

УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ



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 ANĐELKOVIĆ

B E L G R A D E 2 0 2 0

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 Сивановић

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
VLANAN KARAMARKOVIĆ, RADE KARAMARKOVIĆ, MILOŠ NIKOLIĆ, NENAD STOJIC	
The impact of small hydropower plants on the sustainable development of the Republic of Serbia	66
БРАНИСЛАВ В. ЋОРЂЕВИЋ	
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, СИНИША 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	225
Неслагање са појединим закључцима Организационог одбора симпозијума „Утицај малих хидроелектрана на животну средину“	228

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 Међуодељењски 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 уврштене 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 оградила од опште формулисаних закључака, што је такође дато у оквиру ове публикације.

У Београду, 20. новембра 2019. године

Академик Марко Анђелковић

СИМПОЗИЈУМ

УТИЦАЈ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА ЖИВОТНУ СРЕДИНУ

Можда се разлог једног дела проблема данашњег човечанства може сагледати у уџбеничкој сентенци која каже да је *Homo sapiens* једина органска врста на Земљи која свесно, осмишљено и наменски користи ресурсе из свог окружења и активно прилагођава средину својим потребама. Условно речено, „напредак“ на том плану кретао се од нивоа када се човек плашио природе, осећајући се изузетно слабашим у односу на њену моћ, чије испољавање није могао предвиђати и контролисати, до нивоа када је помислио, односно поверовао да влада природом, неопрезно и убрзано „прескочивши“ фазу спознаје да је он сам део природе те да му је најбоље да буде у хармонији са својим природним окружењем. Са експоненцијалним порастом броја људи на нашој планети и напретком технологије рапидно је растао обим коришћења природних ресурса, што је, узрочно-последичном везом пратило и нарушавање природне средине. Тај процес је неконтролисано прогредирао, док није достигао ниво који превазилази границе самообновљивости одређених екосистема, што има за последицу девастирање природне средине. Савремени ниво развоја науке и технологије пружа моћ којом може да се очува или, пак, уништи све оно што волимо и што нам је драгоцено. По свој прилици, по први пут је у историји човечанства да опстанак целе људске врсте може да зависи од одлука једног јединог покољења. Питање је да ли ће човек бити довољно mudar да уравнотежи своја научна сазнања и технолошке могућности са природним закономерностима пре него што злоупотреби сопствену моћ и изазове још веће негативне неправљиве промене у свом природном окружењу.

Овакав свеобухватни сценарио у великој мери укључује и догађања везана за производњу различитих видова енергије, шта више, можда је тај аспект људског деловања најилустративнији у односу на протекло, садашње и евентуално будуће девастирање нашег природног окружења. Наиме, несумњиво да је развој људске цивилизације непрекидно био спрегнут и позитивно корелисан са способношћу људи да производе енергију која им је неопходна како за задовољавање елементарних потреба, тако за подизање општег цивилизацијског нивоа. Та спрега између производње енергије и развоја људског друштва досегла је ниво на коме је енергија постала императив опстанка савременог људског друштва на постојећем цивилизацијском и техничко-технолошком нивоу. Цивилизацијско-технолошка зависност

савременог човечанства од енергије и чињеница да савремена техничко-технолошка решења за производњу енергената и енергије неминовно, на себи специфичан начин, доприносе даљем девастирању природне средине у нескладу су са опредељењима везаним за одржив развој и очување природне средине на Земљи. Како опредељења о одрживом развоју и очувању и унапређењу природне средине нису мотивисана академским алтруизмом, већ су инаугурисана као императив за очување постојећих људских друштава, па, у крајњој инстанци, и саме врсте *Homo sapiens*, то уочена контрадикторност захтева хитна решења. У тој „хитности“, несвесно или свесно, ненамерно или намерно, оправдано или неоправдано, промовишу се и спроводе у праксу решења која у основи не смањују проблем већ га мултиплицирају путем диверсификације.

Како је доминантан вид енергије који се данас користи електрична енергија, то је за очекивање да ће се у сфери производње електричне енергије појавити одређени аспекти из проблематике на нивоу напретка људске цивилизације и угрожавања постојећих екосистема и биодиверзитета. Ова генерално присутна глобална ситуација, уз одређене специфичности, присутна је и у Србији, посебно сада у оном делу где се ради о трагању и/или увођењу могућих нових тзв. обновљивих извора енергије, у одсуству потпуне јавно доступне информације о њиховом утицају на природну средину и живи свет. Стога је проблем задовољења све већих потреба за електричном енергијом уз истовремено очување природне средине, биодиверзитета, обрадивог земљишта и свега оног што нам даје шансу за опстанак и развој, изузетно актуелан и незаобилазан у тренутку када као друштво и држава морамо да дефинишемо многобројне дугорочне правце деловања који су од државотворног и националног значаја.

Ценећи да је широка глобална проблематика у вези са природном и животном средином од посебног значаја за наше друштво са политичког, економског и етичког аспекта, Српска академија наука и уметности основала је пре скоро 50 година (1972. године) Међудодељењски одбор „Човек и животна средина“, који данас ради под називом Академијски одбор „Човек и животна средина“, са задатком бављења проблематиком заштите и унапређења животне средине. У вези с тим, велико ми је задовољство да вам се обраћам у својству актуелног председника наведеног Академијског одбора, чији су чланови и сарадници, на основу студиозног разматрања актуелног, све интензивнијег тренда изградње малих, претежно деривационих, хидроелектрана предложили и адекватно образложили потребу за одржавањем симпозијума посвећеног проблематици утицаја на природну и животну средину градње и експлоатације малих хидроелектрана. Та иницијатива подржана је од стране релевантних тела Српске академије наука и уметности, те су се тако стекли сви услови за организацију, као и

данашњу реализацију симпозијума „Утицај малих хидроелектрана на животну средину“.

Одржавање овог симпозијума још један је од бројних показатеља и доказа да је Српска академија наука и уметности од свог постанка, па до данашњих дана настојала да активно прати и учествује у решавању актуелних проблема општег цивилизацијског и/или националног значаја. Сматрамо да је прави начин присуства и деловања Српске академије наука и уметности у нашем друштву да кроз што активнији рад својих одељења и одбора, путем организовања различитих видова научних и стручних окупљања, обезбеђујући својим друштвеним угледом и научним ауторитетом висок ниво рада на њима, перманентно јавно износи аргументоване ставове и предлоге за решавање актуелних проблема у нашем друштву и држави, односно у свим сферама битним за њихов опстанак и развој.

Поред излагања позваних предавача, очекујемо и значајан допринос раду скупа кроз панел-дискусију, кроз слободну размену аргумената у прилог, или против ставова који буду изнети у ауторским излагањима. Текстови изложених реферата, ауторизовани текстови дискусија и закључци скупа биће публиковани у виду монографије. Уверен сам да ће организовање и рад овог научног скупа бити у складу са традиционалним квалитетом рада Академијског одбора „Човек и животна средина“, као и да ће оправдати поверење које је указано од стране Српске академије наука и уметности.

