

URBANI POTOCI – PRISTUPAČNA STANIŠTA ZA PROVEDBU EKOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U NASTAVI PRIRODE I BIOLOGIJE

Mirela Sertić Perić, Ines Radanović

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Biološki odsjek, Zagreb, Hrvatska
msertic@biol.pmf.hr

SAŽETAK

Širenjem urbanih zona i povećanjem broja urbanog stanovništva, gradovi su postali najveći izvori onečišćenja. Suvremeni urbani sadržaji povećavaju kvalitetu života gradskog stanovništva, međutim mijenjaju prirodno stanje okoliša. Stoga se u suvremenoj biologiji počela isticati urbana ekologija - jedna od novijih disciplina presudna za urbanizam i urbanističko planiranje, koja omogućuje procjenu stanja okoliša u gradovima te provedbu sustavnog nadzora, u svrhu očuvanja i zaštite gradskih ekosustava, uključujući i urbane vodotoke. U ovom radu navodimo primjer istraživanja urbanih potoka u kojem se razmatraju razmjeri i moguće posljedice urbanih utjecaja na ekologiju vodenih ekosustava i koje može poslužiti kao osnova za objašnjavanje osnovnih ekoloških koncepata i sadržaja, kao što su struktura bioloških zajednica, hranidbene mreže, oligotrofija ili eutrofija, ekološka valencija i rasprostranjenost organizama, ekološka niša. Nadalje, povezivanjem tematike urbane ekologije s problematikom ugroženosti vodnih resursa te korištenjem urbanih potoka kao modelnih staništa za istraživanje ekoloških tema (i usvajanje ekoloških koncepata) u nastavi Prirode i Biologije, učenike se (osim važnih ekoloških koncepata) upoznaje i sa suvremenom ideologijom „zelenog rasta“, „zelenih“ gradova, održivog razvoja, zaštite okoliša te regionalnog razvoja. Opisano istraživanje primjereno je za učenike viših razreda osnovne škole (Biologija 7 i 8) i/ili za učenike srednjih škola (u vidu kratkoročnog i/ili dugoročnog ekološkog istraživanja urbanih potoka u neposrednoj blizini škole i/ili životne sredine učenika), a može se prilagoditi i za učenike mlađeg uzrasta. Predstavljeno istraživanje uključuje istraživanje ekološkog stanja urbanih potoka kroz praćenje: (i) kakvoće vode (fizičko-kemijskih svojstava vode); (ii) sastava vodene faune koja čini osnovu hranidbenih lanaca u vodenim ekosustavima (bentoskih makrobekralježnjaka i organizama obraštaja); (iii) dinamike transporta (nizvodnog otplavlivanja) organizama u urbanim vodotocima; (iv) biotičkog indeksa na osnovu primijećenih makrobekralježnjaka kao informaciji o onečišćenju vodotoka. Važno je napomenuti da odabrane aktivnosti mogu biti primijenjene u istraživanju osnovnih bioloških pokazatelja svih, a ne samo urbanih, vodenih ekosustava. U tom smislu, opisana metodologija može biti prilagođena i primijenjena za slična istraživanja ostalih tipova tekućica dostupnih učenicima. Pri provedbi aktivnosti, potiče se korištenje Priručnika za voditelje programa GLOBE, koji je dostupan na poveznici <http://globe.pomsk.hr/prirucnik.htm>, i kojim se već služi i više od stotinu hrvatskih škola uključenih u GLOBE mrežu, ali se predlažu i novije (kvantitativne) metode uzorkovanja makrobekralježnjaka i organizama obraštaja, kao i pojednostavljeni ključevi za taksonomsku determinaciju organizama primjenjivi u nastavi Prirode i Biologije.

Ključne riječi: urbana ekologija, makrozoobentos, drift, Hessov uzorkivač, biotički indeks, ključevi za taksonomsku determinaciju

UVOD

Gotovo polovica svjetske populacije živi u urbanim područjima, a suvremeni trend urbanizacije prisutan je i u Hrvatskoj. S gotovo 70% gradskog stanovništva, Hrvatska se svrstava u umjereno urbanizirane zemlje, a najveća koncentracija stanovništva (18%) i većine privrednih djelatnosti je u gradu Zagrebu (Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 2012). Širenjem urbanih zona i povećanjem broja urbanog stanovništva, gradovi su postali najveći potrošači pitke vode i postojećih energetske zalih, ali i najveći izvori onečišćenja. U razdoblju suvremenih globalnih promjena, potencijalni izvori, kao i okolišni pokazatelji i posljedice onečišćenja u urbanim zonama su brojni. Uz problem gradske buke i zagađenja zraka i tla, najčešće se ističe problem pitkih voda, koji je ponajviše vezan uz preobrazbu, prenamjenu i potpuno zatrpavanje gradskih vodenih tokova, odnosno uz onečišćenje gradskih vodenih ekosustava (Paul i Meyer, 2001).

