

KVALITATIVNA PROCJENA KOŠEVSKOG POTOKA PREMA ODREDBAMA OKVIRNE DIREKTIVE O VODAMA (2000/60/EC) NA TEMELJU SASTAVA ZAJEDNICE MAKROZOOBENTOSA

Sadbera Trožić-Borovac¹, Hana Kočan¹, Amela Alispahić¹, Alma Imamović²

Originalni naučni rad – *Original scientific paper*

Rezime

Koševski potok je desna pritoka rijeke Miljacke, formira se u naselju Nahorevo, a od Nahorevskog potoka i Grončavice. Kvalitet vode tekućica se određuje abiotičkim i biotičkim faktorima, a čije vrijednosti određuju ukupni ekološki status. Prema apliciranim odredbama Okvirne direktive o vodama ova rijeka (Koševski potok) pripada bio Tipu 5, koji obuvata male i srednje velike ravničarske i brdske rijeke sa srednje krupnim supstratom dna, a Nahorevski potok je tip 6 male i srednje velike brdske i planinske rijeke sa dominacijom krupnih frakcija u supstratu dna. Istraživanja za potrebe realizacije rada izvršena su u periodu januara i jula 2021-2023 godine. Izvršeno je mjerenje osnovnih fizičko-hemijskih parametara, a od bioloških parametara uzorkovan je makrozoobentos prema standardu BAS ISO 10870:2014. Za potrebe određivanja ekološkog stanja primijenjene su metrike: saprobnost, Shannon-Weaver indeks, BMWP, EPT%, EPT-s, EBI, OSI%. Variranje temperature, pH i kiseoničkog režima inicira promjene u sastavu makrobeskičmenjaka, koje pokazuju najveći diverzitet u uzorcima Nahorevskog potoka. Pod uticajem zagađenja nizvodno u Koševskom potoku utvrđena je degradacija sastava makrobeskičmenjaka gdje dominiraju eurovalentni predstavnici maločekinjaša i preimaginalnih stadija dvokrilnih insekata. Dobivene vrijednosti mjerenih parametara i analiza pokazuju da je voda Nahorevskog potoka u dobrom ekološkom stanju, a Koševski potok opterećen i u slabom ekološkom stanju, posebno u području zoološkog vrta Pionirska dolina.

Ključne riječi: *saprobnost, trofija, ekološki status, degradacija, zaštita, ekosistem, otpadne vode, Pionirska dolina*

UVOD

Kvalitet voda tekućica jedan je od parametara koji se kroz proces nacionalnog monitoringa odvija u svim državama na svijetu. U procesu monitoringa poseban akcenat se daje na području EU kroz aplikaciju odredbi Okvirne direktive o vodama (ODV) u periodu od 2000 godine (2000/60/EC). Okvirna direktiva o vodama (WFD) sadrži smjernice za procjenu i klasifikaciju površinskih voda, a kao krajnji cilj je dostizanje dobrog ekološkog statusa/potencijala vodenih ekosistema za sve zemlje članice EU.

¹Prirodno-matematički fakultet Univerzitet u Sarajevu

²Federalno ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva, Sarajevo

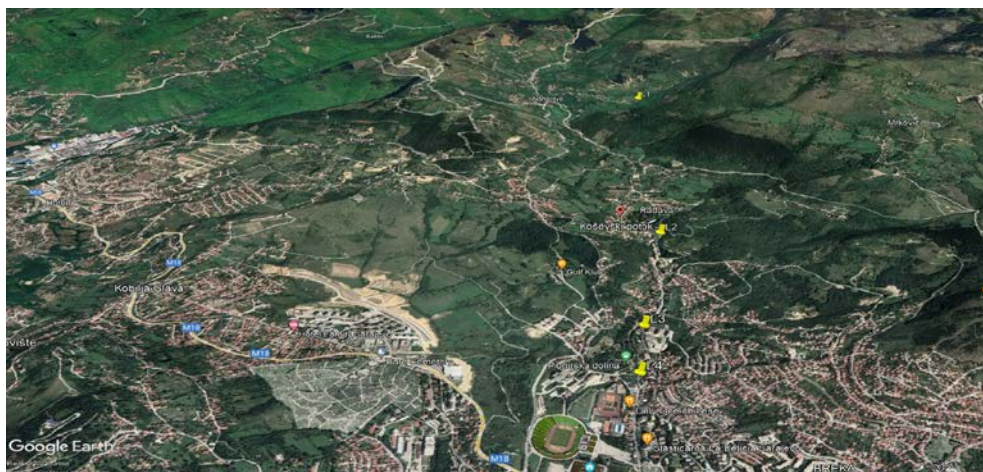
Elementi kvaliteta i normativne definicije klasifikacije ekološkog statusa, posebno za tekuće vode (rijeke i potoke), definisani su u Aneksu V WFD i odnose se na termine za kvalitet koji se procjenjuje korištenjem bioloških zajednica (Veradinova i sar., 2023). Jedan od bioloških parametara su i makrobeskičmenjaci bentosa koji su se pokazali kao pouzdana zajednica procjene ekološkog stanja te utvrđivanje izvora i intenziteta stresora (pritisaka) na tekućice (Trožić - Borovac i sur., 2022; Gajević i sur., 2022). Velika heterogenost skupine, različita tolerantnost na degradaciju, dužina života pojedinih skupina, senzitivnost, relativno lahko uzorkovanje, usloveli su njihovu primjenu u određivanju kvaliteta vode, kao i ukupnog ekološkog statusa zajedno sa ostalim biološkim parametrima. Makrobeskičmenjaci bentosa tekućica reguju na uticaje brzo uslijed smanjenja raspoloživog kisika, fragmentacije staništa, promjene pH vode, protoka i sl.