У Београду, 6. маја 2019. године

Академик Марко Анђелковић

УТИЦАЈ ДЕРИВАЦИОНИХ МАЛИХ ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА ЗАЈЕДНИЦЕ РИБА И ДРУГИХ АКВАТИЧНИХ ОРГАНИЗАМА ЕКОСИСТЕМА ПЛАНИНСКИХ РЕКА РЕПУБЛИКЕ СРБИЈЕ

ПРЕДРАГ СИМОНОВИЋ*

С а ж е т а к. – Србију одликује мали прилив падавина, са малом количином домицилних вода које чине махом бујични водотоци неуједначеног протицаја, са израженим поводњима и поплавним таласима, веће густине речне мреже са мањим протицајима у водоцима на подлози од серпентинитских и магматских стена у односу на кречњачку подлогу. Њихов водни режим је нивално-плувијални, са максимумом водостаја крајем пролећа и минимумом крајем лета и почетком јесени, као и са честим летњим поводњима због локалних непогода. У заједницама риба горњег и средњег ритрона планинских и брдско-планинских река у Србији доминирају пастрмске врсте (f. Salmonidae), са изразито великим и због њихове посебности изразитим конзервационим значајем у европским и светским размерама. У том погледу, највише је проучена и истиче се поточна пастрмка *Salmo cf. trutta* L., 1758, као и младица *Hucho hucho* (L., 1758), која је глобално угрожена врста (EN), за коју је изградња хидроенергетских постројења главни угрожавајући фактор. Закључак донесен на основу тренутно доступних података о структури заједница екосистема планинских река и стању фонда поточне пастрмке након изградње и почетка експлоатације деривационих малих хидроелектрана непобитно говори о њиховом изразито штетном утицају на пастрмски фонд и екосистем планинских река у целини. Овакав очекивани утицај прва је потврда немогућности да се формалним, законом предвиђеним мерама негативни ефекти конструкције и експлоатације деривационих малих хидроелектрана ублаже због самих одлика тих екосистема, како абиотичких (водни режим, пре свега), тако и биотичких, и аутеколошких – еколошких одлика поточне пастрмке као врсте, и синеколошких одлика структуре и динамике акватичних заједница, посебно риба у њима, и нарочито поточних пастрмки као најизразитијих и најбоље проучених елемената екосистема планинских река. Те одлике одређују динамику функционисања екосистема чије су потребе у погледу воде као основног ресурса и других ресурса који су водним режимом условљени дијаметрално супротне задовољењу потреба режима рада малих хидроелектрана водом као извором енергије. Ово недвосмислено упозорава на вишеструке негативне последице

изградње и експлоатације малих хидроелектрана по екосистеме планинских река, а посебно на оне популације поточне пастрмке које имају изразит биолошко-конзервациони значај.

Кључне речи: поточна пастрмка, планинске реке, динамика екосистема, биолошко-конзервациони значај

УВОД

Србија има меридионални положај у централном делу Балканског полуострва, једног од четири медитеранска јужноевропска полуострва; само својим северним делом залази у средњоевропску регију. Геополитички, одређују је као земљу југоисточне Европе и западног Балкана. Претежно је брдско-планинска земља, са малом годишњом количином падавина неравномерне просторно-временске расподеле и рељефом као главним природним хидролошким факторима. С обзиром на умерену континенталну климу нижих, брдско-планинских делова северног дела централне Србије, количина атмосферских вода је целе године мала, са максимумом крајем пролећа. У планинским подручјима, на вишим надморским висинама сразмерно малог подручја простирања преовладава планинска-алпијска клима и утицај обилних снежних падавина и снежнице на хидролошке одлике река ту је знатан. Осим географског положаја, рељефа и експозиције, на климу Србије утичу и продори поларних и суптропских ваздушних маса који могу донети и влажне и суве периоде. Просечна годишња количина падавина у Србији износи 734 mm, што представља 36,5% у односу на годишњи просек падавина Црне Горе [1]. Годишња количина падавина у Србији опада по градијенту запад–исток, са стопом опадања од $1,11 \text{ mm km}^{-1}$ воденог талога [2]. Територија Србије садржи површинске воде које припадају трима сливовима: Црноморском, површине $81,703 \text{ km}^2$ (92,4% територије); Јадранском, површине $4,732 \text{ km}^2$ (5,4%) и Егејском, површине $1,926 \text{ km}^2$ (2,2% територије). Годишња количина сопствених вода Републике Србије износи $5,83 \times 10^2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ или $1,84 \times 10^2 \text{ km}^3$, док транзитне воде Дунава и његових притока проносе кроз Србију додатних $5,85 \times 10^3 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ или $1,85 \times 10^5 \text{ km}^3$ воде годишње [3]. Од домицилних вода, у централној Србији има $4,16 \times 10^2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, што даје $1,31 \times 10^2 \text{ km}^3$ воде годишње [1]. То говори о ограничениости домицилних вода, по чему су у Европи само Холандија, Белгија, Мађарска, Пољска, Чешка и Словачка сиромашније од Србије. Годишњи протицај јако је неуједначен и обилује поводњима и поплавним таласима на претежно бујичним водотоцима. Густина речне мреже најмања је у подручјима кречњачке и лесне подлоге, а највећа на подлози сачињеној од серпентинита и магматских стена [2]. За целу територију централне Србије процењена је на 870 m km^{-2} , са око $48,5 \times$

10² km водотокова. Брдско-планинска подручја Србије са кречњачком подлогом обухватају 8,5% територије Србије и одликују их безводне површи, без извора и водотокова и дубоко усечене речне долине кањонског типа, са изворима. Водотокове на серпентинитима и магматским стенама одликује густа речна мрежа (преко 1.500 m km⁻², са максимумом од 3.492 m km⁻² у изворишту Рибнице, слив Ибра), али незнатних протицаја. Бујични карактер водотока најизразитији је у сливу Јужне Мораве, где однос апсолутног минималног и максималног протицаја износи 1:1775 са највећим односом код Биначке Мораве од 1:7240, док је код великих водотокова као што су Дунав, Сава и Тиса тај однос мањи од 1:30 [2]. За акватичне екосистеме, најважнија хидролошка одлика река је трајање појединих фаза водног режима: великих вода са великим протицајима и малих вода, са малим протицајима. У брдско-планинским воденим екосистемима, на максимум великих вода и трајање највише утичу топљење зими акумулираног снега и леда које даје снежницу, у нашем поднебљу током пролећа, или сочницу, у алпијским пределима током лета. У нижим, брдским подручјима, поред овога, некад се јавља и други максимум настао с јесени и током зиме због обилних кишних падавина. Поред ових великих вода, кишни поводњи настали у периодима малих вода лети или зими услед изненадних обилних падавина могу повећати краткотрајно водостај на појединим деловима слива, локално или дуж токова. Највећи број планинских река у Србији има нивално-плувијални режим тока, са максимумима водостаја у марту и априлу и минимумима у августу и септембру.

Заједнице риба у акватичним екосистемима текућих вода – река централне Србије у планинским биомима разликују се прилично мало у појединим рекама и у појединим подручјима. Програми управљања рибарским подручјима у Србији садрже детаљне податке о структури тих заједница, али је релативно мали број доступне научне еколошко-биоценолошке литературе [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14], вероватно због локалног или регионалног значаја ових истраживања. Истраживања карактеризације заједница риба рађена су применом Еколошког индекса E_i [15] који се показао прецизним у погледу раздвајања основних типова заједница риба дуж речних токова и конзистентности у карактеризацији очекивано сличних заједница из различитих водотокова. На бази тог индекса су и све заједнице планинских река које припадају типу горњег ритрона поређене. Детаљно објашњење израчунавања E_i може се погледати у [12].

Основни циљ овог рада је да се на основу расположивих података о стању фонда риба, пре свега поточне пастрмке у заједницама планинских река које су под тренутном експлоатацијом малих хидроелектрана (МХЕ) утврде стварни ефекти њиховог рада. Поред тога, на основу познатих чињеница о биологији поточне пастрмке, у овом раду размотрени су очекивани

ефекти МХЕ на фонд те врсте. Коначно, покушано је ради целовите слике о стању конзервационо значајних фондова поточних пастрмки да се сагледају укупни ефекти деловања осталих угрожавајућих фактора у спрези са деловањем и са ефектима МХЕ јер су у појединим студијама они представљани благотворним или неутралним, без документовања реалним показатељима.

