



MORFOLOŠKE PROMJENE I PROMJENE USLUGA EKO-SUSTAVA SAVE U BLIZINI ZAGREBA

Neven Trenc, Aljoša Duplić, Ramona Topić, Bojan Matoš, Josipa Velić,
Marko Čaleta, Ian C. Fuller

SAŽETAK: Usporedbom povijesnih habsburških karata s kraja 19. stoljeća dostupnih na portalu MAPIRE i suvremenih podataka, za dionicu rijeke Save zapadno od Zagreba uočava se da je prirodni hidromorfološki sustav rijeke koji se razvijao tijekom holocena, od početka 20. stoljeća izložen značajnim morfološkim promjenama. Primjerice, prostor između slovenske granice i prirodne morfološke stepenice u terenu, ali i u koritu rijeke, kod Podsuseda predstavlja prijelaz između uzvodnog brdskog tipa prepletene rijeke i nizinskog meandrirajućeg tipa, koji je vidljiv na kartama iz 19. stoljeća kao anastomozirajuća rijeka, što je danas potpuno nezamjetljivo. Ovako velike antropogene promjene prirodnih hidromorfoloških procesa nužno se odražavaju i na biološku raznolikost. Usluge ekosustava obuhvaćaju sve neposredne i posredne doprinose ekosustava dobrobiti čovjeka, a možemo ih definirati i kao uvjete i procese pomoću kojih prirodni sustavi i vrste koje ih održavaju ispunjavaju ljudski život. Rad razmatra vezu između morfoloških promjena i promjena bioraznolikosti na dionici rijeke Save od slovenske granice do Podsuseda na primjeru utjecaja na riblje vrste te utjecaja na promjenu podupirućih usluga ekosustava.

KLJUČNE RIJEČI: Sava, usluge ekosustava, povijesne karte, hidromorfologija, riblje zajednice

MORPHOLOGICAL CHANGES AND CHANGES IN ECOSYSTEM SERVICES OF THE SAVA RIVER IN THE VICINITY OF ZAGREB

ABSTRACT: A comparison of historical Habsburg maps published in the late 19th century (available on the portal MAPIRE) with contemporary data for the section of the Sava River west of Zagreb reveals that the natural hydromorphological system of the Sava River, which formed during the Holocene, has been exposed to significant changes since the beginning of the 20th century. As an example, the area between the border with Slovenia and a natural knickpoint both in the relief and in the Sava riverbed at Podsused, which represents a transition between an upstream mountain braided river type and a lowland meandering river, is visible on the 19th century maps as an anastomosing river but almost unnoticeable today. Such huge anthropogenic changes in natural hydromor-

phological processes necessarily reflect on biodiversity. Ecosystem services include all direct and indirect ecosystem contributions to human well-being that can be defined as conditions and processes by means of which natural systems and species sustaining them support human life. The paper is analysing the impacts of the morphological changes and changes in biodiversity on the fish species and the supporting ecosystem services in the section of the Sava River from the border with Slovenia to Podsused.

KEYWORDS: Sava, ecosystem services, historical maps, hydromorphology, fish communities

1. UVOD

1.1. Usluge ekosustava

Usluge ekosustava obuhvaćaju sve neposredne i posredne doprinose ekosustava dobrobiti čovjeka (de Groot i sur., 2010). Daily (1997) određuje usluge ekosustava kao uvjete i procese pomoću kojih prirodni sustavi i vrste koje ih održavaju ispunjavaju ljudski život. Sam pojam „usluga ekosustava“ vezan je uz osamdesete godine prošlog stoljeća i razmatranja nestanka vrsta i nenadoknadive posljedice za čovjeka (Ehrlich i Mooney, 1983) dok je za razvoj samog koncepta posebno važan utjecajni tematski zbornik radova *Nature's Services* (Daily, 1997). Osnove ekonomskog vrednovanja postavili su Costanza i sur. (1997) koji izrađuju monetarnu procjenu ukupne vrijednosti odabranih usluga ekosustava za cijelu biosferu. Suvremeni okvir za istraživanje usluga ekosustava daje UNEP (United Nations Environment Programme) i Konvencija o biološkoj raznolikosti, u sklopu izvješća *Tisućljetna procjena ekosustava* (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) te studija *Ekonomija ekosustava i bioraznolikosti* (The Economics of Ecosystems and Biodiversity – TEEB) (de Groot i sur., 2010). Iz ovih razloga su danas usluge ekosustava element nacionalnih i europskih strategija razvoja. Detaljnu kategorizaciju usluga ekosustava daje Jedinstvena međunarodna klasifikacija usluga ekosustava CICES (The Common International Classification of Ecosystem Services) čija je najnovija verzija 5.1 dostupna na webu (Haines-Young i Potschin, 2018). Standardna tipologija dijeli usluge ekosustava u četiri skupine (Millennium Ecosystem Assessment 2005; Radović, 2015): 1. podupiruće usluge koje obuhvaćaju procese nužne za održavanje, integritet i funkcioniranje ekosustava i njihov kapacitet za pružanje drugih neposrednih usluga ekosustava, 2. regulatorne usluge koje se odnose na one usluge koje reguliraju klimu, zrak, kakvoću vode i druge elemente prirodnog okoliša, 3. kulturalne usluge koje podrazumijevaju rekreacijske, estetske i duhovne koristi ekosustava, 4. usluge opskrbe koje se odnose na materijale i energiju koju proizvode ekosustavi.