Osim za piće, urbani vodotoci mogu primjerice poslužiti i za regulaciju gradske (mikro)klime, biogeokemijsko kruženje tvari i poljoprivredne djelatnosti u urbanim zonama te u sportsko-rekreacijske svrhe, odnosno za promociju zdravog načina života i prevenciju bolesti urbanog stanovništva (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Također, urbani potoci mogu poslužiti i kao pristupačna staništa za provedbu ekoloških istraživanja u nastavi Prirode i Biologije. Dakle, „usluge“ urbanih vodenih ekosustava (engl. ecosystem services) su višestruke i mogu znatno utjecati na kakvoću života stanovništva u gradovima, uključujući i njegovu odgojnu i obrazovnu dimenziju. Povećanje obima urbanih sadržaja i kvalitete života gradskog stanovništva često mijenja prirodno stanje okoliša te u određenoj mjeri smanjuje kakvoću prirodnih resursa (Paul i Meyer, 2001). Stoga se u suvremenoj biologiji počela isticati urbana ekologija - jedna od novijih disciplina presudna za urbanizam i urbanističko planiranje, koja omogućuje procjenu stanja okoliša u gradovima te provedbu sustavnog nadzora, u svrhu očuvanja i zaštite gradskih ekosustava, uključujući i urbane vodotoke.

Do danas u Hrvatskoj nije često istraživano i praćeno u kojoj mjeri urbani činitelji utječu na strukturu i ekološku funkcionalnost urbanih vodenih ekosustava, odnosno na kakvoću voda i karakteristike/stabilnost životnih zajednica u urbanim vodotocima. Procjena sastava faune urbanih potoka, uz određivanje bioloških pokazatelja koji upućuju na razinu stresa u potočnim životnim zajednicama, daje jedinstven uvid o potencijalno štetnom djelovanju urbanih utjecaja na organizme koji su posredno ili neposredno vezani uz gradske vodene ekosustave, uključujući i ljude.

Povezivanjem tematike urbane ekologije s problematikom ugroženosti vodnih resursa te korištenjem urbanih potoka kao modelnih staništa za istraživanje ekoloških tema (i usvajanje ekoloških koncepata) u nastavi Prirode i Biologije, učenike se (osim važnih ekoloških koncepata) može upoznati sa suvremenom ideologijom „zelenog rasta“, „zelenih“ gradova, održivog razvoja, zaštite okoliša te regionalnog razvoja (Europska komisija, 2013). Dakle, provođenjem malih istraživačkih projekata učenika na urbanim potocima, ponajprije se stječe uvid u razmjere antropogenih pritisaka na životne zajednice slatkih voda i procjenu ekološkog stanja urbanih vodotoka. Rezultati takvih istraživanja potom mogu poslužiti kao temelj za raspravu o kvaliteti urbanog okoliša, kao i o utjecaju ljudi na prirodna staništa i urbani okoliš. Također, kroz provedbu malih istraživačkih projekata u urbanoj sredini i svom bliskom okruženju, učenici detaljnije upoznaju svoju životnu sredinu te razvijaju stav i svijest o pojmu i značaju regionalnog identiteta, kao i o suvremenim trendovima poput „zelenog rasta“ i urbane ekologije.

Kako uklopiti istraživanje urbanih potoka u nastavu Prirode i Biologije?

Kratkoročna i/ili dugoročna ekološka istraživanja urbanih potoka u neposrednoj blizini škole i/ili životne sredine učenika mogu se uklopiti u nastavu Prirode i Biologije u sklopu izvanučioničke nastave, odnosno u vidu malih (predmetnih) i/ili većih (školskih) istraživačkih projekata učenika. Ovdje je naveden primjer istraživanja urbanih potoka u kojem se razmatraju razmjeri i moguće posljedice urbanih utjecaja na ekologiju vodenih ekosustava i koje može poslužiti kao osnova za objašnjavanje osnovnih ekoloških koncepata i sadržaja, kao što su npr. struktura bioloških zajednica, hranidbene mreže, oligotrofija/eutrofija, ekološka valencija i rasprostranjenost organizama, ekološka niša i sl. (NCVVO, 2016). Uzimajući u obzir poveznicu između urbanog okoliša, antropogenog utjecaja i problematike ugroženosti vodnih resursa, putem opisanog istraživanja učenici se (osim važnih

bioloških/ekoloških koncepata) upoznaju i s konceptom održivosti i razvoja te pojmovima „zelenog rasta“ i „zelenih“ gradova te zaštite okoliša (Europska komisija, 2013; NCVVO, 2016).