ДИВЕРЗИТЕТ У ЗАЈЕДНИЦАМА РИБА БРДСКО-ПЛАНИНСКИХ РЕКА

Поточна пастрмка *Salmo cf. trutta* Linnaeus, 1758 најизразитији је представник заједница горњег ритрона у планинским и брдско-планинским текућим водама Србије. Многе мање текуће воде планинских биома, посебно у изворишним деловима – водотоцима првог и другог реда садрже у себи само поточну пастрмку. Са повећањем волумена – ширине и дубине водотока расте и број врста у заједници, па се уз поточну пастрмку јављају и пеш *Cottus gobio* L., 1758 као најчешћи пратилац, а затим и бркица *Barbatula barbatula* (L., 1758), пијор *Phoxinus phoxinus* (L., 1758) и поточна мрена *Barbus balcanicus* Kotlík, Tsigenopoulos, Ráb & Berrebi, 2002. Станишта заједнице горњег ритрона услед снажног градијента тока, тј. великог пада од преко 5% одликује стеновито и каменито дно у брзацима са ретким, мањим шљунковитим или стеновитим вировима, обично у оквиру терестричних биома планинских шума и само на вишим надморским висинама у оквиру биома високопланинских ливада и рудина. Вода је хладна (4–12°C), богата раствореним кисеоником (10–16 mg l⁻¹), без знатнијег органског оптерећења, само изузетно слабо киселе до неутралне реакције (pH 6.5–7.0), обично слабо базне реакције (pH ≤ 8.5) и са минералним саставом зависим од типа подлоге по којој теку, са проводљивошћу од 60 до 100 μS cm⁻¹ на серпентинитима, од 100 до 250 μS cm⁻¹ на магматским стенама, до преко 400 μS cm⁻¹ на кречњачким подлогама. Проводљивост је снажно корелисана са продукцијом, посебно преко брзине и интензитета индивидуалног раста поточних пастрмки, с тим да и сви остали еколошки фактори станишта (величина, температура воде, pH) синергијски утичу на продуктивност фонда пастрмки у појединим рекама [16]. У даљим низводним секцијама водотокова вишег реда са повећањем величине водотока и смањењем градијента тока, заједнице горњег ритрона полако прелазе у заједнице средњег ритрона у којима претходне врсте поступно смењују клен *Squalius cephalus* L., 1758, плиска *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782), кркуша *Gobio gobio* (L., 1758) и вијуни *Cobitis elongata* Heckel & Kner, 1858, *C. elongatoides* Bacescu & Mayer, 1969 и *Sabanjevia aurata* (de Filippi, 1863). У бржим секцијама велики удео у заједници и даље има поточна мрена која је често у синтопији са скобаљем *Chondrostoma nasus* (L., 1758) и малим вретенаром *Zingel streber* (Siebold,

1863), а у већим долинским рекама и у симпатрији са мреном *Barbus barbus* (L., 1758), плотцом *Rutilus pigus* (Lacépède, 1803), липљеном *Thymallus thymallus* (L., 1758) и младицом *Hucho hucho* (L., 1758).

Аутохтони диверзитет поточне пастрмке у Србији мапиран је у доброј мери, уз употребу првих 580 bp (5' крај) контролне регије митохондријске ДНК (CR mtDNA) као молекуларног маркера. Према [17], аутохтоне поточне пастрмке из три слива Србије припадају двома хаплогрупама-молекуларним линијама [18]: дунавској (DA) и јадранској (AD). Оригинално, поточне пастрмке DA линије *S. cf. labrax* (Pallas, 1814), настањују реке Црноморског слива, а пастрмке *S. macedonicus* Karaman, 1924 и *S. farioides* Karaman, 1938 AD линије живе у рекама Егејског и Јадранског слива, респективно. Глава-тица *S. marmoratus* Cuvier, 1817 постоји само у реци Мируши у Метохији [19, 20]. У највећем делу Дунавског слива, код поточне пастрмке као аутохтон доминира широко распрострањен Da1 хаплотип (приступни број (#) у GenBank #AF32200). У популацијама где постоји риболовна атрактивност значајно је нарушеног карактера неодговарајућим корисничким и административним управљањем [11, 21]. Порибљавање се врши неодговарајућим материјалом, без постојања и намере увођења контроле материјала за порибљавање и ефективне обавезе корисника да га врше на одговарајући начин. Опет, бројне популације у тешко доступним планинским областима још увек имају чисте популације поточне пастрмке Da1 хаплотипа, па тиме и знатан конзервациони значај. У Србији у изолованим популацијама постоје поточне пастрмке посебних DA хаплотипова великог конзервационог значаја. Неки имају предачки карактер: Da*Vr (#DQ318125) из изворишног дела Врле, Da*Dž (#DQ318124) из горњег тока Џепске реке (слив Јужне Мораве) и Da-s6 (#JF795537) из изворишних огранака Топлодолске реке (слив Нишаве) [18, 22]. У изворишном делу Власине налази се савремени, изведени и јединствен хаплотип Da*Vl (#DQ318123) великог конзервационог значаја. Последњи такав јединствен хаплотип Da23c (#KC630984) изведеног карактера откривен је у изворишним деловима Црног Тимока [23] и у Кожици, Златици, Малој Бољетинској реци, Замни и Вратни које се у подручју Ђердапске клисуре уливају у Дунав [24]. У оквиру AD линије, у сливу реке Божице, притоке Струме, где је широко распрострањен изведени хаплотип Adcs1 (#AY836330), откривен је јединствен хаплотип Ad*Bož (#DQ318128) предачког карактера, у реци Трипушници у изворишном делу Пчиње и у Призренској Бистрици нађен је изведени хаплотип Ad*Prz (#DQ318129), а у Пећкој Бистрици изведени хаплотип Ad*Pe (#DQ318126), док је у сливу Белог Дрима широко распрострањен хаплотип Adcs11 (#AY836340). Конзервациони статус и мере заштите номиналних врста пастрмки разликују се у зависности од примењене методологије и скале процене, и од намене (табела 1).

Табела 1. IUCN (Г), глобални [47] и IUCN (Н), национални [48] конзервациони статус урађени по IUCN методологији, статус заштите установљен националном легислативом заштите природе (ЗЗП ПЗиСЗВ) [28] и рибарствене заштитне мере (НМЗиОРФ) [49] за поједине врсте риба у екосистемима планинских и брдско-планинских река (*, према [47], није препозната као номинална врста и није јој одређен глобални конзервациони статус; ‡, ендемичне за планинске реке Егејског слива)

Врсте	IUCN (Г)	IUCN (Н)	ЗЗП ПЗиСЗВ	НМЗиОРФ
<i>Salmo trutta</i>	LC	LR (nt)	ЗВ	Ловостај, минимална дозвољена дужина, дозвољен дневни улов, дневно трајање риболова
<i>Salmo cf labrax</i>	LC	LR (nt)	ЗВ	
<i>Salmo macedonicus</i> ‡	DD	LR (nt)	ЗВ	
<i>Salmo farioides</i> *	NE	LR (nt)	ЗВ	
<i>Thymallus thymallus</i>	LC	LR (lc)	ЗВ	
<i>Hucho hucho</i>	EN	VU	ЗВ	Трајни ловостај
<i>Salmo marmoratus</i>	LC	EN	СЗВ	
<i>Oxynemacheilus bureschi</i> ‡	LC	DD	СЗВ	
<i>Barbus strumicae</i> ‡	LC	DD	СЗВ	

И липљен и младица, представници заједница средњег ритрона, представљени су на подручју Србије аутохтоним популацијама јасно диференцираним у оквиру Европе [25, 26]. Младица је глобално угрожена врста. Њен историјски ареал распрострањења већ је драстично смањен изградњом хидроелектрана и њене популације у Србији свуда су у опадању [27]. Младица и липљен у горњем току Ибра на јужној су граници свог ареала распрострањења. Фонд младице и липљена у Србији специфичан је генетички и већ је угрожен преграђивањем Ибра, Лима и Дрине. Даља фрагментација станишта изградњом хидроелектрана било ког типа довела би временом до губитка њихове оригиналне генетичке структуре и до потпуног изумирања.

Осим риба, строго заштићене врсте животиња [28] у екосистемима планинских потока Србије су: видра *Lutra lutra*, водомар *Alcedo atthis*, водени кос *Cinclus cinclus*, белоушка *Natrix natrix*, рибарица *Natrix tessellata*, жутотрби мукач *Bombina variegata*, грчка жаба *Rana graeca*, као и три врсте једнодневки (Ephemeroptera), по осам врста камењарки (Plecoptera) и тулараша (Trichoptera) и две врсте ракова (Decapoda), а међу заштићеним врстама су седам врста вилиних коњица (Odonata), три врсте камењарки (Plecoptera), пет врста тулараша (Trichoptera) и једна врста једнодневки (Ephemeroptera).