1.2. Obilježja razmatrane dionice

Današnje korito Save na području grada Zagreba posljedica je radikalne regulacije izvedene između 1908. i 1918. godine (Slukan Altić, 2010). U spomenutom razdoblju konstruirano je sadašnje blago vijugavo korito, odsječeni i isušeni sporedni kanali, rukavci i mrtvice te izbrisane hidromorfološke razlike između pojedinih dionica. Promjene korita zapadno od Zagreba odvale su se kasnije, oko sredine 20. stoljeća, no sa sličnim ishodom. Prirodna morfološka obilježja rijeka su posljedica niza prilagodbi riječnog sustava promjenama

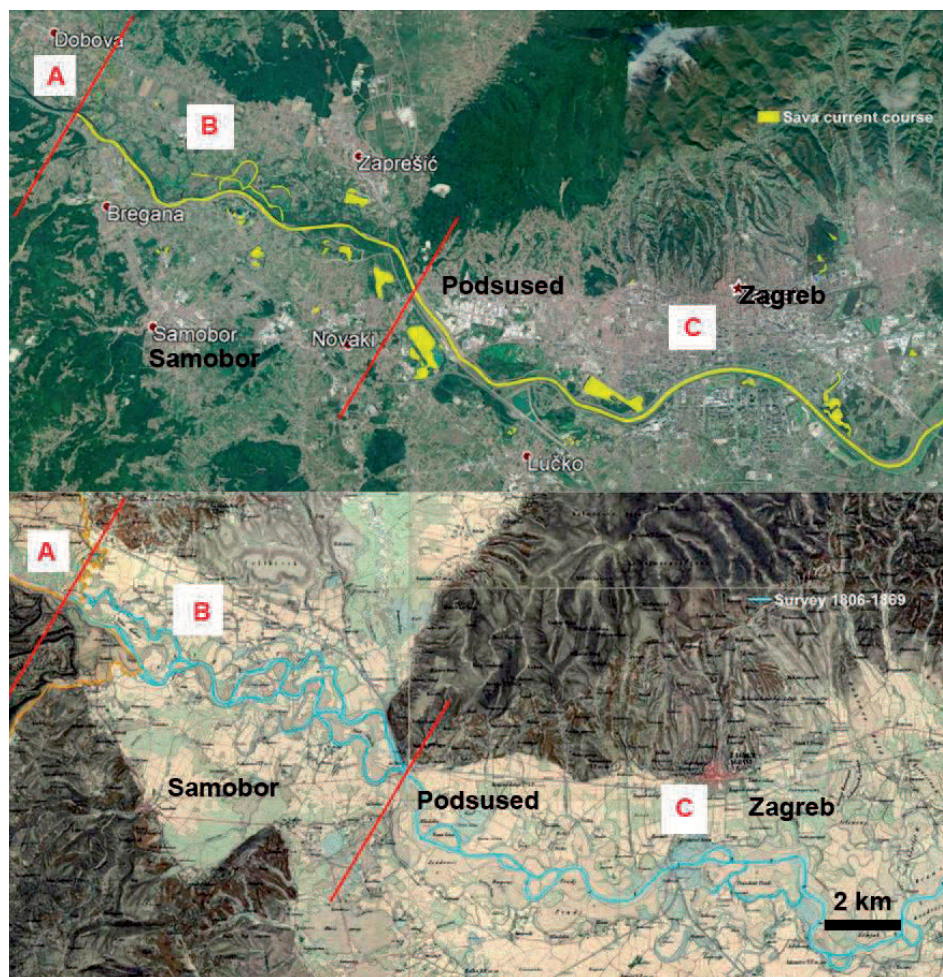
kroz geološka razdoblja koje mogu biti povezane s tektonskim pokretima, eustatskim promjenama, oscilacijama klime, ali i dugotrajnim i/ili kratkotrajnim varijacijama protoka i transporta sedimenata. S obzirom da su oblikovani djelovanjem ovih procesa u dugom vremenskom razdoblju, nepromijenjeni sustavi su u načelu otporniji na prirodne oscilacije i poremećaje (Wohl, 2016, Fuller 2019) te se brže vraćaju u početno stanje. Sadašnji tok rijeke Save formiran je na početku holocena tektonskim spuštanjem savske doline duž rasjeda dinaridskog pružanja i dezintegracije starijih struktura uz formiranje klisure Krškog koja je omogućila stvaranje sadašnjeg toka u smjeru jugoistoka (Šikić i sur., 1972; Velić i Saftić, 1991; Velić i Durn, 1993; Velić i sur., 1999).

