни системи и опрема	202
6.5	Литература уз Поглавље 6	202
7	Прелазни процеси	203
7.1	Класификација анализа прелазних режима	204
7.2	Анализе хидрауличног удара	206
7.2.1	<i>Поједностављена аналитичка метода</i>	207
7.2.2	<i>Метода карактеристика</i>	208
7.2.2.1	Почетни услови	211
7.2.2.2	Гранични услови	211
7.3	Анализе осцилација водених маса	220
7.4	Критеријуми прихватљивости	221
7.4.1	<i>Критеријуми прихватљивости при анализи хидрауличног удара</i>	221
7.4.2	<i>Критеријуми прихватљивости при анализи осцилација водених маса</i>	221
7.5	Мере заштита од хидрауличног удара	222
7.5.1	<i>Конструктивне мере заштите</i>	222
7.5.2	<i>Режимске мере заштите</i>	228
7.6	Литература уз Поглавље 7	230
8	Истраживања карактеристика	233
8.1	Предекслоатациона истраживања и испитивања	233
8.2	Одређивање протока воде у водотоцима	238
8.2.1	<i>Хидрометрија водотока</i>	240
8.2.1.1	Мерење протока отворених токова	240
8.2.1.2	Мерење нивоа воде на отвореним токовима	253
8.3	Испитивања пре пуштања у погон	254
8.4	Испитивања при пуштању у погон	256
8.5	Пријемна и гаранцијска испитивања хидроагрегата	257
8.5.1	<i>Гаранцијска испитивања хидроагрегата – класа А</i>	258
8.5.2	<i>Гаранцијска испитивања хидроагрегата – класа В</i>	258

8.5.3	<i>Гаранцијска испитивања хидроагрегата – класа С</i>	263
8.5.3.1	Одређивање протока помоћу стандардних пригушница	264
8.5.3.2	Одређивање протока помоћу Гибсонове методе	265
8.5.3.3	Одређивање протока помоћу електромагнетних протокомера	267
8.5.3.4	Одређивање протока помоћу стандардних пито-статичких сонди	268
8.5.3.5	Одређивање степена корисности термодинамичком методом	269
8.5.4	<i>Испитивања осталих гарантованих параметара хидроагрегата</i>	270
8.5.4.1	Провера кавитационих карактеристика хидрауличне турбине	270
8.5.4.2	Испитивање пулзација притисака	271
8.5.4.3	Испитивање вибрационих карактеристика	271
8.5.4.4	Испитивање буке	273
8.6	Експлоатациона континуална испитивања	273
8.7	Експлоатациона повремена и контролна испитивања	275
8.8	Литература уз Поглавље 8	276
9	Економски аспекти	281
9.1	Мала хидроелектрана као инвестициони пројекат	281
9.1.1	<i>Претходна студија оправданости - прединвестициона фаза</i>	283
9.1.2	<i>Студија оправданости - инвестициона фаза</i>	285
9.1.3	<i>Трошкови мале хидроелектране</i>	285
9.2	Економска и финансијска оправданост мале хидроелектране	286
9.2.1	<i>Нето садашња вредност</i>	288
9.2.2	<i>Однос користи и трошкова</i>	289
9.2.3	<i>Интерна стопа враћања капитала</i>	289
9.2.4	<i>Повраћај инвестиције</i>	290
9.2.5	<i>Принос на капитал</i>	290
9.2.6	<i>Коефицијент покривености дуга</i>	290
9.2.7	<i>Трошкови животног циклуса</i>	291
9.2.8	<i>Преломна тачка рентабилности</i>	292
9.3	Литература уз Поглавље 9	293
10	Еколошки аспекти	295
10.1	Утицаји мале хидроелектране на животну средину	297
10.2	Гарантовани еколошки проток	298

10.3	Хидрографевински приступи у испуњењу еколошких захтева	304
10.4	Хидромашинска решења за испуњење еколошких захтева	307
10.5	Литература уз Поглавље 10	310

Предговор

Иако се улога малих хидроелектрана деценијама није мењала, писати уџбеник о њима, када у друштву владају опречна мишљења о енергетском значају и утицају на животну средину и када су понекад оправдано но неретко и неутемељено анатемисане, представља и изазов и потребу. Полазећи од претпоставке да само просвећен човек има ту могућност и привилегију да критички сагледа све аспекте свог и туђег деловања на животну окружење, сврсисходност овог уџбеника је неупитна.