ЕКОЛОШКЕ ОДЛИКЕ ВРСТА У ЕКОСИСТЕМИМА ПЛАНИНСКИХ РЕКА И УГРОЖАВАЈУЋИ ФАКТОРИ

Сви акватични организми екосистема планинских река имају сличне еколошке захтеве и одлике. Оптимум еколошких услова за њих представља вода малог органског оптерећења, ниске температуре (обично до 15°C) која је у стању да се брзо и снажно засити раствореним кисеоником до концентрације преко 10 mg l⁻¹, некад и до 16 mg l⁻¹. Поред температуре, важан предуслов остварења високог садржаја кисеоника је велики пад тока преко дна корита грубе гранулације којег чине стење и крупно камење у брзацима, са каскадама, слаповима и водопадима. Уз постојање ламинарних и турбулентних струја, преко велике контактне површине хладне воде и ваздуха врши се растварање кисеоника. Седентарни бентосни организми – пужеви, шкољке, акватичне ларве инсеката и рибе, поседују одговарајуће морфолошке (дорзовентрално спљоштено тело, здепаста грађа и снажни, масивни екстремитети и други органи за припијање за подлогу) и бихевиоралне адаптације за живот у воденој струји (избор микростаништа са повратним током или „мртвом водом“). Поточне пастрмке и друге вагилне врсте риба вретенастог тела (пијори, плиске) избором споријих ламинарних слојева воде на преливима и брзацима држе се у воденој струји током храњења, а утросак енергије оптимизују боравећи у деловима станишта споријег тока. За разлику од синтопских лито- и фитофилних шаранских врста (поточна мрена и пијор) које се мресте од средине или краја пролећа, поточне пастрмке мресте се током друге половине јесени и зиме. Тада су у рекама нивално-плувијалног режима водостај и проток најстабилнији и најумеренији при зимском малом водостају, а опстанак положене икре и изваљене млађи највероватнији. Ембрионални период онтогеније са фазама оплођене икре, ембриона *in ovo* и изваљеног, слободног ембриона најосетљивији је део животне историје поточних пастрмки. Током летњих минималних водостаја, једногодишња млађ поточне пастрмке у јувенилном је периоду живота и има морфолошке и физиолошке предуслове да се носи са смањеним нивоом кисеоника у загрејаној води и смањеним протоком воде у коритима река, као и са евентуалним летњим поводњима.

Аутохтоне поточне пастрмке западног дела Балканског полуострва и Србије карактерише монодромија – постојање искључиво резидентне, поточне (речне) форме која цео животни век проводи у истом станишту. Губитак миграторног инстинкта последица је изолације од морских басена, настале током дугог периода еволутивне историје у овом подручју. Дуж Црноморске обале у Бугарској и Турској одржале су се миграторне, морске пастрмке („црноморски лосос“) које улазе у реке да се мресте са резидентним поточним пастрмкама. У новије време, у планинским рекама Србије потврђено је присуство пастрмки АТ хаплогрупе, хаплотипа

At1 (#AF321990) карактеристичног за рибањачке, узгојне линије поточне пастрмке, па се према доступним подацима о порибљавањима сматра да су оне унете и да су алохтоне [21, 23]. Мрестом са аутохтоним поточним пастрмкама DA хаплогрупе врши се несметана интрогресија генома поточних пастрмки AT хаплогрупе [11, 21]. Тиме се доводи у питање очување генетичког интегритета носилаца аутохтоних хаплотипова DA хаплогрупе. Ова опасност додатно је изражена због одсуства миграторности и завичајног ефекта као механизма увећања ефективне величине популације и одржања оригиналне генетичке структуре [29, 30], а иначе својствених многим популацијама пастрмки AT и само појединим популацијама DA и AD [31] хаплогрупа. У одсуству тих регулационих механизма, смањење ефективне величине резидентних популација поточне пастрмке DA хаплогрупе због смањења физичког обима станишта услед хидротехничких конструкција изузетно је штетно.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

Подаци који су разматрани преузети су из научне и стручне литературе и добијени су методологијом описаном у изворним радовима. Подаци о стању пастрмског фонда (израженом у виду релативне биомасе исказане у kg km^{-1} речног тока) у појединим рекама Србије су из програма управљања – „риболовних основа“ и мониторинга управљања рибарским подручјима од 2003. године до данас. Они се према легислативи заштите и коришћења рибљег фонда раде за риболовне воде по уједначеној методологији узорковања. На основу њих, разматрани су ефекти рада МХЕ у риболовним водама Србије из периода пре (2003. и 2008. године) и након њихове изградње (2015. и 2018. године). Анализирани су као пресек („*cross-section model*“) стања за сваку реку, на истим местима узорковања обављених истоветно: електро-риболовом ходањем кроз речна корита, са риболовним напором у погледу дужине тока и времена рада пропорционалним ефекту улова, тј. стању рибљег фонда и обухватањем свих типова микростаништа планинске реке: брзака, вирова, прелива и лимана. И код река које су под утицајем деривација (Власина, Ресава и Јошаница) и код оних где није било изградње МХЕ (Расина, Ломница и Злотска река) у периоду сакупљања података утврђени су трендови кретања вредности исказани кроз вредности корелационих коефицијената (параметарског Pearson-овог, r и непараметарског Spearman-овог, ρ рађеног због малог броја доступних опажања вредности биомасе), као и интензитет зависности линеарном регресијом преко регресионих коефицијената ($b \pm SE_b$), а онда су t тестом међусобно упоређени. Све анализе рађене су у статистичком програму R верзија 3.4.3 („Kite-Eating-Tree“) на x86_64-apple-darwin15.6.0 платформи.

ЕФЕКТИ ИЗГРАДЊЕ И РАДА МИНИ-ХИДРОЕЛЕКТРАНА НА СТАЊЕ ПАСТРМСКОГ ФОНДА

Све реке на којима су испитивани ефекти изграђених МХЕ имају заједницу риба горњег ритрона ($E_i \leq 2$) са једном до пет врста риба и поточном пастрмком као једином или доминантном врстом (табела 2). Злотска река имала је 2003. године у заједници и врсте типичне за средњи ритрон: клена, кркушу и плиску и представљала је прелаз ка средњем ритрону Црног Тимока у који се улива. Међутим, у заједници су још увек били доминантни поточна пастрмка, пијор и пеш који су допринели горњоритронској карактеризацији рибљег насеља Злотске реке.

Табела 2. Карактеризација заједница екосистема планинских река са вредностима еколошког индекса E_i и индикацијом постојања мини-хидроелектрана (МХЕ) на њима (–, одсутне; +, појединачно присутне; +++, присутне у већем броју дуж тока; звездаца поред имена реке означава конзервационо значајну популацију поточне пастрмке) и коефицијентима корелације (r , Pearson-овог и ρ , Spearman-овог) и линеарне регресије (b – коефицијент регресије, SE_b – стандардна грешка коефицијента регресије) утврђене релативне биомасе на рекама са изграђеним МХЕ и без њих.

Река	МХЕ	Број врста	E_i	r	ρ	$b \pm SE_b$
Власина*	+++	1	1	-0.837	-0.5	-2.18 ± 1.418
Ресава	+	2	1.1	0.339	0.5	1.74 ± 4.842
Јошаница	+++	3	1.3	-0.070	0.4	-0.22 ± 2.232
Расина	–	4	1.5	0.951	0.8	4.47 ± 1.029
Ломница	–	1	1	0.934	1.0	2.72 ± 0.734
Злотска*	–	5	1.6	0.832	0.9	1.74 ± 4.842