Kvartarne naslage se sastoje od šljunka te u manjoj mjeri pjeskovitih i siltnih glina, a debljina naslaga raste od zapada prema istoku od oko desetak do više od stotinu metara. U pleistocenskim šljuncima prevladavaju siliciklastični sedimenti porijeklom s obližnjih planina, a u holocenskim naslagama prevladavaju karbonatne valutice (Velić i sur., 1999; Velić i Durn, 1993). Ova promjena sastava uvjetovana je formiranjem toka Save krajem pleistocena i početkom holocena pri čemu je donos materijala iz obližnjih uzvisina koji je obilježavao pleistocen u holocenu zamijenjen donosom vapnenačkog materijala iz Alpa iz smjera sjeverozapada (Šikić i sur., 1972; Velić i sur., 1999). U današnjim uvjetima pronos recentnog vučenog nanosa Savom zaustavljen je branama uzvodnih hidrocentrala što zajedno s drugim regulacijskim zahvatima ima za posljedicu produbljivanje korita.

Unutar ove dionice, kod Podsuseda smještena je glavna lomna točka uzdužnog profila rijeke Save tj. Podsusedski prag, koji razdvaja 950 km dugi tok Save (Babić-Mladenović i sur., 2013) na strmiji planinski dio s obilježjima prepletene rijeke (dionica A izvan obuhvata karte, Slika 1) od blažeg, gotovo nizinskog toka s prevladavajućim obilježjima meandrirajuće rijeke (dionica C, Slika 1). Na povijesnim kartama je vidljivo da dionica rijeke Save od slovenske granice do Podsuseda (dionica B, Slika 1) ima prijelazne hidromorfološke karakteristike tipične za anastomozirajuću rijeku (Nanson and Knighton 1996, Schwarz 2016; Trenc i sur. 2018). Jasno se može uočiti više karakterističnih, danas nezamjetljivih, paralelnih tokova razdvojenih prostranim relativno stabilnim otocima obraslim vegetacijom, kao i prostrano područje odlaganja šljunkovitog nanosa nastalo lateralnim pomicanjem korita u poplavnoj ravnici.

Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske (Mrakovčić i sur., 2006) navodi hidromorfološke promjene i gubitak staništa kao glavne prijetnje za faunu riba. Čaleta (2007) istražuje značajke ihtiofaune nizinskog dijela rijeke Save, nizvodno od Siska, i opisuje promjene riblje zajednice uvjetovane posrednim i neposrednim antropogenim utjecajima. Freyhof i sur. (2015) i Piria i sur. (2019) razmatraju posljedice industrijskog onečišćenja, izgradnje nasipa, te hidroelektrana i nuklearne elektrane Krško na sastav i promjene ribljih zajednica. Usprkos svim promjenama, u Savi je još uvijek prisutna značajna fauna riba i paklara. Mnoge vrste od nacionalnog i EU značenja prisutne su u Savi uzvodno od Zagreba, primjerice mali vretenac (*Zingel streber*), plotica (*Rutilus virgo*), veliki vijun (*Cobitis elongata*), potočna mrena (*Barbus balcanicus*), tankorepa krkuš (*Romanogobio uranoscopus*), zlatni vijun (*Sabanejewia balcanica*), Dunavska paklara (*Eudontomyzon vladykovi*) i dr. Bilješke o brojnim ulovima mladice (*Hucho hucho*) iz Save u Zagrebu tijekom prve polovine 20. stoljeća potvrđuju da je ovaj dio toka bio važno stanište za ovu vrstu. U gornjem toku Save i Krke (Slovenija) prisutna je i danas te je moguće da se iz Krke povremeno spusti Savom do Zagreba, osobito u zimskim mjesecima. Degradacija