Књига *ОБНОВЉИВИ ИЗВОРИ ЕНЕРГИЈЕ – МАЛЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ* намењена је студентима мастер студија Машинског факултета Универзитета у Београду, као и студентима других техничких факултета који у оквиру својих студијских програма изучавају разне обновљиве изворе енергије и посебно мале хидроелектране. Садржај књиге истовремено може да послужи и свим инжењерима који се у свом раду сусрећу са пројектовањем и експлоатацијом различитих типова малих хидроелектрана.

У домаћој уџбеничкој и стручној литератури већ постоје књиге о малим хидроелектранама. Међутим, потреба за сталним ажурирањем прописа, стандарда, података и иновација, али и недостатак појединих тематских целина из области хидромашинског инжењерства, указала су на неопходност да се сачини баш овакав писани материјал.

Конципирајући ову књигу, аутор је поред конвенционалног и неизбежног приступа области мале хидроенергетике, посебну пажњу посветио савременим хидрауличним турбинама и хидромашинској опреми која се уграђује у мала и мини хидроенергетска постројења, прелазним режимима и заштитама хидроенергетских постројења од хидроудара, али и мерењима гарантованих енергетских и еколошких параметара.

Велику захвалност аутор изражава рецензентима проф. др Александру Гајићу и проф. др Урошу Караџићу на уложеном труду и корисним сугестијама које су допринеле формирању коначног садржаја ове књиге.

Аутор користи прилику да се захвали Богдану Ристићу, Јовану Илићу, Дану Џепческом и др Маји Божић на помоћи у уобличавању појединих поглавља. Посебну захвалност аутор дугује Гордану Наумовићу на уложеном труду у графичкој припреми слика и илустрација којима се употпуњују изложена објашњења, као и проф. др Славку Петаковићу на педантном лекторисању.

Аутор се захваљује и својој породици (супрузи Драгани, кћерки Мини и синовима Алекси и Немањи) која је подредила свој комодитет писању уџбеника, али и зачинила рад на њему љубављу и безрезервном подршком.

У жељи аутора да наредно издање ове књиге буде квалитетније, добродошла је свака оправдана примедба и конструктивна напомена.

Из данашње перспективе и категоризације малих хидроелектрана, некадашње хидроелектране до 100 kW су у своје време били енергетски гиганти.

1.4 Перспективе мале хидроенергетике

Након вишедеценијског напуштања концепта примене воденица, поново се у 21. веку јавља потреба за искоришћавањем енергетски неискоришћених малих водотока. Потреба се не односи на некадашњу улогу воденица у млевењу жита, већ искључиво на производњу електричне енергије.

Старе воденице које су се одржале до данас – или су потпуно запуштене или нису у погону. Оне оживљавају и постају врло примамљиве за инвеститоре који улажу у њихову модернизацију и преправку, осим у случајевима када су водотоци изменили своје пређашње карактеристике.

У многобројним руралним подручјима широм света, за многе људе који у њима живе и даље нема лако доступне електричне енергије, питке воде, воде за наводњавање, хране, задовољавајућих здравствено-хигијенских услова и других погодности. У тим подручјима мале хидроелектране могу бити једине технички изводљиве и оправдане опције којима се обезбеђују пристојнији егзистенцијални услови, који у урбаним срединама постоје и углавном се подразумевају.

У срединама где не постоји ни довољно необновљивих ни других обновљивих извора енергије из којих се може генерисати довољно електричне енергије и где је неопходно надомешћивати ту недовољност сталним увозом електричне енергије, мала хидроенергетика је врло атрактивна и сврсисходна.

Тамо где су стратешке одлуке усмерене ка очувању постојећих резерви необновљивих извора енергије и ка заштити животне средине, мале хидроелектране постају један од могућих избора.