Код система од неколико МХЕ на истој планинској реци, низ међусобно мање-више изолованих басена стајаће воде са цевима и кратким деоницама текуће воде значајно се разликује од непрекинутог тока воде кроз ненарушено корито природног станишта тог екосистема. Измене у режиму тока од суштинског су значаја за акватичне организме [32, 33]. Физичко-хемијске (температура, дубина, рН, хемизам, електропроводљивост, провидност и др.) и биолошке одлике (структура заједница живог света, доступност, квалитет и количина хранљивих материја и др.) стајаћих и текућих вода и њихових обала пуно се разликују, као и одлике станишта [34] и заједнице [35] дуж појединачних токова које се по одређеној правилности смењују од извора до ушћа. Подаци из програма управљања говоре о повећању фонда пастрмке на рекама на којима нису изграђене деривационе МХЕ (слика 1). Насупрот томе, на рекама где су МХЕ изграђене, евидентан је велики пад (и до 80%) биомасе поточне пастрмке. Подаци о количини поточне пастрмке узети су са истоветних тачака узорковања, како би били поредиви за период пре (2015. године) и после почетка изградње и експлоатације МХЕ. Једино на Јошаници, где је изграђено 15 МХЕ у низу, последњи узети узорци ихтиофауне нису преузети са претходно коришћених локалитета узорковања узводно од Јошаничке бање, већ низводно од ње. То је вероватно разлог приказаног удвостручења биомасе поточне пастрмке на овој реци од 2016. до 2017. године. И поред тога, биомаса поточне пастрмке у Јошаници 2017. године више је него двоструко мања у односу на 2008. годину, пре изградње МХЕ. Имајући у виду какви су ефекти МХЕ на изворишним деловима Владине, где је од некадашњег стајаћег фонда поточне пастрмке остало једва око 20%, вредност фонда поточне пастрмке у Јошаници процењена мониторингом 2016. године узводно од Јошаничке бање далеко реалистичније приказује ефекат МХЕ. Иако се ради о релативно малом броју података, општа присутност тренда опадања биомасе поточне пастрмке (исказаног коефицијентима корелације, табела 2) не даје простор за другачији закључак јер је зависност опадања биомасе од утицаја МХЕ утврђена линеарном регресијом потврђена статистичком значајношћу разлике ($t = 2.307$, $df = 4$, $P < 0.05$) између река где није било изградње МХЕ ($b = 2.98 \pm 1.323$) и оних где је било ($b = -0.22 \pm 1.131$). Велика одступања од уобичајеног водног режима (нпр. она из 2014. године) или антропогени утицаји (нпр. криволов или загађење) могу имати сличан утицај на фонд поточне пастрмке, али су били приближно исти у посматраном периоду и нису имали знатнији утицај, што се види по кретању вредности биомасе пре изградње МХЕ. Показатељи параметара станишта (температуре воде, електропроводљивости, количине раствореног кисеоника и рН вредности) били су у том периоду исто уједначени. Једина изразита промена која се тада догодила је изградња водозахвата и деривација воде из корита планинских река којима је преки-

нуто кретање риба и смањена величина и нарочито квалитет њима доступ-
ног станишта.



Слика 1. Релативна биомаса поточне пастрмке (из Програма управљања рибарским подручјима, изражена у kg km^{-1} речног тока) у периоду пре (2003. и 2008. година) и након изградње и пуштања у рад мини-хидроелектрана (2015–2016. година) на екосистемима планинских река Србије (пуном линијом приказане су планинске реке са изграђеним мини-хидроелектранама, а испрекиданом реке без мини-хидроелектрана; звездица поред имена реке указује на велики конзервациони значај њеног пастрмског фонда као носиоца CR mtDNA хаплотипа специфичног само за ту реку)

Показане промене у погледу биомасе поточне пастрмке не дају чврсто упориште оцини да хидроенергетска постројења на две мале планинске реке у Парку природе „Голија“ немају негативан утицај на поточне пастрмке [36]. Аутори утицај МХЕ оцењују позитивним, тиме што тврде да ће: „... ши-ролки захваи узроковати локални усјор који неће имати уициј на режим шока ... и на сирукиру врсиа хидробиоценоза, већ ће уицијати да се повећа број оранизама који преферирају мирнију сирују и ишчано и муљевито дно“, те да ће „образовање релативно веће површине акумулиране воде обезбедити погодна станишта за крупне пастрмке, док је завршени део успора погодно мресно подручје (погрешно наведене врсте) поточне пастрмке“. Осим што је немогуће да се повећа број било којих организама а да се не промени структура акватичних биоценоза, песковито и муљевито дно у планинским рекама изузетно су ретке, па су њихове акватичне заједнице малобројне и нису распрострањене дуж планинских река. Стога те заједнице и станишта

где живе не представљају иоле значајан хранидбени ресурс, па је очекивање крупних пастрмки само због дубине воденог станишта код тиролског захвата (најблаже речено) нереално. Брзина раста пастрмки изразито је зависна од количине раствореног кисеоника, хемизма воде и количине нутријената који условљавају продуктивност станишта у погледу њихове хране [17]. Надаље, пастрмке се не хране ријући по песковито-муљевитом дну, већ активно хватајући плен у воденој струји на местима где вода доноси храну, по правилу на разливима мање дубине [17]. Та места могу бити при дну, у воденом стубу или на површини воде у зависности од типа хране који је тренутно најдоступнији, на местима где троше најмање енергије да је ухвате. Очекивање добитка са успором тока у виду мресних подручја песковите подлоге такође је погрешно. Поточне пастрмке мресте се правећи трла на шљунковито-каменитој подлози, на релативно малој дубини и у уједначеном, мирном току глатких прелива, при стабилном и умереном водостају. На крају, у раду о коме је реч не разматра се сам утицај деривације на смањење величине-дужине доступног станишта, као и на квалитет станишта у коме ће низводно од деривације поточне пастрмке бити. Исти је однос и према тврдњи: „... бројност и биомаса пастрмке била је већа у делу тока који је био под утицајем биолошког минимума у односу на део тока који није био под овим утицајем“, као и да је „бројност и биомаса пастрмке била већа у односу на период 2013. на истом делу реке, а који тада није био под утицајем биолошког минимума МХЕ „Поречје“, јер она тада није била изграђена“ [37]. Аутори објашњавају наведено чињеницом да смањење брзине тока бујичавих река у делу тока под биолошким минимумом више погодује јединкама пастрмке да се хране и да мање троше енергију за одржавање у (воденој) струји, закључујући да такве преграде имају позитиван утицај на „одрживост популација поточне пастрмке, али и других пратећих врста риба“. Иако се показало да модификације станишта којима се увећава њихова сложеност и разноврсност могу повећати индивидуални раст, продукцију и убрзати стицање полне зрелости поточне пастрмке при константној густини популације (што подразумева константан проток) [38], став о већој биомаси у мањој количини воде у деловима тока паралелним деривацији не делује веродостојним. Деривација не искључује бујицу; ако поводањ наиђе, све преко капацитета прихвата деривационе цеви одлази у корито реке као бујични талас, па нема разлике у погледу утрошка енергије. У следећем ставу, предвиђа се да услед нефункционалности постојеће рибље стазе узводне МХЕ „Ланиште“ „може доћи до пада биомасе поточне пастрмке, оптимално (!!!) 15%, а максимално 25% у односу на садашњу“ и предлаже „адекватно порибљавање ради надокнађивања предвиђеног губитка биомасе“ [37]. Имајући у виду одсуство миграторног инстинкта резидентних поточних пастрмки и несврсисходност рибљих стаза за отклањање ефеката деривације воде код МХЕ, јасно је да су разло-

зи очекиваног пада бројности физичко смањење станишта и количине воде доступне у њему. Рибарствена биологија не познаје појам „оптималног пада биомасе“ рибљег фонда, укључујући и фонд поточне пастрмке. У наставку „студије“, предлаже се да се тај очекивани пад бројности поточне пастрмке ублажи „адекватним“ порибљавањем (што је типично за многе студије процене утицаја), иако се зна да је то нереално и неоствариво јер се у предвиђени „биолошки минимум“ или у празно, безводно корито реке дуж деривације не може унети иста количина поточне пастрмке као пре изградње МХЕ, нити постоји материјал за адекватно порибљавање, посебно кад су у питању конзервационо вредни јединствени хаплотипови. Процена ризика од уноса алохтоних линија поточне пастрмке из узгоја на основу најбоље доступне светске конзервационе праксе имплементираних у рибарствено управљање [21] наглашава опасност од потенцијалног губитка аутохтоних хаплотипова-носилаца биодиверзитета. До овога је већ долазило на нашим пастрмским рекама (Градац, Јерма, Џепска река) услед несметаног укрштања (тј. потпуног одсуства репродуктивне изолације) између поточних пастрмки оригиналних, специфичних хаплотипова са интродукованим, доместификованим, алохтоним хаплотиповима [10, 11, 21, 39]. Стога никакве рибарствене мере као компензација штета по фонд поточне пастрмке због МХЕ не смеју имати примат над очувањем аутохтоног биодиверзитета, посебно на рекама без икакве риболовне атрактивности и јавно интересантног економског значаја.