staništa je glavna prijetnja za riblje vrste, a izgradnja hidrocentrala u Sloveniji predstavlja značajan gubitak staništa u novijem razdoblju koji je rezultirao i prekidom migracijskih putova, odnosno onemogućavanjem izmjene genetskog materijala unutar populacija. Iako je utjecaj zagađenja minimaliziran, za obnovu populacija mladice kao karizmatične, kišobran vrste trebalo bi osigurati i očuvati uzdužni kontinuitet riječnog toka, povećati raznolikost mikrostaništa kroz obnovu hidromorfologije te smanjiti utjecaj termalnog zagađenja Save, kako bi se umanjio utjecaj porasta prosječne godišnje temperature vode. Bio bi to doprinos očuvanju zajednice riba u cjelini.



Slika 1. Gore: Suvremeni tok rijeke Save (podloga digitalni ortofoto DGU), Dolje: tok rijeke Save na povijesnoj karti (dionica A zapadno izvan obuhvata karte ima obilježja prepletene rijeke, dionica B obilježja anastomozirajuće rijeke; dionica C: obilježja meandrirajuće rijeke) (Druga vojna izmjera Habsburške monarhije (1865-1869), MAPIRE, 2011)

2. RASPRAVA

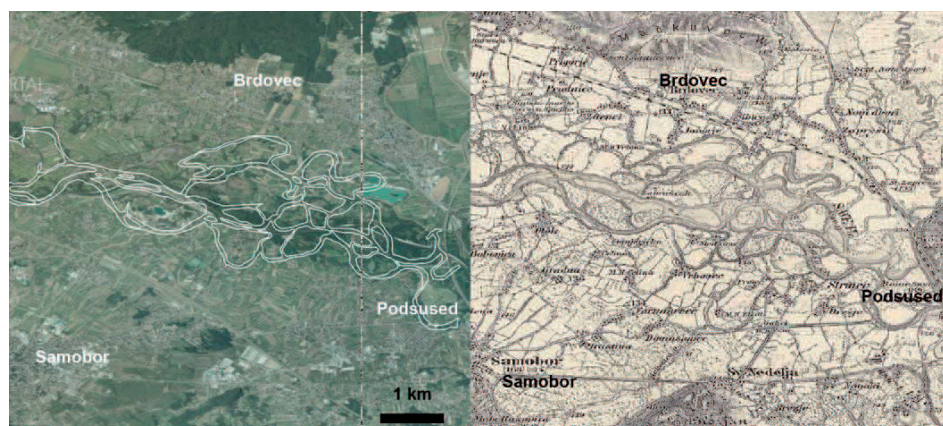
Iako je suštinski predmet razmatranja usluga ekosustava doprinos živog svijeta boljitku čovjeka, brojni autori ističu važnost geoloških i geomorfoloških procesa u njihovom formiranju (Gordon i Barron, 2013; Alahuhta i sur., 2018; Everard i Quinn, 2015) te smatraju da je izvoriste usluge ekosustava interakcija njegovih živih (bioraznolikost) i neživih (georaznolikost) dijelova. Thorp (2010) smatra da usluge ekosustava riječnih okoliša ovise o morfološkoj kompleksnosti određene dionice te da je ova pretpostavka valjana za većinu usluga ekosustava, osim onih koje ovise o antropogeno izmijenjenim riječnim tokovima (riječni transport i slično) te povezuje hidromorfološku tipizaciju određene dionice s razinom usluga ekosustava (Tablica 1). Ukoliko se razmatra promjena usluga ekosustava, vidljivo je da po svim parametrima iz Tablice 1 bitnim za ostvarivanje usluga ekosustava sadašnji nasipima regulirani tok Save ima nisku razinu vrijednosti usluga ekosustava u usporedbi s nekadašnjim prirodnim tokom (Slika 1, Slika 2) koji ima pretežito visoke vrijednosti tipične za anastomozirajuću rijeku (Tablica 1).