Koševski potok je desna pritoka rijeke Miljacke, formira se na sjevernom dijelu Sarajeva u naselju Nahorevo od Nahorevskog potoka i potoka Grončavica. Na izlazu iz zoološkog vrta Pionirska dolina u području Koševo je reguliran (podzeman), a na području Skenderije (30 m otvorenog toka sa regulisanim obalama) je ušće ove tekućice u rijeku Miljacku.

Cilj rada je da se po prvi put prikažu podaci o biodiverzitetu zajednice makrobeskičmenjaka bentosa, kvalitetu vode Koševskog potoka, sa naglaskom na dio toka koji se nalazi u Pionirskoj dolini, kroz analizu stepena degradacije.

MATERIJAL I METODE RADA

Terenska istraživanje za potrebe realizacije rada izvršeno je u periodu 2021 (dva puta) i jednom 2023 (januar i juli). Obuhvaćena su područja (slika 1) Nahorevskog potoka (L1), Koševski potok uzvodno od Pionirske doline (L2), u Pionirskoj dolini (L3) i na izlazu iz Pionirske doline (L4).



Slika 1. Položaj lokaliteta istraživanja (Google Earth Pro)
Figure 1. Location of the research site (Google Earth Pro)

Lokalitet L1–Nahorevski potok, uzvodno od restorana, karakteriše mjestimično zastupljen megalital obrastao podvodnim biljem, a dominira mezolital (Sl. 2). U koritu Koševskog potoka na tri istraživana lokaliteta, prisutan je mezolital, alohtoni dijelovi kamena, mulj, psamal. Vidljiva degradacija staništa je najizraženija u Pionirskoj dolini, a dio toka je sa kontrolisanim (kamenitim) obalama (Sl. 2).



Slika 2. Lokaliteti istraživanja
Figure 2. Research sites

Prilikom terenskih istraživanja izvršeno je mjerenje temperature vode, pH, koncentracije O₂ (mg/L) i saturacije O₂ (%) aparatom WTV Oxi 3205 Set 3 2BA103 i pH indikator trakama pH – Fix 0-14 Macherey-Nagel. Na terenu je izvršeno i uzorkovanje makrobescičmenjaka bentosa, a prema smjericama BAS ISO 10870:2014 standarda *Water quality – Guidelines for the selection of sampling methods and devices for benthic macroinvertebrates in fresh waters*. Uzorak sadži 20 poduzoraka sa zastupljenošću svih razvijenih mikrostanista i njihovim učešćem >5% na istraživanoj dionici tekućice. Za uzorkovanje je korištena mreža za dublje vode (sa promjerom okaca 0,5 mm i dužinom štapa 2 m), a prema odredbama standarda. Laboratorijska obrada uzoraka izvršena je u prostorijama Odsjeka za biologiju Prirodno matematičkog fakulteta Sarajevo, uz korištenje binokularne lupe i ključeva za determinaciju skupina makrobescičmenjaka bentosa (Elliott i sur., 1988; Engbolm, 1996; Glöer, 2002; Hynes, 1975; Moog, 2002; Nesemann & Neubert, 1999; Nilsson 1996, 1997; Tagliapietra & Sigovini, 2010; Wallaace i sur., 1990; Waringer & Graf, 1997). Determinacija makrobescičmenjaka bentosa izvršena je do nivoa, vrste, roda ili familije (Tab.1).

Tabela 1. Nivo identifikacije makrobeskičmenjaka

Table 1. Macroinvertebrate identification level

Grupa	Nivo identifikacije
Gastropoda	rod, vrsta
Oligochaeta	familija
Hirudinea	rod, vrsta
Amphipoda	vrsta
Decapoda	vrsta
Ephemeroptera	rod, vrsta
Plecoptera	rod, vrsta
Trichoptera	rod, vrsta
Coleoptera	rod, vrsta
Diptera	familija, rod

Pri procjeni kvaliteta vode primjenjene su metrike/indeksi i njihove granične vrijednosti za kategoriju kvaliteta (biotip 5 i biotip 6) preuzete su sa stranice www.voda.ba (Ažuriranje biotičke tipologije i granice subregija na vodnom području Save FBiH). Na temelju zajednice makrozoobentosa primijenjene su metrike:

- za ocjenu stupnja degradacije – procjenu organskog opterećenja (sabrobni indeks, BMWP – bodovni indeks, prošireni biotički indeks EBI, OSI% - učešće oligosaprobnih indikatora)
- za procjenu opće degradacije – u cilju odredbe stepena antropogenog pritiska (Shannon-Weaver indeks, EPT%, EPT-s indeks)

Na temelju izračunatih metrika/indeksa izračunat je omjer ekološke kvalitete (EQR) za svaku metriku formulom:

$$EQR = \frac{\text{godišnja srednja vrijednost} - \text{najlošija vrijednost}}{\text{referentna vrijednost} - \text{najlošija vrijednost}}, \text{ na temelju dobivenih vrijednosti}$$

zbir za metrike je podijeljen sa brojem metrika za tip 5 (5) za tip 6 (6), dobivena vrijednost je u intervala od 0 do 1 (Tab. 2).