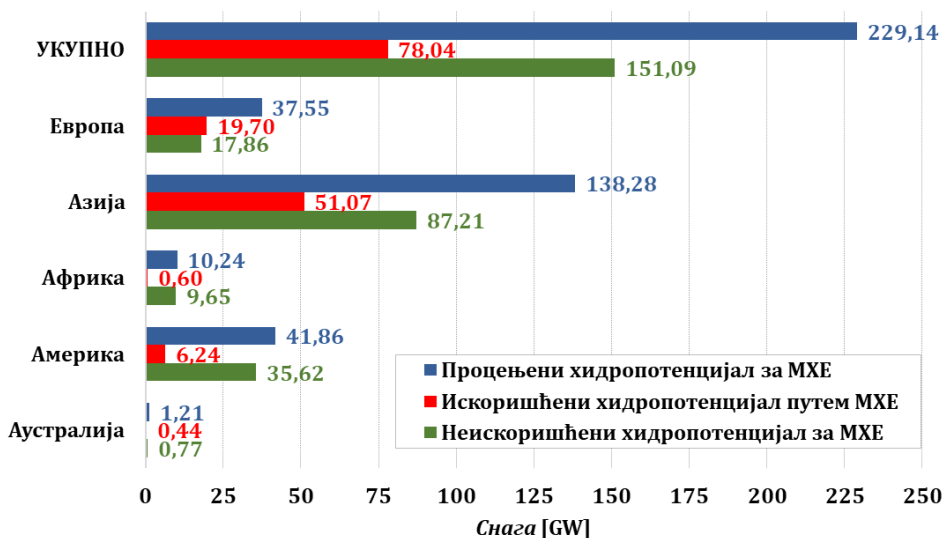
У оним државама и регионима где постоји изобиље различитих облика енергије воде чији искористиви хидроенергетски потенцијал превазилази потребе становништва тог подручја, електрична енергија добијена из МХЕ постаје искључиво економска категорија на тржишту енергије.

О којем год претходно наведеном разлогу или сврси је реч, малим хидроелектранама се може постићи циљ и задовољити потреба која се оправдава начелима одрживог развоја, климатских промена, незагађења животне средине и потребе савремене цивилизације за што већом енергијом.

Крајњи циљеви се могу остварити једино уз **поштовање и сталну проверу свих стандардима дефинисаних, законима прописаних, друштвено и еколошки прихватљивих, технички остваривих и економски рационалних услова за изградњу и експлоатацију савремене мале хидроелектране.**

Не може се сваки водоток искористити у енергетске сврхе, али се не може ни оспоравати савремени приступ у разматрању могућности и анализи оправданости енергетске употребе водотока. Специфичност сваког водотока одређује се управо његовим довољним изучавањем, тако да вишенаменска и свеобухватна истраживања водотока доводе до конкретних закључака и оптималних одлука за сваки водоток посебно, конкретну локацију и предвиђену концепцију МХЕ.

На планетарном нивоу укупни хидропотенцијал континенталних водотока који се може енергетски искористити експлоатацијом МХЕ до 10 MW процењен је на преко 230 GW. Искоришћено је нешто више од трећине, тако да се у перспективи може искористити још преко 150 GW. На слици 1.1 дат је приказ процењених, искоришћених и неискоришћених хидропотенцијала за МХЕ по континентима за доступне податке из 2019. године [1.2]⁶.



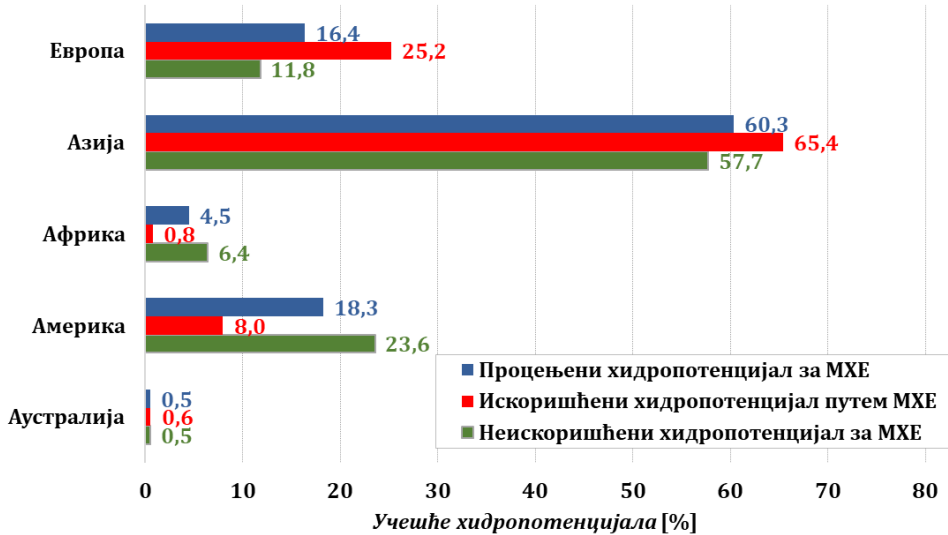
Слика 1.1 Процењени, искоришћени и неискоришћени хидропотенцијали континенталних водотока за мале хидроелектране