МОГУЋНОСТИ УБЛАЖАВАЊА И КОМПЕНЗАЦИЈА НЕГАТИВНИХ ЕФЕКТА ДЕРИВАЦИОНИХ МИНИ-ХИДРОЕЛЕКТРАНА

Штета учињена изградњом хидроелектрана на планинским рекама не може бити ублажена изградњом рибљих стаза јер их ни поточна, ни македонска пастрмка, нити липљен и младица не користе. Све врсте пастрмки су територијалне и не поседују миграторни инстинкт [40]. Крећу се током дана у оквиру веома ограниченог простора у свом станишту, од места за скривање и одмарање до места за храњење, а сезонски се померају до оближњих погодних места за мрест. Друге врсте риба, нпр. скобаљи и мрене из средње-ритронских заједница у стаништима низводно од пастрмских делова планинских река могле би користити рибље пролазе, али ефикасност тих пролаза утврђена је само за миграције у делове водотока који се налазе узводно од брана. Ефикасност рибљих стаза за низводне миграције одраслих јединки и посебно млађи већине врста риба много је мања, изражава се једноцифреним процентима, и то не доприноси значајно добробити већине врста риба за које су изграђене. Да би миграторне врсте препознале улаз у рибљу стазу, она мора имати довољно јаку излазну струју воде („улазни

сигнал“) да би је рибе нашле, препознале и ушле у њу. То намеће потребу за јаким протоком знатне количине воде кроз рибљу стазу. Имајући у виду доступну количину воде планинских река нивално-плувијалног типа и потребе деривационих МХЕ за водом, одговарајући „улазни сигнал“ немогуће је обезбедити у очекиваном режиму експлоатације.

Приступ формалног испуњавања услова за изградњу хидроелектрана применом „еколошки прихватљивог протока“ („биолошког минимума“) не-одржив је за екосистеме планинских река које насељава поточна пастрмка са деривационим МХЕ. Сваки од пастрмских водотокова у Србији већ је на биолошком минимуму воде током већег дела године због мале географске ширине и надморске висине, мале количине атмосферских падавина и геолошке подлоге. Ако томе додамо нивално-плувијални годишњи водни режим и малу величину наших пастрмских водотокова погодних за живот пастрмки, одвраћање воде ван речног корита доводи у питање опстанак свих организама тог воденог станишта. У водотоковима севера Европе и Северне Америке, где је на пространој територији рељеф висок, а клима хладнија, пастрмски делови водотокова протежу се стотинама километара. На Балкану, пастрмске реке дуге су махом до двадесет километара због брзог загревања воде и промене свих других срединских услова неопходних за опстанак пастрмки и других врста заједнице горњег ритрона. Њихов животни простор у планинским рекама Србије је мали. Током еволутивне историје, пастрмке Балкана опстале су при постојећем годишњем водном режиму тако што се мресте током зиме, када је ниво воде низак и веома стабилан. У том периоду, енергетске потребе становништва (производња електричне енергије) су велике и очекује се да велики део воде која тече коритом пастрмске реке буде захваћен и спроведен до турбина. Измештање воде из речног корита у дужини од неколико километара у периоду мреста када поточне пастрмке имају повећано репродуктивно улагање оставило би трла са оплођеном икром на сувом и изазвало њихово угибање. У периоду летњег минимума, енергетске потребе су због масовне употребе расхладних уређаја и коришћење водног потенцијала такође велики. Животни циклус поточне пастрмке, која је тада у периоду сазревања полних жлезда и „наливања“ икре жуманцетом, изразито је зависан од количине доступне хране коју чине бескичмењаци фауне дна и инсекти. Они се у овом периоду размножавају и облицима понашања постају као храна доступни пастрмкама. То омогућава да пастрмке накупе резервну енергију коју ће уложити директно у метаболичке процесе синтезе жуманцета и у мрест. Одвраћање воде из корита изазвало би низводно од водозахвата пад продукције ларви водених цветова, камењарки, тулараша и других водених организама. Тиме би опстанак поточне пастрмке и других врста риба био угрожен и због пада природне продукције, и због промене њихове генетичке структуре (генетички дрефт, ефекат уског грла, губитак самосвојне хетерозиготности).

Сазнања о разноврсности поточне и македонске пастрмке у Србији [17, 18, 22, 23, 24] и о младици и липљену [25, 26] указују на снажну потребу за заштитом одређених планинских водотокова и њихово изузеће из грађевинских активности. Када се сагледа конзервациона вредност локалних популација свих врста пастрмки и немогућност умањења ефеката деривационих МХЕ рибљим стазама, изградња деривационих МХЕ на пастрмским рекама Балкана није могућа. Ово не значи да нема других прихватљивих решења за добијање дела обновљиве енергије из хидропотенцијала, али не на начин како је и на местима где је то сада планирано и рађено. Опредељење за деривационе МХЕ еклатантни је пример угрожавања екосистема планинских река у њиховим најузводнијим деловима због занемаривања међусекторске сарадње и доношења одлука без уважавања других релевантних интереса и потреба. Уз изградњу брана ради задржавања површинских вода за потребе водоснабдевања и неодговарајуће мере рибарственог управљања пастрмским фондом неодговарајућим порибљавањима без уважавања њиховог конзервационог значаја и очувања аутохтоног карактера, опредељење за МХЕ највише доприноси угрожавању оригиналне биолошке разноврсности и богатства пастрмског фонда. Поред конзервационе вредности, пастрмски фонд негде има и рибарствену вредност због велике риболовне атрактивности. То додатно говори у прилог очувању екосистема планинских река које поточне пастрмке насељавају. О значају биолошке разноврсности, не само еколошком него и економском, тек однедавно се у Србији пише и говори [41, 42], и форсирање порибљавања насупрот његовим доказаним негативним ефектима [21] може се објаснити само наметањем парцијалних економских интереса учесника порибљавања (израђивачи програма управљања, произвођачи материјала за порибљавање и концесионари пастрмских вода) и стављањем испред потребе очувања конзервационо вредних пастрмских популација [41]. Број строго заштићених и заштићених дивљих врста (и самих станишта) у Србији је велики [28], а многи од њих заштићени су и на међународном нивоу [43, 44]. Многе од локација на којима су МХЕ изграђене или планиране налазе се у подручјима која су већ заштићена, а у плану је проглашавање великог броја нових заштићених природних подручја. На стотинама планинских река планирана је изградња преко 850 МХЕ, а на многима је превиђена изградња више МХЕ у низу. У студијама утицаја на животну средину не узимају се на задовољавајући начин у разматрање ни ефекти појединачних брана, нити кумулативни ефекти узастопних акумулација и деривација воде на екосистеме планинских река, екотона на обалама и терестричних екосистема у окружењу, који су већи од простог збира њихових појединачних утицаја [32, 45]. Кумулативни ефекти могу се одражавати на изненађујуће великим удаљеностима од водозавхвата и брана [34]. Утицај већег броја малих хидроелектрана и пратећих водозавхвата може

бити већи од утицаја појединачних великих постројења, па се ради поредивости препоручује прорачунавање утицаја постројења по одабраној јединици произведене енергије – KW или MW [45, 46]. Приликом одлучивања о МХЕ деривационог типа на екосистемима планинских река главно тежиште мора бити на екосистемима, а затим на социолошким, културолошким, економским и други аспектима, са ангажовањем независних стручњака из свих неопходних области.

До сада су ратификовани многи међународни споразуми који се тичу заштите природе и уграђени у законе и подзаконске акте. Изградња појединих МХЕ и стварање деривација, посебно вишеструких за МХЕ у низу, промениће статус таквих водних тела у смислу одређења датог Оквирном директивом о водама ЕУ, од природног ка значајно измењеном. То ће снажно утицати на погоршан еколошки потенцијал у односу на оригинални, одличан еколошки статус ових екосистема за чије утврђивање, када су у питању референтне заједнице риба, постоје сви потребни подаци. Нажалост, општа свест о потреби очувања природе у Србији веома је ниска, тако да заштита животне средине и посебно природних вредности од највећег конзервационог значаја готово никад није у жижи разматрања при доношењу одлука у вези изградње МХЕ. То је неприхватљиво, јер постоје и други начини за добијање електричне енергије из обновљивих извора, док замене за изгубљене природне вредности од светског и националног значаја нема. Такви губици су неповратни и ненадокнадиви.