Za utvrđivanje ekološkog stanja Nahorevskog potoka (biotip 6), a prema kvalitativno-kvantitativnom sastavu uzoraka makrozoobentosa, primjenjene su metrike (indeksi) za pripadajući biotip voda na području Federacije Bosne i Hercegovine: saprobni indeksa Pentle-Buck, 1955 (EQRSI), Shanon-Weaver indeksa diverziteta (EQRH'), OSI% - procenat oligoasprobnih indikatora u uzorku makrozoobentosa, Extended Biotic Index (EQREBI), BMWP – bodovni indeks (EQRBWP) i EPT% - procenat broj taksa redova Ephemeroptera, Trichoptera i Plecoptera u uzorku (EQREPT%), a prema formuli:

$$EQR = \frac{EQRSI + EQROSI\% + EQRH' + EQREBI + EQRBWP + EQREPT\%}{\text{broj metrika (6)}}$$

Za potrebe određivanja ekološkog stanja za biotip 5 – Koševski potok, u izračunavanju su primjenjene vrijednosti saprobnog indeksa Pantle-Buck, 1955 (EQRSI), Shanon-Weaver indeksa diverziteta (EQRH'), Extended Biotic Index (EQREBI), BMWP – bodovni indeks (EQRBWP) i broj taksa redova Ephemeroptora, Trichoptera i Plecoptora u uzorku (EQREPT-s), a prema formuli:

$$EQR = \frac{EQRSI + EQRH' + EQREBI + EQRBWP + EQREPT - s}{\text{broj metrika (5)}}$$

Na temelju dobivenih vrijednosti određena je kategorija ekološkog stanja (Tab. 2).

Tabela 2. Kategorije ekološkog stanja, sa graničnim vrijednostima EQR-a, za makrozoobentos

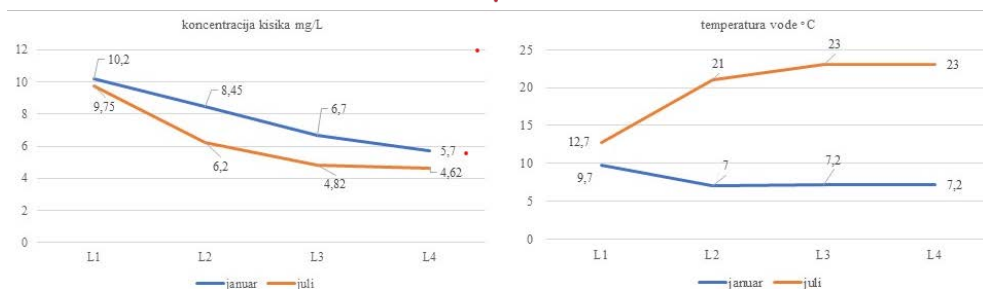
Table 2. Categories of ecological state, with limit values of EQR, for macrozoobenthos

Kategorija ekološkog stanja	Ekološki kvalitet - raspon
Visoko	0,80 – 1,00
Dobro	0,60 - 0,79
Umjereno	0,40 - 0,59
Slabo	0,20 - 0,39
Loše	<0,20

REZULTATI RADA I DISKUSIJA

Rezultati fizičko-hemijskih analiza vode pokazuju da u vodi Nahorevskog potoka koncentracija kisika varira od 9,75 mg/L u ljetnjem period do 10,2 mg/L u zimskom periodu. U Koševskom potoku uzvodno od Pionirske doline vrijednost rastopljenog kisika iznosila je u toku zimskih mjeseci 8,45 mg/L a u toku ljetnjih mjeseci 6,20 mg/L (graf.1). U vodi Koševskog potoka u Pionirskoj dolini izmjerena je niža vrijednost kisika koja je iznosila 6,70 mg/L u toku zime, a ljeti 4,80 mg/L Na izlazu iz Pionirske doline su izmjerene relativno slične vrijednosti kisika u toku zime 5,70 mg/L, a u toku ljeta 4,62 mg/L. Kisik i ugljen dioksid se nalaze rastopljeni u riječnoj vodi u značajnim količinama, na čiju koncentraciju najveći uticaj ima parcijalni pritisak, temperatura, salinitet, disanje i fotosinteza (Allan, 1995). U prirodnim uslovima tekućice, obično sadrže relativno visoku koncentraciju rastvorenog kisika koji teži zasićenju. Prema istraživanjima, koncentracija rastvorenog kisika u tekućicama je možda najznačajniji faktor za egzistenciju akvatičnih organizama (Allan & Castillo, 2007). Otopljeni kisik kao regulacioni parametar (Hynes, 1975), povezan je sa biološkom potražnjom kisika u ekosistemu tekućice. Kako se organska materija u koritu tekućice povećava, brzina razgradnje raste. Mikrobnna biomasa se povećava kao odgovor na povećanje koncentracije hranjivih materija te se za potrebe razgradnje troši više kisika. Kisik se nadoknađuje usvajanjem iz atmosfere, fotosintetskim aktivnostima biljaka i

turbulentnim miješanjem zraka i vode u nezagađenim tokovima tekućice. U dijelovima toka, sa manjim protokom, uslijed povećanja temperature vode, smanjeno je otapanje kisika te uslijed potrošnje od strane bakterija, rezultira smanjenjem koncentracije kisika u vod. Koncentracija kisika u vodi je obrnuto povezana s temperaturom vode (Hynes, 1975). Izmjerene vrijednosti temperature vode (graf.1) u Nahorevskom potoku iznosila je u toku zime 9,7°C a u toku ljeta 12,7°C, dok je uzvodno od Pionirske doline na lokalitetu Koševskog potoka u toku zime izmjerena temperatura od 7°C kao i na ostala dva lokaliteta, a u toku ljeta temperatura je varirala od 21°C uzvodno do 23,5°C na izlazu iz Pionirske doline.