Tablica 1. Veza između hidromorfoloških obilježja i usluga ekosustava
(L- niska, M-srednja, H- visoka.) (izmijenjeno prema Thorp i sur., 2010)

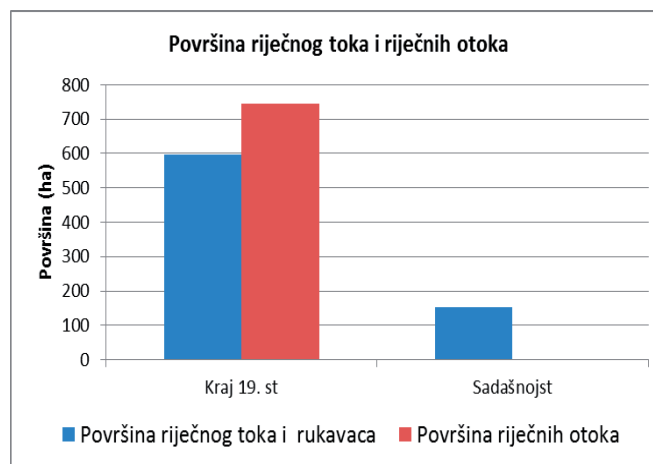
Ekosistemska usluga	Uska dolina	Mean ndrirajuća	Prepletena	Anastomo-zirajuća	Ograničena nasipima	Akumu lacija
Odabrani hidromorfološki atributi						
Kompleksnost obale	L	LM	H	H	L	M
Broj kanala	L	L	H	HM	L	L
Staništa unutar kanala	L	LM	M	H	L	LM
Stalnost kanala i otoka	M	M	L	H	M	H
Veličina poplavne ravnice i povezanost kanala	L	MH	M	H	L	L
Prirodne ekosistemske usluge						
Biološka raznolikost	L	M	L	H	L	M
Udio autohtonih vrsti	H	H	H	H	L	L
Prim. i seku. produkcija	L	M	M	H	L	H
Kruženje nutrijenata i pohrana ugljika	L	LM	LM	H	L	H
Pohrana vode	L	LM	L	H	L	H
Nanos	L	M	M	H	L	H
Antropocentrične usluge						
Produkcija hrane	L	M	L	H	L	M
Rekreacija	LM	LM	L	H	L	H
Ublažavanje prirodnih nepogoda	L	M	L	H	H	H
Prijevoz	H	M	L	M	H	H

Najuočljivija je razlika u ukupnoj procijenjenoj površini glavnog toka i povezanih rukavaca koja se za nekadašnji anastomozirajući tok (Slika 2, Slika 3) može procijeniti na oko 600 ha u odnosu na reguliranu rijeku za koju procijenjena površina iznosi 150 ha,

što predstavlja razliku od 4 puta. Na sličan način na povijesnoj karti je moguće izbrojati oko 30 riječnih otoka s površinom od oko 750 ha od kojih danas ne postoji gotovo ni jedan (Slika 3). Ove informacije upućuju na znatno veće populacije riba koje su nekad obitavale na ovom području. Broj i površina otoka posredno govori i o varijabilnosti dubina i postojanju plićih i dubljih dijelova koji imaju važnu ulogu u životnom ciklusu ribljih vrsta, kao i o živosti i dinamičnosti riječnog toka koja danas više ne postoji. U ovom slučaju riblje zajednice se navode kao primjer gubitka nekadašnjeg bogatstva bioraznolikosti koja je uključivala različita, danas rijetka i ugrožena, vlažna i močvarna staništa, riječne prudove i dr. koji su podržavali brojne biljne i životinjske vrste, a koje danas možemo naći na prirodnijim i nereguliranim dijelovima naših rijeka. Gubitak i degradacija staništa riba vidljiv je i iz procjene stanja područja u standardnom EU obrascu Natura 2000 (tzv. SDF) za područje ekološke mreže HR2001506 Sava uzvodno od Zagreba, koje se prostorno preklapa s razmatranim dijelom Save. U ovom su obrascu staništa svih ribljih vrsta ocijenjena kao staništa prosječne ili smanjene očuvanosti koja zahtijevaju provođenje aktivnih (uključujući restauracijskih) mjera za postizanje ciljeva očuvanja.