Opisano istraživanje primjereno je za učenike viših razreda osnovne škole (Biologija 7 i 8) i/ili za učenike srednjih škola, a uključuje istraživanje ekološkog stanja urbanih potoka kroz praćenje:

- ☞ kakvoće vode (fizičko-kemijskih svojstava vode);
- ☞ sastava vodene faune koja čini osnovu hranidbenih lanaca u vodenim ekosustavima (bentoskih makrobekralježnjaka i organizama obraštaja);
- ☞ dinamike transporta (nizvodnog otplavlivanja) organizama u urbanim vodotocima.

Važno je napomenuti da odabrane aktivnosti mogu biti primijenjene u istraživanju osnovnih bioloških pokazatelja svih, a ne samo urbanih, vodenih ekosustava. U tom smislu, opisana metodologija može biti prilagođena i primijenjena za slična istraživanja ostalih tipova tekućica dostupnih učenicima. Pri provedbi aktivnosti, potiče se korištenje Priručnika za voditelje programa GLOBE, koji je dostupan na poveznici <http://globe.pomsk.hr/prirucnik.htm>, i kojim se već služi i više od stotinu hrvatskih škola uključenih u GLOBE mrežu. GLOBE-mreža provodi redovita i kontinuirana učenička mjerenja i opažanja (atmosfera, vode, tla i pokrova) u neposrednom okolišu škole, a rezultati istraživanja se međusobno upotpunjuju i povezuju, čime se ostvaruje program cjelovitog praćenja stanja okoliša (GLOBE Hrvatska, 2016). Osim GLOBE metodologije, u ovom radu se predlažu i neke nove (kvantitativne) metode uzorkovanja makrobekralježnjaka i organizama obraštaja, kao i pojednostavljeni ključevi za taksonomsku determinaciju organizama upotrebljivi u nastavi Prirode i Biologije.

METODE

Planiranje istraživanja urbanih potoka

Za istraživanje se odaberu različita mikrostaništa (postaje istraživanja) duž odabranih urbanih potoka, duž kojih su evidentni različiti „scenariji“ antropogenog utjecaja. Odaberu se:

- ☞ mikrostaništa u području manje intenzivne antropogene aktivnosti (npr. u prirodnom tj. nekanaliziranom dijelu toka; zasjenjeni dio toka okružen drvećem i drugom drvenastom vegetacijom), koja će predstavljati REFERENTNE POSTAJE te
- ☞ mikrostaništa izložena većim urbanim i antropogenim utjecajima (npr. u kanaliziranom dijelu toka; u blizini utjecaja domaćinstava, gusto naseljenih područja, prometnica, sportsko-rekreacijskih, poljoprivrednih, industrijskih, turističkih sadržaja i sl.), koja će predstavljati ANTROPOGENO-UTJECANE POSTAJE.

Dakle, vrlo je važno odabrati istraživačke postaje (mikrostaništa), koje će predstavljati referentne postaje („kontrolu“), tj. postaje koje podnose najmanji pritisak antropogenih aktivnosti, te postaje koje podnose pojačani urbani (antropogeni) utjecaj. Također, važno je predvidjeti dostatan broj replikata za svaki tip postaje, odnosno potrebno je odabrati barem po 2 referentne postaje te barem po 2 antropogeno-utjecane postaje (npr. po 2 postaje u blizini prometnica, industrije, bolnice, gradskih vrtova i sl.), kako bi se po provedbi istraživanja mogla provesti kvalitetna analiza prikupljenih podataka. Provedba istraživanja ekološkog stanja urbanih potoka predviđa aktivnosti predstavljene u tablici 1. Pri obradi podataka sakupljenih tijekom istraživanja mogu se izračunati brojnost i indeks biološke raznolikosti za pojedine skupine organizama te za cjelokupnu zajednicu svake istraživačke postaje, a može se odrediti i kakvoća vode na osnovu vrlo jednostavno primjenjivog biotičkog indeksa prema BMWP-ASPT metodi (Biological Monitoring Working Party-Average Score Per Taxon). Važan je dio analize podataka statistička obrada podataka koja će ovisiti o dobi učenika i njihovom razumijevanju statističkih metoda, ali je neophodno da se pri interpretaciji podataka koriste srednje vrijednosti, kako bi učenici naučili da se na osnovu jednog zabilježenog podatka ili malog broja

podataka ne može donijeti vjerodostojan zaključak. Također se pri interpretaciji preporučuje korištenje postotnog udjela kako bi se jasnije izrazio i uočio trend raspodjele i utjecaja podataka brojnosti ili biomase organizama u potoku.