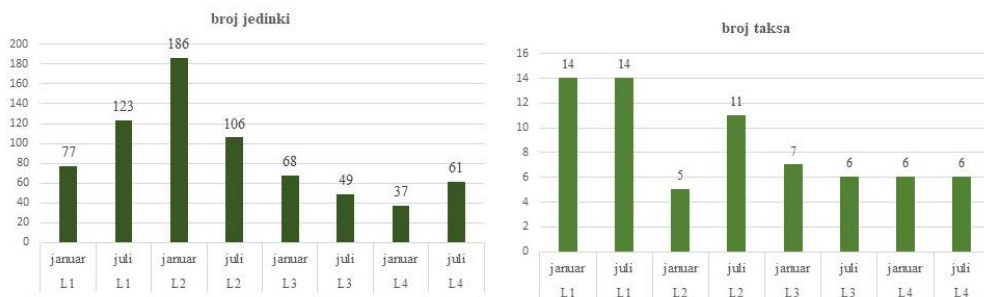
Grafikon 1. Vrijednosti koncentracije kisika (mg/L) i temperature vode (°C) izmjerenih u zimskom i ljetnjem periodu u Nahorevskom i Koševskom potoku

Graph 1. Values of oxygen concentration (mg/L) and water temperature (°C) measured in the winter and summer periods in Nahorevski and Koševski stream

Godišnji termalni režim rijeke jedan je od najznačajnijih parametara kvaliteta vode, koji je ključna komponenta u određivanju distribucije vodenih organizama (Smith, 1981). Većina fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava vode ovisi o temperaturi. Temperatura kao jedan od najvažnijih ekoloških faktora je od velike važnosti u potocima (Beechie i sar., 2013), gdje su izražena sezonalana i dnevna variranja. Godišnji raspon temperature u tekućicama umjerenog pojasa, obično je između 0 i 25°C. Varijacije u vrijednosti pH nastaju zbog prisustva ili odsustva slobodnog CO₂ i koncentracije karbonata te perifitonskih alga tokom različitih mjeseci. Najviša pH vrijednost zabilježena je tokom ljeta (8,45), što se može pripisati visokoj stopi fotosinteze zbog obilja populacije algi i povećanja karbonata i zbog razgradnje organske materije. Niske pH vrijednosti u jesen/zimu (7,75-7,90) mogu biti povezane sa periodom promjena i povećanjem padavina, što dovodi do smanjenja pH vrijednosti. Drugi faktori odgovorni za varijacije u pH vrijednosti uključuju kombinovani efekat smanjenja temperature i koncentracije ugljen dioksida u vodi zbog konverzije bikarbonata u karbonat (Hamid i sar., 2020).

Rezultati analize kvalitativno-kvantitativnog sastava makrobeskičmenjaka u uzorcima bentosa sa istraživanih lokaliteta tekućica (graf. 2) pokazuju da je najveći broj jedinki konstatovan u uzorcima Koševskog potoka uzvodno od Pionirske doline (u nivou Psihijatrijske klinike Jagomir). Najmanji broj jedinki konstatovan je u uzorku iz januara

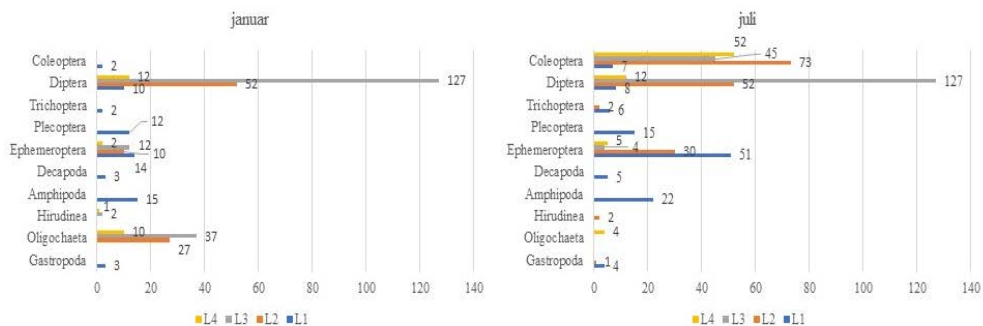
mjeseca (2021 godine) na lokalitetu Koševskog potoka na izlazu iz Pionirske doline. Relativno velika brojnost jedinki u ovom periodu istraživanja registrovana je u uzorcima Nahorevskog potoka (L1), a ove uzorke karakteriše i najveći biodiverzitet (14 taksa) makroseskičmenjaka. Daleko manja raznovrsnost konstatovana je u uzorcima Koševskog potoka na lokalitetima u Pionirskoj dolini (L3 i L4).