У поређењу са другим континентима, једино је на европском континенту нешто више од 50% искоришћених малих водотока у односу на расположивост њиховог хидропотенцијала. Ако се наведени подаци прикажу у односу на укупни процењени, искоришћени и неискоришћени хидропотенцијал (слика 1.2), учува се да Азија има највише могућности да искористи потенцијал водотока (око 60% у односу на укупан светски процењени) и да се преко 65% од свих инсталираних МХЕ на свету налази управо на азијском континенту.

⁶ Наведени подаци нису коначни, јер поједине области у Азији, Африци и Јужној Америци нису обухваћене анализом, па их треба условно прихватити.

Снага водотока која се може енергетски искористити у Србији процењена је на око 450 MW.

Приказана енергетска неискоришћеност континенталних водотока на светском нивоу указује да се човечанство управо на њих може ослонити у будућности. Када се енергији континенталних вода придода и енергија вода мора и океана, ванредна важност овог обновљивог извора енергије је неупитна.



Слика 1.2 Учешће процењених, искоришћених и неискоришћених хидропотенцијала за МХЕ по континентима у односу на одговарајуће укупне светске хидропотенцијале

Поред конвенционалног приступа у изградњи нових или ревитализацији постојећих МХЕ, оптимизација и дигитализација представљају концепте како савремене тако и будуће експлоатације МХЕ.

Оптимизација рада МХЕ одавно је позната и заснива се на добром познавању карактеристика МХЕ и примени сложеног математичког апарата у циљу задовољења функције циља која је постављена пред МХЕ при различитим условима експлоатације.

Дигитализација представља унапређену вишекритеријумску оптимизацију која се заснива на праћењу великог броја континуално мерених података значајних за рад МХЕ и на њиховој анализи кроз примену технологија, као што су: вештачка интелигенција (*artificial intelligence*), паметни енергетски системи (*smart energy systems*), паметна мрежа (*smart grid*), дигитални близанци (*digital twins*) и други. Циљ дигитализације је побољшавање енергетске ефикасности, повећање поузданости и профитабилности постројења уз правовремено и брзо доношење битних одлука за експлоатацију и одржавање МХЕ.

Поглавље 10

Еколошки аспекти

Свако деловање човека у природи са намером да неким техничким решењем задовољи своје потребе има одређен позитиван или негативан утицај на животну средину. Питање екологије у било којој сфери људског деловања је питање освешћености савременог човека колико је тај утицај значајан, какве су и краткорочне и далекосежне последице и које су могуће алтернативне опције. Разматрањем претходних питања никада се не долази до једноставних и једнозначних одговора, укључујући и оне тривијалне да је непостојање било каквог деловања човека допринос ненарушавању екосистема, као и да су све људске активности усмерене ка уништавању природе и животног окружења.

Пође ли се од тога да је некада човек живео у складу са природом и рационално користио њене ресурсе не реметећи њену равнотежу, поступци савременог човека сведоче да је на делу сасвим другачија оријентација. Због загађености атмосфере, земљишта, копнених и морских вода, оштећења озонског омотача, уништавања појединих врста и природних екосистема широм планете Земље, присутна је вишедеценијска забринутост цивилизације за сопствени опстанак, али уз истовремену неспремност за одрицање од сопственог комодитета. Демографска експанзија и контрадикторан приступ савременог хомо сапијенса (*homo sapiens*) води ка онемогућавању природе, која има ограничене ресурсе, да се брзо опорави и обнови. Диспропорција између све мањих ресурса (посебно пијаће воде и енергије) и све већег броја људи на планети који не мењају своје навике и прохтеве зарад себе и својих потомака представља неодржив концепт. Стога човечанство све више разматра оптимизацију техничких решења за коришћење постојећих извора енергије, истражује и улаже у нове технологије.