Tablica 1 Provedba istraživanja ekološkog stanja urbanih potoka

Istraživačke aktivnosti
1. Uzorkovanje i provođenje mjerenja na terenu
1.1. Uzorkovanje vode za naknadnu analizu u školi
1.2. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara u vodi na terenu
1.3. Uzorkovanje bentoskih makrobeskralježnjaka u potočnom bentosu
1.4. Uzorkovanje bentoskih makrobeskralježnjaka u stupcu vode (tzv. uzorkovanje drifta)
1.5. Uzorkovanje organizama obraštaja
2. Analiza uzoraka bentosa i obraštaja u školi
2.1. Taksonomska determinacija makrobeskralježnjaka u uzorcima bentosa i drifta
2.2. Taksonomska determinacija organizama obraštaja
3. Obrada rezultata istraživanja

Uzorkovanje i provođenje mjerenja na terenu

1.1. Uzorkovanje vode za naknadnu analizu u školi

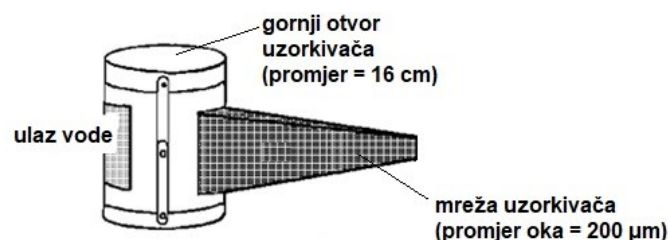
Na svakoj istraživačkoj postaji prikupe se replikatni uzorci vode (najmanje 2 uzorka), koji će naknadno (u školi) biti podvrgnuti analizama fizikalno-kemijskih parametara (npr. koncentracije kisika, nitrata, nitrita) odgovarajućim metodama opisanim u *Priručniku za voditelje programa GLOBE* (Matoničkin Kepčija, 2008). Uzorci vode sakupljaju se ručno, u čiste plastične boce.

1.2. Mjerenje fizikalno-kemijskih parametara u vodi na terenu

Mjerenje nekoliko fizikalno-kemijskih parametara (npr. temperatura, električna vodljivost, pH) provodi se izravno na terenu pomoću odgovarajućih terenskih mjernih uređaja i metoda opisanih u *Priručniku za voditelje programa GLOBE* (Matoničkin Kepčija, 2008).

1.3. Uzorkovanje bentoskih makrobeskralježnjaka u potočnom bentosu

Prilikom svakog izlaska na teren, na svakoj istraživačkoj postaji uzimaju se replikatni uzorci bentosa (tj. barem 2 uzorka bentoskih makrobeskralježnjaka i pridružene organske tvari) uporabom Hessovog uzorkivača površine 0,049 m² (Slika 1), opremljenog mrežom promjera oka 200 μm, kojim se standardno vrši kvantitativno uzorkovanje bentosa s različitih/reprezentativnih tipova mikrostaništa/supstrata u plitkim tekućicama (Hauer i Resh, 2006). Hessov uzorkivač je pogodan, jer omogućuje precizno kvantitativno uzorkovanje bentosa. U nedostatku profesionalnog Hessovog uzorkivača, može se izraditi zamjenski pomoću plastične vodovodne ili kanalizacijske cijevi većeg promjera i materijala koji se u kućanstvima koristi za izradu zastora (tzv. markizeta).