Grafikon 2. Prikaz ukupnog broja taksa i jedinki makroinvertebrata u uzorcima sa lokalitetima Nahorevskog i Koševskog potoka

Graph 2. Presentation of the total number of taxa and individuals of macroinvertebrates in samples from the localities of Nahorevski and Koševski stream

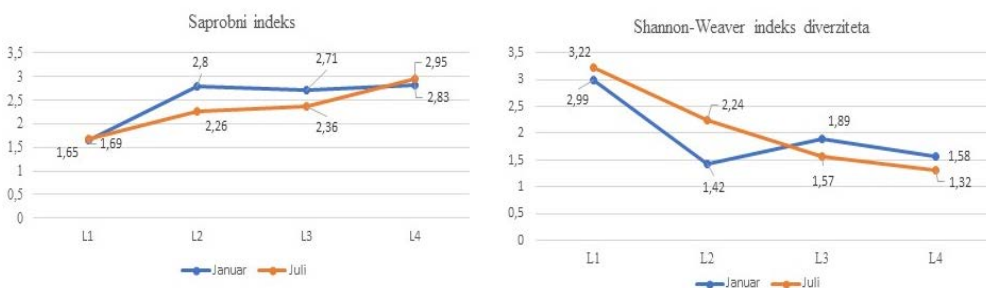
Rezultati zastupljenosti grupa makroseskičmenjaka u uzorcima iz Nahorevskog potoka u periodu istraživanja, pokazuju dominaciju preimaginalanih stadija senzitivnih redova insekata Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera (graf.3). U toku jula mjeseca istaknuta je dominacija jedinki reda Ephemeroptera (51), a u janura amfipodnih račića (15 jedinki). Za ovaj dio toka naglašena je pojava dekapodnog račića *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803) (zaštićena vrsta) koji je i ranije konstatovana u ovom dijelu tekućice (Trožić-Borovac i sur., 2007). U uzorcima Koševskog potoka izražena je dominacija preimaginalnih stadija reda Diptera, a posebno se ističu uzorci iz Pionirske doline (L3). Pored nazanačenih organizama u uzorcima Koševskog potoka konstatovani su i predstavnici reda Coleoptera te pijavice (Hirudinea) i maločekinjaši (Oligochaeta) kao indikatori organskog onečišćenja. Slatkovodni ekosistemi se odlikuju velikom raznovrsnošću životinjskih vrsta (oko 9,5% od do danas opisanih vrsta), uzimajući u obzir da slatke vode su staništa koja zauzimaju <1% površine Zemlje, ovaj postotak je još značajniji (Dudgeon, 2019). Sve je više publikacija koji ukazuju na smanjenje biodiverziteta posebno predstavnika senzitivnih grupa Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera i Odonata. Alarmantni gubici biodiverziteta u slatkim vodama se globalno procjenjuje (usljed pojačanih pritisaka, hidromorfoloških promjena, poljoprivrede, akvakulture, invazivnih vrsta, patogeni, klimatskih promjena i sl.) da su veći nego na kopnu i moru, što utiče na održivost i usluge slatkovodnih ekosistema (Reid i sur., 2019).



Grafikon 3. Komparativni prikaz kvalitativno-kvantitativnog sastava makrozoobentosa uzoraka Nahorevskog i Koševskog potoka uzimskom i ljetnjem periodu

Graph 3. Comparative presentation of the qualitative-quantitative composition of macrozoobenthos samples of Nahorevski and Koševski the stream in the winter and summer periods

Vrijednosti metrika za ocjenu ekološkog stanja, i kvaliteta voda, na istraživanim dionicama Nahorevskog potoka i Koševskog potoka (analizom je apliciran kao jedno vodno tijelo na tri istraživana lokaliteta), a na temelju sastava uzoraka makrozoobentosa, variraju u skladu sa općim ekološkim uslovima (garf. 4). Vrijednosti saprobnog indeksa variraju od 1,65 (I do II kategorija kvaliteta) za januar mjesec, a prema uzorcima u Nahorevskom potoku, do 2,95 (III kategorija ili umjereno zagađena) za uzorke makrobeskičmenjaka bentosa Koševskog potoka na izlazu iz Pionirke doline. Do povećanja saprobne vrijednosti dolazi već na lokalitetu L2 (Psihijatrijska klinika Jagomir), a kao rezultat zagađenja i degradacije abiotičkih uvjeta. Ukupni biodiverzitet, analizaran kroz vrijednosti Shannon-Weaver indeksa, pokazuju kretanje od visokog diverziteta 3,22 u julu na L1 (Nahorevski potok), preko 2,24 u julu na L2 – Koševski potok do pada na 1,32 u julu na lokalitetu Koševskog potoka na izlazu iz Pionirske doline.