Захвалница

Захваљујем Драгани Пелевић и Бобану Стојановићу из Министарства заштите животне средине на приступу подацима о стању пастрмског фонда у риболовним водама утврђеном у текућем периоду коришћења рибарских подручја. Др Александар Хегедиш и др Соња Николић помогли су налажењем релевантних литературних извора, на чему им такође захваљујем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Душан Дукић, Љиљана Гавриловић, *Хидрологија*, Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, 2006.
- [2] Душан Дукић, *Воде СР Србије*, Београд: Српско географско друштво, Посебна издања 44, 1978.
- [3] Љиљана Гавриловић, Душан Дукић, *Реке Србије*, Београд: Завод за уџбенике, 2014.

- [4] Предраг Симоновић, *Ихтиофауна*, стр. 276–281, У: Стевановић, М. (ур.). „Дрина“. Београд – Српско Сарајево: Завод за уџбенике и наставна средства, 2005.
- [5] Предраг Симоновић, *Рибе Мораве*, стр. 213–223, У: Ненад Јовановић (ур.). „Морава“. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства, 2006.
- [6] Predrag Simonović, Bogosav Soldatović, Slavica Simović, Goran Marković, *Ecological characteristics of small river fish fauna: structure of fish communities*, Acta biologica Iugoslavica – Ichthyologia Belgrade, 1994, 26 (1), str. 13–23.
- [7] Predrag Simonović, Branislav Valković, *Contribution to the knowledge of ichthyofauna of the Mlava River (a tributary of the Danube) with an emphasis to the spawning pattern distribution of brown trout (Salmo trutta fario L., 1758)*, Acta biologica Iugoslavica – Ichthyologia Belgrade, 27 (1), str. 13–20, 1995.
- [8] Predrag Simonović, Branislav Valković, Zoran Ivković, *Further faunistic and ecological investigation of the lamprey and fish fauna of the Mlava River upper course*, Acta biologica Iugoslavica – Ichthyologia Belgrade, 28 (1), str. 15–24, 1996.
- [9] Predrag Simonović, Tamara Karan-Žnidaršič, Vera Nikolić, *Ichthyofauna of the upper course of Kolubara River and its tributaries*. Proceedings 36th International Conference of IAD, 2006, Austrian Committee Danube Research / IAD, Vienna, str. 168–173.
- [10] Predrag Simonović, Slavica Grujić, Vera Nikolić, *Implications of stocking with brood fish to management with resident brown trout stock in the Gradac River*, 2010, West Yellowstone, MT, USA: Proceedings of the Wild Trout Ten Symposium „Conserving Wild Trout“, 2010, str. 354.
- [11] Predrag Simonović, Danilo Mrdak, Ana Tošić, Dubravka Škraba, Slavica Grujić, Vera Nikolić, *Effects of stocking with brood fish to manage resident stream dwelling brown trout Salmo cf. trutta stock*, Journal of Fisheries Sciences, 8 (2), str. 139–152, 2014.
- [12] Predrag Simonović, Metka Povž, Marina Piria, Tomislav Treer, Avdul Adrović, Rifat Škrijelj, Vera Nikolić, Vladica Simić, *Ichthyofauna of the River Sava system*, str. 361–400, U: Radmila Milačić, Janez Ščančar, Momir Paunović (Eds.), *The Sava River. The Handbook of Environmental Chemistry*, 31, Berlin – Heidelberg: Springer – Verlag, 2015.
- [13] Predrag Simonović, Marina Piria, Tea Zuliani, Marija Ilić, Nikola Marinković, Margareta Kračun-Kolarević, Momir Paunović, *Characterisation of sections of the River Sava based on fish communities structure*, Science of the Total Environment 574, str. 264–271, 2017.
- [14] Predrag Simonović, Vladica Simić, Vera Nikolić, Saša Marić, *Various aspects of water status of the Danube River and its tributaries (the Sava, Tisa and*

- Velika Morava) in Serbia analyzed after the structure of fish communities assessed from the samples taken during the JDS2 expedition*, str. 241–265, U: Predrag Simonović, Vladica Simić, Snežana Simić, Momir Paunović (Eds.). *The Danube in Serbia – The Results of National Program of the Second Joint Danube Survey*. Belgrade, Kragujevac: Republic of Serbia, Ministry of Agriculture, Forestry and Water Management, University of Belgrade, Institute for Biological Research „Siniša Stanković“, University of Kragujevac, Faculty of Science, 2010.
- [15] Vitko Šorić, *Pollution of the Morava River (Danube basin, Serbia) and changes of the ichthyofauna under its influence*, Acta Biologica Iugoslavica – Ichthyologia Belgrade, 30, str. 51–70, 1998.
- [16] Predrag Simonović, Ana Marić, Dubravka Škraba Jurlina, Tamara Kanjuh, Vera Nikolić, *Determination of resident brown trout Salmo trutta features by their habitat characteristics in streams of Serbia*, Biologia, Section Zoology, 74, у штампџ, 2019.
- [17] Louis Bernatchez, *The evolutionary history of brown trout (Salmo trutta L.) inferred from phylogeographic, nested clade, and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation*, Evolution 55, str. 351–379, 2001.
- [18] Saša Marić, Simona Sušnik, Predrag Simonović, Aleš Snoj, *Phylogeographic study of brown trout from Serbia, based on mitochondrial DNA control region analysis*, Genetique, Selection, Evolution 38, str. 411–430, 2006.
- [19] Vitko Šorić, *Ichthyofauna of the Ohrid-Drim-Skadar system*, Acta Biologica Iugoslavica–Ichthyologia 22, str. 31–44, 1990.
- [20] Vitko Šorić, *The second contribution to the knowledge of the Metohija potamologic system*, Acta Biologica Iugoslavica–Ichthyologia, 24, str. 33–42, 1992.
- [21] Predrag Simonović, Zoran Vidović, Ana Tošić, Dubravka Škraba, Jelena Čanak-Atlagić, Vera Nikolić, *Risks to stocks of native trout of the genus Salmo (Actinopterygii: Salmoniformes: Salmonidae) of Serbia and management for their recovery*, Acta Ichthyologica et Piscatoria, 45 (2), str. 161–173, 2015.
- [22] Predrag Simonović, Ana Tošić, Dubravka Škraba, Vera Nikolić, Marina Piria, Tea Tomljanović, Nikica Šprem, Danilo Mrdak, Dragana Milošević, Azra Bećiraj, Radosav Dekić, Metka Povž, *Diversity of brown trout Salmo cf. trutta in the River Danube Basin of Western Balkans as assessed from the structure of their mitochondrial Control Region haplotypes*, Journal of Ichthyology, 57 (4), str. 603–616, 2017.
- [23] Ana Tošić, Dubravka Škraba, Vera Nikolić, Danilo Mrdak, Predrag Simonović, *New mitochondrial DNA haplotype of brown trout Salmo trutta L. from Crni Timok drainage area in Serbia*, Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 14, str. 37–42, 2014.