Slika 1 Hessov uzorkivač potočnog bentosa (prilagođeno prema: <https://www.studyblue.com/notes/n/wildlife-exam-3/deck/11017364>)

Uzorkivač se uroni u potok te se kroz njegov gornji otvor rukom uznemiri dno potoka, čime se omogućuje ulazak organizama i tvari iz potočnog bentosa u mrežu uzorkivača (Slika 2a). Mreža uzorkivača se potom ispere (Slika 2b), a materijal prikupljen u mreži se pročisti pomoću sita istog

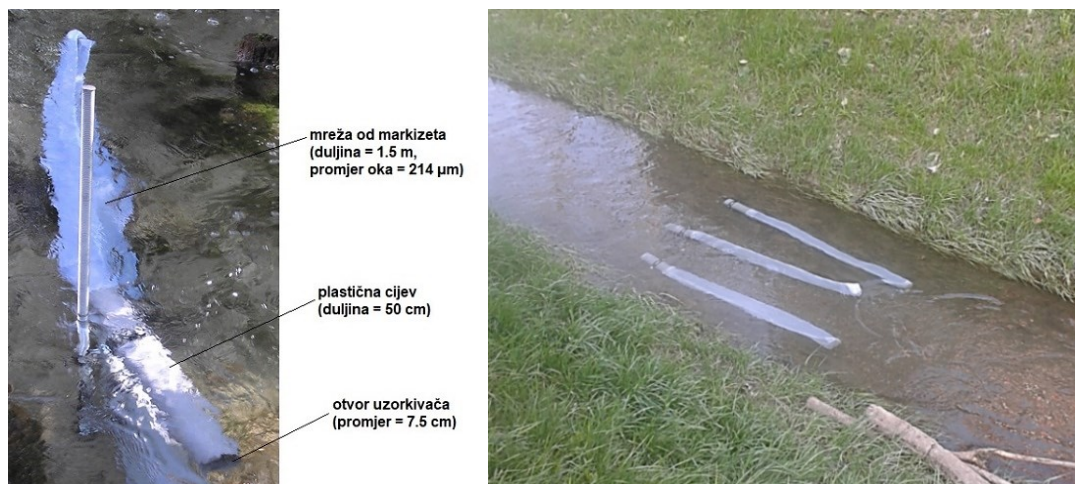
promjera oka kao i mreža (200 μm) i pohrani u 70% etanol. Budući da je mrežu potrebno isprati, kako bi se uklonio i pohranio prikupljeni materijal, pri dizajniranju uzorkivača je važno uzeti u obzir mogućnost pričvršćivanja i skidanja mreže s osnovne konstrukcije (cijevi) uzorkivača (Slika 2b).



Slika 2 Uzorkovanje potočnog bentosa uporabom Hessovog uzorkivača (Foto: Z. Dragun)

1.4. Uzorkovanje bentoskih makrobeskralježnjaka u stupcu vode (tzv. uzorkovanje drifta)

Prilikom svakog izlaska na teren na svakoj istraživačkoj postaji uzorkuju se makrobeskralježnjaci i organska tvar u driftu (u transportu/stupcu vode) uporabom drift-mreže, odnosno cilindrične plastične cijevi (duljine 50 cm, unutrašnjeg promjera 7,5 cm; otvora 44,2 cm^2) opremljene mrežom duljine 1,5 m (promjera oka 214 μm) (Slika 3). Mreža se može izraditi (sašiti) i od materijala markizeta (važno je prethodno pomoću mikroskopa i optičkog mikrometra odrediti promjer oka odabranog materijala).



Slika 3 Drift uzorkivač uronjen u potok i prikaz simultanog prikupljanja uzoraka drifta. (Foto: M. Sertić Perić)

Na svakoj postaji, replikatni uzorci drifta (barem 2 uzorka) mogu se prikupljati simultano tijekom 15–30 minuta (Slika 3). U cilju standardizacije varijabli drifta po jedinici volumena (broj jedinki/ m^3 , količina organske tvari/ m^3), na otvoru svake drift mreže mjeri se brzina strujanja vode uporabom terenskog uređaja za mjerenje brzine strujanja vode (komercijalne inačice hidrometrijskog krila) te se zabilježi točno vremensko trajanje sakupljanja uzoraka (izloženost mreže struji vode). Prikupljeni uzorci drifta se isperu s mreže te pohrane u 70% etanol.

1.5. Uzorkovanje organizama obraštaja

Obraštaj se uzorkuje na svakoj postaji, tijekom svakog izlaska na teren, metodom struganja i četkanja ili pomoću korera (Slika 4), ovisno o tipu supstrata. S kamenite i drugih čvrstih podloga obraštaj se sastruže skalpelom ili četkicom (npr. četkicom za zube), a s pomične podloge (mulj, pijesak) korerom.