Slika 2. Rijeka Sava zapadno od Zagreba na MAPIRE - Treća vojna izmjera Habsburške monarhije (desno) (1869-1887, 1:75000) te nekadašnji tok preklopljen na ortofoto snimci (lijevo) (izvor: DGU)



Slika 3. Površina riječnog toka i riječnog korita na povijesnim kartama i danas za promatranu dionicu

ZAKLJUČAK

Usporedba karata iz 19. stoljeća i suvremenih karata ukazuje na drastičan gubitak bioraznolikosti i podupirućih vrijednosti ekosustava na razmatranoj dionici Save. Spoznaje o izvornim prirodnim obilježjima riječnog sustava mogu naći svoju primjenu u upravljanju zaštićenim područjima i područjima Natura 2000 te posebice u definiranju revitalizacijskih rješenja koja će potaknuti postupni oporavak ribljih zajednica i možda u budućnosti povratiti izgubljena vrste kao što je mladica. Analiza promjena morfologije omogućava nam da procijenimo gubitke bioraznolikosti, kao i gubitke usluga ekosustava u odnosu na prirodno stanje rijeke što može pomoći pri razmatranju različitih upravljačkih i razvojnih scenarija. Na taj način bi buduće restauracije mogle uz obnovu bioraznolikosti doprinijeti i obnovi izgubljenih usluga ekosustava, od kojih su posebno bitne one koje se odnose na ublažavanje ekstremnih hidroloških događaja poput poplava te osiguranje pitke vode.

LITERATURA

- [1] Alahuhta, J., Ala-Hulkko, T., Tukiainen, H., Purola, L., Akujärvi, A., Lampinen, R.; Hjort, J. (2018) *The role of geodiversity in providing ecosystem services at broad scales*. Ecological Indicators, 91(February), pp.47–56.
- [2] Babić-Mladenović, M., Bekić D., Grošel, S., Kupusović, T., Mikloš, M., Oskoruša, D., (2013): *Towards Practical Guidance for Sustainable Sediment Management using the Sava River Basin as a Showcase*, International Sava River Basin Commission (ISRBC), 87 str.
- [3] Costanza, R. i sur., (1997) *The value of the world's ecosystem services and natural capital*. Nature, 387(May), pp.253–260.

- [4] Čaleta, M., (2007) *Ekološke značajke ihtiofaune nizinskog dijela rijeke Save*, Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu
- [5] Daily, G. C., (1997.) *Nature's services* G. C. Daily, ed., Island Press., 392 pp
- [6] Ehrlich, P.R. i Mooney, H. A., (1983.) *Extinction, Substitution, Ecosystem Services*. *BioScience*, 33(4), pp.248–254.
- [7] Everard, M. i Quinn, N., (2015) *Realizing the value of fluvial geomorphology*. *International Journal of River Basin Management*, 13(4), pp. 487–500.
- [8] Freyhof, J., Weiss S., Adrović, A., Čaleta M., Duplić, A., Hrašovec, B., Kalamujić, Z., Marčić, D., Milošević, Mrakovčić, M., Mrdak, D., Piria M., Schwarz U., Simonović P., Šljuka S., Tomljanović. T., (2015): “*The Huchen Hucho Hucho in the Balkan Region: Distribution and Future Impacts by Hydropower Development*. *RiverWatch i EuroNatur*, 30 pp.
- [9] Fuller, I.C., Gilvear, D.J., Thoms, M.C., Death, R.G., (2019) Framing resilience for river geomorphology: Reinventing the wheel? *River Res Applic.*; 35: 91– 106.
- [10] Gordon, J.E., Barron, H.F., (2013): *The role of geodiversity in delivering ecosystem services and benefits in Scotland*. *Scottish Journal of Geology*, 49(1), pp.41–58.
- [11] De Groot, De Groot R.S., Fisher B., Christie M., Aronson J., Braat L.R., Haines-Young, J., Gowdy, E., Maltby, A. Neuville, Polasky S., Portela R., Ring I, (2010): *Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation* U: P. Kumar (Ed.), *TEEB Foundations, The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations*, Earthscan, London (2010)
- [12] Haines-Young, R., Potschin, M., (2018) CICES (Common International Classification of Ecosystem Services) Guidance on the Application of the Revised Structure, (January).
- [13] MAPIRE, (2011): *MAPIRE The Historical Map Portal*. Available at: <http://mapire.eu/en/> (15.3.2019.)
- [14] Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P. & Zanella, D. (2006): *Crvena knjiga slatkovodnih riba Hrvatske*. Zagreb, Državni zavod za zaštitu prirode.
- [15] Nanson, G.C., Knighton, A.D., (1996): *Anabranching rivers: Their cause, character and classification*. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21(3), pp.217–239.
- [16] Piria, M., Simonović, P., Zanella, D., Čaleta, M., Šprem, N., Paunović, M., Tomljanović, T., Gavrilović A., Pecina M., Špelić I., Matulić D., Rezić A., Aničić I., Safner R., Treer T., (2019): “*Long-Term Analysis of Fish Assemblage Structure in the Middle Section of the Sava River – The Impact of Pollution, Flood Protection and Dam Construction*.” *Science of the Total Environment* 651: 143–53.
- [17] Radović, J., (2015): *Kartiranje i procjena ekosustava i njihovih usluga u Hrvatskoj*, HAOP. pp. 33
- [18] Millennium Ecosystem Assessment (2005) *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*.