- [24] Ana Tošić, Dubravka Škraba, Vera Nikolić, Jelena Čanak-Atlagić, Danilo Mrdak, Predrag Simonović, *Haplotype diversity of brown trout in the broader Iron Gate area*, Turkish Journal of Zoology, 40, str. 655–662, 2016.
- [25] Saša Marić, Andrej Razpet, Vera Nikolić, Predrag Simonović, *Genetic differentiation of European grayling (Thymallus thymallus) populations in Serbia, based on mitochondrial and nuclear DNA analyses*, Genetics Selection Evolution, 43, str. 2, 2011.
- [26] Saša Marić, Andrej Razpet, Vera Nikolić, Aleš Snoj, Predrag Simonović, *Analysis of genetic structure of huchen (Hucho hucho) in Serbia inferred from mitochondrial and nuclear DNA*, Acta veterinaria, 64 (2), str. 236–244, 2014.
- [27] Joerg Freyhof, Steven Weiss, Avdul Adrović, Marko Čaleta, Aljoša Duplić, Boris Hrašovec, Belma Kalamujić, Zoran Marčić, Dragana Milošević, Milorad Mrakovčić, Danilo Mrdak, Marina Piria, Predrag Simonović, Senad Šljuka, Tea Tomljanović, Daša Zabrič, *The Huchen Hucho hucho in the Balkan region: Distribution and future impacts by hydropower development*, London: RiverWatch & EuroNatur, 2015.
- [28] Анонимно, Правилник о проглашењу и заштити строго заштићених и заштићених дивљих врста биљака, животиња и гљива, Службени гласник Републике Србије, 47, 2011.
- [29] Bror Jonsson, Nina Jonsson, *Partial migration: niche shift versus sexual maturation in fishes*, Reviews in Fish Biology and Fisheries, 3 (4), str. 348–365, 1993.
- [30] Katia Charles, René Guyomard, Björn Hoyheim, Dominique Ombredane, D. Jean-Luc Baglinière, *Lack of genetic differentiation between anadromous and resident sympatric brown trout (Salmo trutta) in a Normandy population*, Aquatic Living Resources, 18 (1), str. 65–69, 2015.
- [31] Dubravka Škraba Jurlina, Ana Marić, Jelena Karanović, Vera Nikolić, Miloš Brkušanin, Tamara Kanjuh, Danilo Mrdak, Predrag Simonović, *Effect of the introgression of Atlantic brown trout, Salmo trutta, into Adriatic trout, Salmo farioides in a stream at the drainage area of the Adriatic Sea basin of Montenegro*, Acta Ichthyologica et Piscatoria, 48 (4), str. 363–372, 2018.
- [32] Stuart E. Bunn, Angela H. Arthington, *Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity*, Environmental Management 30 (4), str. 492–507, 2002.
- [33] David D. Hart, Thomas E. Johnson, Karen L. Bushaw-Newton, Richard J. Horwitz, Angela T. Bednarek, Donald F. Charles, Daniel A. Kreeger, David J. Velinsky, *Dam removal: Challenges and opportunities for ecological research and river restoration*, BioScience, 52 (8), str. 669–681, 2002.
- [34] Günther Grill, Bernhard Lehner, Alexander E. Lumsdon, Graham K. MacDonald, Christiane Zafri, Catherine Reidy Liermann, *An index-based fra-*

- mework for assessing patterns and trends in river fragmentation and flow regulation by global dams at multiple scales*, Environmental Research Letters, 10, str. 015001, 2015.
- [35] C. E. Klein, Nelson Silva Pinto, Z. A. Spigoloni, F. M. Bergamini, F. R. de Melo, P. J. De Marco, L. Juen, *The influence of small hydroelectric power plants on the richness and composition of Odonata species in the Brazilian Savanna*. International Journal of Odonatology, 21 (1), str. 33–44, 2018.
- [36] Boško Josimović, Tijana Crnčević, *The development of renewable energy capacities in Serbia: Case study of three small hydropower plants in the „Golija“ biosphere reserve with special reference to the landscape heritage*, Renewable Energy, 48, str. 537–544, 2012.
- [37] Владица Симић, Снежана Симић, *Хидроеколошка студија могуће утицаја МХЕ „Лаништије“ на екосистем Рудске реке*, Крагујевац & Лесковац: Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет & Power B.N.M. д.о.о., 2016.
- [38] Predrag D. Simonović, Vera P. Nikolić, *Density-dependence of growth characteristics and maturation in stream-dwelling resident brown trout, Salmo trutta, in Serbia*. Fisheries Management and Ecology, 14, str. 1–6, 2007.
- [39] Jan Kohout, Alena Šedivá, Apostolos Apostolou, Tihomir Stefanov, Saša Marić, Muhammet Gaffarolu, Vladimir Šlecht, *Genetic diversity and phylogenetic origin of brown trout Salmo trutta populations in eastern Balkans*, Biologia, 68 (6), str. 1229–1237, 2013.
- [40] John Malcom Elliott, *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford: Oxford University Press, 1994.
- [41] Predrag Simonović, Ana Tošić, Dubravka Škraba Jurlina, Jelena Čanak-Atlagić, Vera Nikolić, *Stakeholders participation in conservation of brown trout stocks in Serbia*, West Yellowstone, MT, USA: Wild Trout XII Symposium „Science, politics, and wild trout management: who’s driving and where are we going?“, str. 55–62, 2017.
- [42] Радмила Петановић, *Еколошки и економски значај фауне Србије*, Београд: Српска академија наука и уметности, Зборник радова, 2018.
- [43] Дмитар Лакушић, Јелена Блаженчић, Владимир Ранђеловић, Бранислава Буторац, Снежана Вукојичић, Бојан Златковић, Слободан Јовановић, Јасмина Шинжар-Секулић, Дијана Жуковец, Ирена Ћалић, Драган Павићевић, *Станишта Србије*. Приручник са описима и основним подацима. Београд: Министарство науке и заштите животне средине, Управа за заштиту животне средине и Институт за ботанику и ботаничка башта „Јевремовац“, 2005.

- [44] J. A. M. Janssen i sar., *European Red List of habitats*, Part 2. *Terrestrial and freshwater habitats*, Luxembourg: Publication office of the European Union, 2016.
- [45] Kelly M. Kibler, Desiree D. Tullos, *Cumulative biophysical impact of small and large hydropower development in Nu River, China*. Water Resources Research, 49, str. 3104–3118, 2013.
- [46] Tasneem Abbasi, S. A. Abbasi, *Small hydro and the environmental implications of its extensive utilization*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 15, str. 2134–2143, 2011.
- [47] IUCN, *The IUCN Red List of Threatened Species*, Version 2018-2., 2018, <http://www.iucnredlist.org>, 14.2.2019.
- [48] Предраг Симоновић, *Рибе Србије*, Београд: NNK International, Завод за заштиту природе, Биолошки факултет, 2001.
- [49] Анонимно, Наредба о мерама за очување и заштиту рибљег фонда, Службени гласник Републике Србије, 56, 2015.

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

S u m m a r y

Serbia features a small amount of precipitates, with the scarcity of domicile water coming mainly from torrential water flows of uneven flow rate, with prominent flood waves. It features great river network density and low flow rate in streams situated on the serpentine and magmatic rock beads, compared to those on the limestone rock beads. Their flow regime is nival-pluvial, with the maximal water levels at the end of the spring and the minimal ones at the end of the summer and beginning of the autumn, with frequent summer torrents coming from local storms. Trout fish species (f. Salmonidae) dominate in fish communities of the upper and middle rithron in the streams of the mountain regions of Serbia. Their conservational significance is great in both European and global ranges, due to the uniqueness of their local, specific strains ascertained using the Control

Region (i.e., the *D loop*) of the mitochondrial DNA as a molecular marker. The most prominent in that sense is the brown trout *Salmo cf. trutta*, as well as the Huchen *Hucho hucho* (L., 1758), which is a globally endangered species (EN). The construction of hydroenergetic facilities is recently their main threatening factor. The inference drawn on the currently available records about the fish community structure in the ecosystems of mountain streams, as well as on the shape of the brown trout stocks after the construction of small hydropower plants of the derivative type unequivocally points to the prominently adverse impact. Such data implicate to impossibility of reducing harmful effects by fulfilling the formal legal measures issued to compensate adverse effects from exploitation of small derivative hydropower plants. That is determined by characteristics of ecosystem of mountain streams, both abiotic (especially the water flow regime) and biotic, autecological ones featuring brown trout, and synecological characteristics of the structure and dynamics of fish communities. Brown trout is the most prominent fish species of that type of aquatic ecosystem. All characteristics determine the dynamics and functioning of mountain stream ecosystem, whose demands for water and other related resources are completely opposite to those of derivative small hydropower plants and energy production. That clearly warns to multiple kind of harmful consequences of construction and exploitation of small hydropower plants for mountain streams, especially for those brown trout populations in them that have extraordinary conservational value.