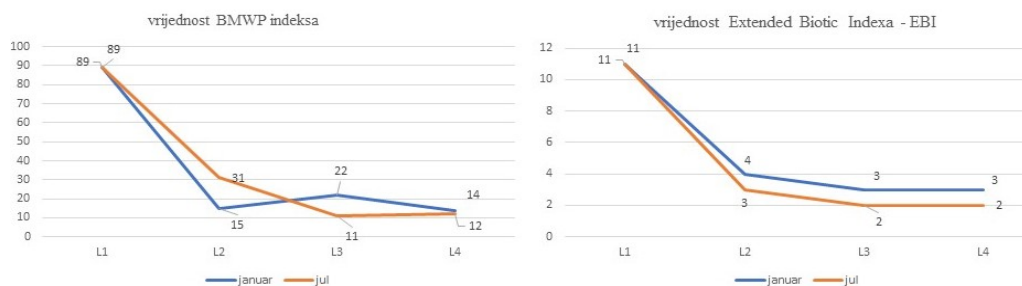


Grafikon 4. Prikaz vrijednosti saprobnog indeksa i Shannon-Weaver indeksa primjenjenih u ocjeni kvaliteta vode (ekološkog stanja) na temelju kvalitativno-kvantitativnog sastava makrobeskičmenjaka uzoraka Nahorevskog i Koševskog potoka

Graph 4. Presentation of the values of the saprobic index and the Shannon-Weaver index applied in the assessment of water quality (ecological condition) based on the

qualitative-quantitative composition of macroinvertebrates of Nahorevski and Koševski the stream samples

Na temelju primjenjenih (odgovarajućih indeksa za analizirani tip voda), u cilju procjene organskog zagađenja (graf. 5) dobivene vrijednosti BMWP indeksa variraju od 89 (I kategorija) za uzorke makroskičmenjaka Nahorevskog potoka do 14 i 12 (IV kategorija) za uzorke Koševskog potoka na izlazu iz Pionirske doline. Dobivene vrijednosti pokazuju trend porasta organskog zagađenja vode Koševskog potoka od L2 do Pionirske doline, uslijed taloženja alohtone organske materija i pritiska na korito rijeke. Sličan trend je utvrđen i za vrijednosti EBI indeksa, od 11 (I kategorija) za uzorke iz Nahorevskog potoka, do 2 za uzorke Koševskog potoka (u julu mjesecu). Vrijednosti ovih indeksa povezani su sa organskim onečišćenjem ali i sa hidromorfološkim promjenama koje su svojim intenzitetom usloveli, veliko siromaštvo vrsta makroskičmenjaka ali i same promjene kvaliteta vode.



Grafikon 5. Prikaz vrijednosti BMWP indeksa i Extended Biotic Indexa (EBI) primjenjenih u ocjeni ekološkog stanja na temelju kvalitativno-kvantitativnog sastava makroskičmenjaka uzoraka iz Nahorevskog i Koševskog potoka

Graph 5. Display of BMWP index and Extended Biotic Index (EBI) values applied in the evaluation of the ecological state based on the qualitative-quantitative composition of macroinvertebrate samples from Nahorevski and Koševski the stream

Okvirna direktiva o vodama, zahtijeva da se rezultati bioloških parametara (BEK) izraze kao omjer ekološkog kvaliteta (EQR) kako bi se standardizirali i osigurali zajednički nivoi ekološkog kvaliteta u svim državama članicama koje učestvuju koristeći različite nacionalne metode. EQR se određuje izražavanjem posmatranog rezultata preko očekivanog rezultata koji izračunava rezultat omjera. Referentni nivo (EQR blizu 1) je prirodno, nepromjenjeno okruženje, procjena obima antropogenog zagađenja u bilo kojem vodnom tijelu zasniva se na stepenu odstupanja od očekivanih referentnih uslova. Na primjer, 'visok status' se definira kao biološka, hemijska i morfološka stanje povezano s niskim ili vrlo niskim ljudskim pritiskom, te stoga, malo ili nimalo odstupa od referentnog statusa, dobar status znači malo odstupanje, umjeren status ukazuje na umjereno odstupanje itd. Izračunavanje EQR u radu je primjenjeno na jedan analizirani biološki prametar (BEK) makroskičmenjaci bentosa u cilju određivanja ekološkog

stanja (Tab. 3). Prema vrijednostima metrika/indeksa za odgovarajući tip voda izračunata je vrijednost EQR i istaknuto ekološko stanje. Na temelju vrijednosti EQR (0,77) za Nahorevski potok (Tip 6) utvrđeno je dobro ekološko stanje. Izmjerene vrijednosti temperature vode, pH, koncentracije kisika su također u kategoriji dobrog ekološkog stanja. Za lokalitete Koševskog potoka koji su jedno vodno tijelo u okviru tipa 5, aplicirane su metrike koje isključuju OSI%, EPT%, a uključuju broj taksa Ephemeroptera, Plecoptera i Trichoptera u uzorku. Dobivena vrijednost EQR-a (0,31), sa izmjerenim vrijednostima analiziranih fizičko-hemijskih parametara vode indiciraju slabo ekološko stanje (IV kategorija) tj. zagađenu tekućicu.