- [19] Island Press, Washington, DC, 155 pp
- [20] Schwarz, U., (2016): *Sava White Book. The River Sava: Threats and Restoration Potential*, Radolfzell/Wien, EuroNatur/Riverwatch, pp 152.
- [21] Šikić, K., Basch, O. i Šimunić, A., (1972): OGK *Tumač za list Zagreb.*, p.70.
- [22] Slukan Altić, M., (2010): *Povijest regulacije rijeke Save kod Zagreba i njezine posljedice na izgradnju grada*. Hrvatske Vode, 18(73), pp. 205–212.
- [23] Thorp, J. H., Flotemersch, J.E., Delong, M.D., Casper, A.F., Thoms, M.C., Ballantyne F., Williams, B.S., O'Neill, B.J., Haase, C.S., (2010): *Linking Ecosystem Services, Rehabilitation, and River Hydrogeomorphology*. BioScience, 60(1), pp.67–74. Available at: <https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1525/bio.2010.60.1.11>. (15.3.2018)
- [24] Trenc, N., Duplic, A., Topić, R., Matoš, B., Velić, J., Čaleta, M. (2018): *Human Induced Change of the Natural Geomorphological System and Its Consequences for the Biodiversity of the Sava River West of Zagreb*, U: Integrative Sciences and Sustainable Development of Rivers, Marmonier P., Piégay H., Cottet M., and Lamouroux, N., (ur.), GRAIE, Groupe de recherche, animation technique et information sur l'eau, I.S.Rivers Secretariat, <https://www.graie.org/ISRivers/docs/papers/2018/11A11-189TRE.pdf>, 1-3
- [25] Velić, J., Durn, G., (1993): *Alternating Lacustrine-Marsh and Subaerial Exposure Phases During Quaternary: Prečko, Zagreb, Croatia*. Geologia Croatica, 79, pp.71–90.
- [26] Velić, J., Saftić, B., (1991): Subsurface spreading and facies characterisation of middle pleistocene deposits between Zaprešić and Samobor. *Geološki vijesnik*, 44, pp.69–82.
- [27] Velić, J., Saftić, B., Malvić, T. (1999): Lithologic Composition and Stratigraphy of Quaternary Sediments in the Area of the Jakuševac Waste Depository (Zagreb, Northern Croatia), 119–130.
- [28] Wohl, E., (2018): *Messy rivers are healthy rivers, The implications of physical complexity for river ecosystem*, *Global Water Forum*, <http://www.globalwaterforum.org/2016/10/31/>
- [29] messy-rivers-are-healthy-rivers-the-implications-of-physical-complexity-for-river-ecosystems/.

AUTORI

mr. sc. Neven Trenc, dipl. ing. geol. ^a

dr. sc. Aljoša Duplić ^a

Ramona Topić, dipl. ing. biol. ^a

doc. dr. sc. Bojan Matoš ^b

prof. emer. dr. sc. Josipa Velić ^b

izv. prof. dr. sc. Marko Čaleta ^c

prof. Ian C. Fuller, Ph.D. ^d

^a Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Radnička cesta 80/7, 10000, Zagreb, Hrvatska, neven.trenc@mzoe.hr, aljosa.duplic@mzoe.hr, ramona.topic@mzoe.hr

^b Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska, josipa.velic@rgn.hr, bojan.matos@rgn.hr

^c Učiteljski fakultet, Savska cesta 77, 10000 Zagreb, marko@biol.pmf.hr

^d Massey University, Palmerston North, 4442, New Zealand,
I.C.Fuller@massey.ac.nz