Slika 4 Uzorkovanje obraštaja metodom struganja i korerom (Foto: Z. Dragun)

Važno je zabilježiti površinu sastrugane podloge, odnosno ukupni volumen sastruganog ili korerom prikupljenog materijala, a prikupljeni materijal pohraniti u plastične bočice i dopremiti u školu na hladnom, bez konzerviranja, budući da se mora promatrati dok su organizmi još živi.

2. Analiza uzoraka bentosa i obraštaja u školi

Svi uzorci bentosa i obraštaja sakupljeni na terenu transportiraju se do škole, gdje se provodi njihova daljnja analiza:

2.1. Taksonomska determinacija makrobekralježnjaka u uzorcima bentosa i drifta

U školi, iz svakog uzorka bentosa/drifta, izoliraju se i determiniraju makrobekralježnjaci do najniže moguće taksonomske razine uporabom lupe i pojednostavljenih ključeva za taksonomsko određivanje slatkovodnih makrobekralježnjaka (Prilog 1). Gustoća populacija pojedinih vrsta u bentosu izražava se kao broj jedinki po jedinici površine (broj jedinki/m²), a gustoća drifta kao broj jedinki po jedinici volumena vode (broj jedinki/m³), korištenjem sljedećih formula za izračunavanje:

$$\text{Broj jedinki/m}^2 = \frac{\text{broj jedinki u uzorku bentosa uzetog Hessovim uzorkivačem}}{0.049 \text{ [m}^2\text{]}} \quad (\text{za uzorke bentosa})$$

$$\text{Broj jedinki/m}^3 = \frac{\text{broj jedinki u uzorku drifta}}{0.004418 \text{ [m}^2\text{]} \times \text{brzina strujanja vode [m/s]} \times \text{trajanje uzorkovanja [s]}} \quad (\text{za uzorke drifta}),$$

u kojima su 0.049 i 0.004418 [m²] površine otvora Hessovog i drift-uzorkivača

Prilikom taksonomske determinacije, svaka jedinka makrobekralježnjaka može se dodatno i izmjeriti (u svrhu određivanja veličinskih kategorija organizama u bentosu i driftu) pomoću milimetarskog papira umetnutog ispod Petrijeve zdjelice u kojoj se determiniraju organizmi.

2.2. Taksonomska determinacija organizama obraštaja

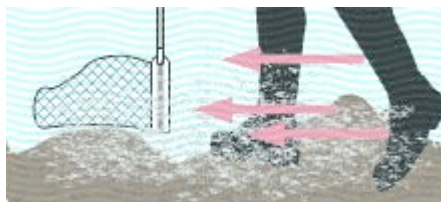
Budući da je većina obraštajnih organizama osjetljiva na fiksative, uzorci obraštaja se pregledavaju na živom materijalu, najkasnije 24 sata nakon uzorkovanja, jer nakon toga dolazi do promjena u sastavu zajednice uslijed razmnožavanja, uginuća i začahurenja pojedinih vrsta. Uzorci se pregledavaju pomoću svjetlosnog mikroskopa i pojednostavljenih ključeva za taksonomsko određivanje slatkovodnih organizama obraštaja (Prilog 2). Za kvantitativnu analizu, uzorak se homogenizira protresanjem i Pasteurovom mikropipetom uzima se po 3 poduzorka volumena 0.5 mL, u kojima se determinira i izbroji sva mikrofauna. Gustoća populacija pojedinih svojti izražava se kao broj jedinki po jedinici površine (jed. cm⁻²) ili volumena (jed. cm⁻³).

3. Obrada rezultata istraživanja

3.1. Izračun brojnosti i indeksa biološke raznolikosti za pojedine skupine organizama (makrobekralježnjaci, organizmi obraštaja) te za cjelokupnu zajednicu svake istraživačke postaje/potoka metodi opisanoj u *Priručniku za voditelje programa GLOBE* (Matoničkin Kepčija, 2008).