Tabela 3. Vrijednosti za EQR za metrike dva tipa voda na porječju Koševskog potoka, na temelju makrozoobentosa

Table 3. Values for EQR for metrics of two types of water in the Koševski the stream, based on macrozoobenthos

Metrika	Nahorevski potok	Koševski potok
EQRSI	0,87	0,28
EQRH'	1	0,32
EQRBMWP	0,88	0,32
EQREBI	1	0,57
EQROSI%	0,52	NP
EQREPT-s	NP	0,04
EQREPT%	0,31	NP
EQR	0,77	0,31

Vrijednost EQR-a obezbjeđuje zajedničku skalu kako bi se osigurala uporedivost između različitih pritisaka. Utvrđivanje izvora degradacije (pritisaka) olakšava uspostavljanje mjera ublažavanja u cilju revitalizacije ili očuvanja ekološkog statusa. Najveći uticaj na vode rezultat je niza antropogenih pritisaka koji djeluju u kombinaciji višestrukih interakcijskih pritisaka. To uključuje tačkasta i difuzna zagađenja. Posebno iz područja korištenja poljoprivrednog i urbanog zemljišta, komercijalnog šumarstva, industrije, degradacije staništa (hidromorfologija) zbog regulacije protoka, upravljanje poplavama, fragmentacija, brane i druge barijere, invazivne vrste, bolesti i prekomjerna eksploatacija, što se posebno intenziviralo u današnjem vremenu (Kelly-Quinn i sur., 2020). Klimatske promjene, kroz izmjene protoka i temperaturnog režima, u mnogim slučajevima imaju direktan uticaj na ukupnu slatkovodnu bioraznolikost (Reid *et al.*, 2019). Uslijed smanjene količine padavina dolazi do hidroloških promjena koji uvjetuju manju količinu vode u koritu, što povećava akumulaciju zagađujućih materija, smanjivanje raspoloživog kisika i u konačnici smanjuje biodiverzitet akvatičnih organizama (Roine i sur., 2021). Istraživanjima je utvrđena korelacija između urbanizacije zemljišta i koncentraciji rastvorenog fosfora u vodama (Morley & Karr, 2002) što rezultira padom raznovrsnosti i brojnosti jedinki u zajednici makrobeskičmenjaka. U objektivnoj interpretaciji kvaliteta i ekološkog stanja u tekućicama, posebno je naglašena veza između dva biološka parametra

makrobeskičmenjka i makrofita, koji pouzdano determiniraju trofičnost i saprobnost u površinskim vodama (Szozskiewicz i sur., 2018; Varadinova i sur., 2023). Ova veza je rezultat uloge makrofita kao primarnih proizvođača i makrobeskičmenjaka kao potrošača. Kvalitet voda kao parametar namjene i korištenja površinski akvatičnih ekosistema, jedan je od najobjektivnijih pokazatelja ukupnog ekološkog statusa i intenziteta antropogenih pritisa.

ZAKLJUČAK

Koševski potok, vodotok koji je kroz historiju pretrpio veliki intenzitet antropogenih promjena, u cilju kontrole i korištenja prostora, po prvi put je analiziran u cilju utvrđivanja kvaliteta vode. Ovaj parametar odabran je prema odredbama upravljanja vodama na području Federacije Bosne i Hercegovine, a usklađen sa odredbama Okvirne direktive o vodama. Utvrđeno slabo ekološko stanje Koševskog potoka na području Pionirske doline (dominantno izletišta djece) obavezuje na hitno uspostavljanje mjera zaštite, revitalizacije ove tekućice, kao i mjere koje će ublažiti moguće negativne efekte na ekosistem tekućice i šireg područja. Što je temelj adekvatnom upravljanja vodama na određenom prostoru.

LITERATURA

- Allan, J.D. (2004): Landscapes and Riverscapes: The Influence of Land Use on Stream Ecosystems *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 35:257–84
- Allan, J.D. & Castillo M.M. (2007): Stream ecology: structure and function of running waters, 2nd edn. Chapman and Hall, New York
- Beechie, T., Imaki, H., Greene, J., Wade, A., Wu, H., Pess, G. (2013): Restoring salmon habitat for a changing climate. *River Res Appl* 29:939–960
- Dudgeon, D. (2019): Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology* 29, R960–67.
- EC (2000): Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council establishing a framework for the Community action in the field of water policy. – EU Water Framework Directive (WFD) – Brussels, pp. 1–72.
- Elliott, J.M., Humpesch, U.H., Macan, T.T. (1988): Larvae of the British Ephemeroptera, a key with ecological notes. Scientific Publication of the Freshwater Biological Association, 49, 145 pp.
- Engbolm, E. (1996): Ephemeroptera, Mayflies. In: A.N. Nilsson (ed.). Aquatic Insects of North Europe - A taxonomic Handbook. Part 1. Apollo Book. Stenstrup, pp: 1-53.
- Gajević, M., Trožić-Borovac, S., Đug, S., Bešta-Gajević, R. (2022): Primjena vodenih makroinvertebrata i mikrobioloških parametara vode u ocjeni ekološkog statusa rijeke Vogošće u Bosni i Hercegovini. *Educa*, 15:31-38