Све претходно наведено указује да се, једино релативизовањем озбиљних питања самоодрживости савремене цивилизације и давањем одговора који оправдавају сврсисходност људских активности у експлоатацији енергетских ресурса, поједина техничка решења могу свести на **еколошки прихватљива** или **еколошки неприхватљива**. Критеријуми за оцену еколошке прихватљивости се дефинишу у складу са савременим стањем науке и

технике, поштравају се временом и усаглашавају онда када се дође до нових сазнања и докажу могућа побољшања.

И поред вишедеценијске експлоатације малих хидроелектрана и даље је отворено питање о њиховим утицајима на животну средину, што врло често изазива недоумице да ли МХЕ треба сврставати у еколошки чисте („зелене“) обновљиве изворе енергије или не [10.1]. Разлози за такве недоумице су бројни и обично потичу од специфичности слива и *post festum* (након изградње и након вишегодишње експлоатације) спознаје њихових утицаја на водотоке и микролокацијске екосистеме.

Оцена свеобухватног утицаја МХЕ на животну средину је предмет мултидисциплинарних разматрања и експертиза разних еколошких дисциплина (екохидрологија¹, хидроекологија², фитоекологија³, зооекологија⁴, екологија човека и др.). Праћењем биолошких, хидро-морфолошких, физичко-хемијских и хемијских елемената квалитета процењује се еколошки статус (структура и функционисање акватичног екосистема) и еколошки потенцијал (статус значајно измењене воде) водотока. Стога су еколози једини квалификовани и компетентни да дефинишу услове при којима се МХЕ може пројектовати, изградити и експлоатисати. Јасно дефинисани еколошки захтеви су обавезујући за инжењере свих струка.

Међутим, у пракси, мали водотоци су или неистражени или недовољно еколошки истражени, те се при пројектовању и експлоатацији примењује принцип опште прихваћених начела, препорука и критеријума. Важећа подзаконска акта која прописују и дефинишу еколошке захтеве и критеријуме прихватљивости су једине смернице за инжењере које се морају испоштовати. Свако намерно (последица злоупотребе) или случајно (последица нестручности) инжењерско одступање од приоритетних обавезујућих еколошких захтева је грубо кршење норми са негативним последичним утицајима МХЕ по животну средину. Примењивост истоветних општих критеријума на свим водотокима и у свим појединачним случајевима нису увек оправдани и спроводиви. За дефинисање специфичних и строгих еколош-

¹ Екохидрологија – проучавање утицаја хидролошких процеса на динамику живих организама.

² Хидроекологија – екологија водених организама: на дну (бентос), пасивно лебдећи (фитоплантон и зооплантон), причвршћене за плутајуће предмете (перифитон), активно пливајући (нектон – рибе), на површини (неустон), водене биљке (макрофите), водени бескичмењаци (макроинвертебрати – ларве, пијавице, црви...), водоземци, гмизавци и др.; мерење и праћење специфичних физиолошких, биохемијских и молекуларних биомаркера.

³ Фитоекологија – екофизиологија биљака и проучавање биолошке разноврсности у циљу дефинисања ограничења животне средине и разматрања одговора биљних врста на деградацију станишта.

⁴ Зооекологија – екофизиологија животиња и истраживање биолошке разноликости у циљу дефинисања ограничења животне средине и разматрања одговора животињских врста на деградацију станишта.

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд
621.311.24
620.92
БОЖИЋ, Иван, 1977-
Обновљиви извори енергије : мале хидроелектране / Иван О. Божић. - 1.
изд. - Београд : Универзитет, Машински факултет, 2022 (Београд :
Planeta-print). - 313 стр. : илустр. ; 24 cm
Тираж 150. - Библиографија уз свако поглавље.
ISBN 978-86-6060-123-2
а) Хидроелектране б) Обновљиви извори енергије

COBISS.SR-ID 70662921