3.2. Određivanje biotičkog indeksa kakvoće vode

Jedan od mogućih pokazatelja pri određivanju kvalitete vode je utvrđivanje biotičkog indeksa, koji može ukazati na onečišćenje u određenom području, a može se koristiti i kao metoda za kontinuirano praćenje kvalitete vode (biomonitoring). U radu s učenicima je primjereno koristiti biotički indeks prema BMWP-ASPT (*Biological Monitoring Working Party-Average Score Per Taxon*) metodi (Armitage i sur, 1983; Alba-Tercedor i sur, 1988; Martin i sur, 2007). Ta metoda kao indikatorske organizme koristi makrobekralježnjake, najviše zastupljene kukcima koji dio ili cijeli životni ciklus provode u vodi. BMWP-ASPT metoda temelji se na načelu da različiti vodeni beskralježnjaci imaju različitu toleranciju na zagađivače te svrstava slatkovodne makrobekralježnjake u skladu s njihovim sposobnostima da podnesu onečišćenje u njihovim staništima (tablica 2). U osnovi, taj indeks procjenjuje raznolikost organizama s obzirom na karakteristike specifične skupine i njene mogućnosti preživljavanja prema stupnju onečišćenja vodenog staništa (. Najveća prednost ove metode je jednostavnost za korištenje. Na osnovu promatranja potrebno je utvrditi postojanje pojedinih skupina kukaca i zabilježiti bodovnu vrijednost u skladu s tablicom 2. Zbroj bodova kao BMWP vrijednost ukazuje na kvalitetu vode, s time da više vrijednosti (u rasponu od 1 do 13) ukazuju na manju razinu onečišćenja, odnosno na bolju kvalitetu vode (tablica 3). Zbroj bodova podijeli se s brojem zabilježenih skupina kako bi se izračunala ASPT vrijednost, koja odražava procjenu raznolikosti staništa. Za olakšano korištenje, posebno kod mlađih učenika, može se koristiti slikovni ključ za biotički indeks prema BMWP-ASPT metodi (prilog 4), pri čemu nije potrebno poznavanje latinskih imena skupina i porodica makrobekralježnjaka. U svrhu određivanja BMWP-ASPT, makrobekralježnjaci se mogu sakupiti Surberovom mrežom, Hessovim uzorkivačem (u plitkoj vodi) ili ručnom D-mrežom (Matoničkin Kepčija, 2008) kojom se skuplja uzorak tijekom 3 minute, pri čemu se ispred mreže uznemiruje dno vodenog staništa kako bi makrobekralježnjaci koji ga nastanjuju bili uhvaćeni u mrežu (slika 5).



Slika 5 Sakupljanje uzoraka makrobekralježnjaka u potoku ručnom D mrežom (prilagođeno prema Woodlands View Education 2017)

U sakupljenom uzorku odredi se broj vrsta makrobekralježnjaka, a dovoljna je identifikacija na razini porodice ili skupine. Postupak identifikacije može se olakšati uporabom pojednostavljenog ključa za određivanje (Prilog 1). Dobiveni podaci o organizmima mogu se grupirati prema tablici 2 i/ili 4, pri čemu se svakoj razlikovanoj skupini makrobekralježnjaka doda odgovarajuća bodovna vrijednost, a zbroj se iskazuje kao BMWP indeks. Ako se želi napraviti detaljnija analiza, ASPT kao srednja vrijednost izračuna se dijeljenjem zbroja bodova (BMWP) s brojem zabilježenih skupina na staništu.

Tablica 2 Biotički indeks prema BMWP – ASPT metodi (revidirano slijedom prema Armitage i sur, 1983; Alba-Tercedor i Sanchez-Ortega, 1988; Martin i sur, 2007 uz dopunu podataka prema istraživačkom iskustvu u RH)