- Glöer, P. (2002): Süßwassergastropoden Nord- und Mitteleuropas : Mollusca I : Bestimmungsschlüssel, Lebensweise, Verbreitung. Hackenheim : ConchBooks, Geramn, 325 pp
- Hamid, A., Bhat, SU & Jehangir, A. (2020): Local determinants influencing stream water quality. *Appl Water Sci* 10, 24
- Hynes, H.B.N. (1975): The stream and its valley. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 19:1–15
- Karr, J.R. & Dudley, D.R (1981): Ecological perspective on water quality goals. *Environmental Management*, 5:55-68.
- Kelly-Quinn, M., Feeley, H. & Bradley, C. (2020): Status of freshwater invertebrate biodiversity in Ireland's rivers – time to take stock. *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* , 120B, 2: 65-82
- Morley, S.A & Karr, J.R. (2002): Assessing and restoring the health of urban streams in the Puget Sound Basin. *Conserv Biol* 16:1498–1509
- Moog, O. (2002): Fauna Aquatica Austriaca, Edition 2002: Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna.
- Nesemann, H. & Neubert, E. (1999): Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Bd. 06/2: Annelida: Clitellata: Branchiobdellida, Acanthobdellea, Hirudinea (German Edition) 1st Edition. Spektrum Akademischer Verlag; 1st edition. German, 178 pp
- Nilsson, A. (1996): Aquatic Insects of North Europe (Volume 1). Apollo Books. Stenstrup Denmark, 440 pp.
- Nilsson, A. (1997): Aquatic Insects of North Europe – Odonata i Diptera (Volume 2). Apollo Books. Stenstrup Denmark, 274 pp.
- Reid, A.J., Carlson, A.K., Creed, I.F., Eliason, E.J., Gell, P.A. i sur. (2019): Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews* 94, 840–73.
- Roine, A., Reid, B.; Uribe, L., Moreno-Meynard, P., Fierro, P., Madriz, I., Death, R. (2021): Macroinvertebrate community composition and richness along extreme gradients: The role of local, catchment, and climatic variables in Patagonian headwater streams. *Freshw. Biol.* , 67, 445–460.
- Smith, K. (1981): The prediction of river water temperature. *Hydrol Sci Bull* 26(1):19–32
- Szozzkiewicz, K., Jusik, S., Lewin, I., Czerniawska-Kusza, I., Kupiec, J., Szostak, M. (2018): Macrophyte and macroinvertebrate patterns in unimpacted mountain rivers of two European ecoregions. *Hydrobiologia* 808, 327–342
- Škrijelj, R., Đug, S., Trožić-Borovac, S., Drešković, N., Gajević, M., Trakić, S., Korijenić, E., Šljuka, S., Vesnić, A., Mušović, A. (2019): Ažuriranje biotičke tipologije i granice subregija na vodnom području Save FBiH. www.voda.ba
- Tagliapietra, D. & Sigovini, M. (2010): Benthic fauna: collection and identification of macrobenthic invertebrates. *Terre et Environnement*, 88: 253-261.
- Trožić-Borovac, S., Deljanin, L., Dautbašić, M. (2007): Ecological and biosystematic characteristic of stone crayfish *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1804) from

- the Nohorevo brook. Work of the Faculty of Forestry, University of Sarajevo. 1:30-55
- Trožić-Borovac, S., Mesić, E., Imamović, A. (2022): Zajednica makrobeskičmenjaka litorala Boračkog jezera u procjeni ekološkog stanja. *Radovi poljoprivredno-prehrambenog fakulteta*, 71/2. 114-126
- Varadinova, E., Gecheva, G., Tyufekchieva, V., Milkova, T. (2023): Macrophyte - and Macrozoobenthic-Based Assessment in Rivers: Specificity of the Response to Combined Physico-Chemical Stressors. *Water* 15(12), 2282
- Wallace, I. D., Wallace, B. B., Philipson, G. N. (1990): A key to the case-bearing caddis larvae of Britain and Ireland. Freshwater Biological Association, Ambleside, Scientific Publication No. 51, 1-237.
- Waringer, J., Graf, W. (1997): Atlas der österreichischen köcherfliegenlarven: unter Einschluss der angrenzenden Gebiete. Wien: Facultas Universitätsverlag.

THE QUALITATIVE ASSESSMENT OF KOŠEVO STREAM IN TERMS OF WATER FRAMEWORK DIRECTIVE 2000/60/EC BASED ON THE MACROZOOBENTHOS COMMUNITIES

Summary

Koševo Stream is the right tributary of the river Miljacka. It is formed by Nahorevo Stream and Grončavica in Nahorevo settlement. Stream water quality is a parameter determined by abiotic and biotic factors, which determine the overall ecological status. According to the applied provisions of the WFD, this river (Koševo Stream) is in type 5 - Small and medium-sized plain and mountain rivers with a medium-large bottom substrate, and Nahorevo Stream as a single water body is type 6 - Small and medium-sized hill and mountain rivers with a dominance of large fraction in the bottom substrate. Field research was done in January and July 2021-2023. The analysis included selected physical-chemical and biological parameters. Sampling of benthic macroinvertebrates was done according to the BAS ISO 10870:2014 standard. For the purposes of determining the ecological condition, the following metrics were applied: saprobic index, Shannon-weaver index, BMWP, EPT%, EPT-s, EBI, OSI%. Variations in temperature, pH and oxygen regime initiate changes in the composition of macroinvertebrates, which show the greatest diversity in the samples of Nahorevo Stream. Under the influence of pollution in the downstream part of the Koševo Stream, the degradation of the composition of macroinvertebrates was determined, where the eurovalent representatives of small-bristled insects and preimaginal tadpoles of dipterous insects dominate. The obtained values show that the water of the Nahorevo Stream is in a good ecological condition, and the Koševo Stream is polluted and in a poor ecological condition, especially in the area of the zoo center Pionirska dolina.

Key words: saprobity, trophy, ecological status, degradation, protection, ecosystem, wastewater, Pionirska dolina