BMWP tablica bodovnih vrijednosti		
Skupine makrobekralježnjaka	Porodice makrobekralježnjaka	Vrijednost
Plecoptera	Perlidae	13
Plecoptera	Chloroperlidae	12
Ephemeroptera	Siphonuridae	11
Plecoptera	Taeniopterygidae, Perlodidae	11
Trichoptera	Philopotamidae, Odontoceridae	11
Ephemeroptera	Heptageniidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Leptohiphidae	10
Plecoptera	Leuctridae, Capniidae, Chloroperlidae	10
Trichoptera	Phryganeidae, Goeridae, Lepidostomatidae	10
Crustacea	Astacidae	9
Ephemeroptera	Leptophlebiidae, Ephemeridae	9
Plecoptera	Nemouridae	9
Odonata	Cordulegasteridae	9
Trichoptera	Polycentropodidae, Molannidae, Beraeidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	9
Ephemeroptera	Ephemerellidae,	8
Odonata	Gomphidae, Corduliidae	8
Coleoptera	Gyrinidae	8
Trichoptera	Rhyacophilidae, Leptoceridae, Glossosomatidae, Philopotamidae	8
Ephemeroptera	Caenidae	7
Coleoptera	Scirtidae, Dryopidae	7
Trichoptera	Psychomyiidae, Hydropsychidae, Hydroptilidae, Limnephilidae, Polycentropodidae	7
Gastropoda	Viviparidae, Ancylidae	6
Odonata	Coenagrionidae, Calopterygidae, Aeshnidae	6
Coleoptera	Elmidae	6
Diptera	Tipulidae, Simuliidae	6
Bivalvia	Unionidae	5
Hirudinea	Piscicolidae	5
Crustacea	Gammaridae	5
Ephemeroptera	Baetidae	5
Odonata	Platycnemidae, Lestidae, Libellulidae	5
Heteroptera	Hydrometridae, Gerridae	5
Coleoptera	Dytiscidae, Hydrophilidae	5
Megaloptera	Sialidae	5
Turbellaria	Planariidae	4
Gastropoda	Hydrobiidae	4
Bivalvia	Sphaeriidae	4
Oligochaeta	Enchytraeidae, Naididae	4
Arachnida	Hydracarina	4
Odonata	Coenagrionidae	4
Heteroptera	Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae	4
Megaloptera	Corydalidae	4
Coleoptera	Halplidae, Chrysomelidae, Curculionidae	4
Diptera	Chironomidae - Diamesinae, Prodiamesinae, Orthocladinae, Tanytarsini; Anthomyiidae, Ceratopogonidae, Chaoboridae, Dixidae, Dolichopodidae, Empididae, Limoniidae, Psychodidae, Stratiomyidae, Tabanidae	4
Hirudinea	Piscicolidae	4
Gastropoda	Valvatidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Hirudinea	Glossiphoniidae, Erpobdellidae	3
Hemiptera	Belostomatidae, Corixidae, Naucoridae, Nepidae, Notonectidae, Pleidae, Veliidae	3
Coleoptera	Hygrobiidae, Gyrinidae, Helodidae, Noteridae	3
Gastropoda	Physidae	2
Crustacea	Asellidae	2
Diptera	Chironomidae - Chironomus, Tanypodinae; Culicidae, Ephydriidae, Muscidae, Thaumaleidae	2
Oligochaeta	Stylodrilus, Tubificidae	1
Diptera	Sciomyzidae, Syrphidae, and Rhagionidae	1
Lepidoptera	Crambidae, Pyralidae	1
Hirudinea	Hirudidae	0

Tablica 2 koristi se samo za riječne ekosustave ili za istraživanje lokvi i manjih barica uz potoke i rijeke. Uporabom tablice 2 rezultat biotičkog indeksa dobiva se kao prosjek bodova svih skupina organizama prisutnih u uzorku. Više vrijednosti (u rasponu od 1 do 13) ukazuju na manju razinu onečišćenja, odnosno na bolju kvalitetu vode.

Nije potrebno da učenici poznaju latinska imena organizama, ali ih se može ponuditi za izrazito zainteresirane učenike starije dobi. Biotički indeks kod najmlađih učenika može se izračunati i bez poznavanja naziva skupina makrobekralježnjaka, na način da učenici koriste pri promatranju oznake broja skupine koju su redoslijedno uočili u skladu s vrijednosti organizama te skupine (skupina 1, skupina 2...) za što im može pomoći slikovni ključ za izračunavanje biotičkog indeksa potoka (prilog 4).

Kombinacijom BMWP i ASPT vrijednosti vrši se procjena kvalitete, odnosno razina onečišćenja vodenog staništa (tablica 3).

Tablica 3 BMWP-ASPT vrijednosti za interpretaciju rezultata uz raznolikost makrobekralježnjaka (prema Armitage i sur., 1983; Alba-Tercedor i Sanchez-Ortega, 1988)

BMWP vrijednost	ASPT vrijednost	Kvaliteta i interpretacija raznolikosti zajednice	Tumačenje za stanište s obzirom na antropogeni utjecaj
>150	> 6	vrlo dobro	vrlo čisto, nezagađeno ili bez utjecaja
101-150	> 5	dobro	čisto ili neznatno promijenjeno
51-100	> 4	umjereno	prihvatljivo, ali prisutan manji utjecaj
16-50	< 4	loše (siromašno)	kritično uz umjereni utjecaj ili zagađenje
0-15		jako loše	jako onečišćeno
BMWP = zbroj svih bodova za skupine zabilježene u uzorku / na postaji			
ASTP = BMWP podijeljen s brojem skupina u uzorku / na postaji			

Voda se prema kakvoći može klasificirati i prema tablici 4 (Trihadiningrum and Tjondronegoro, 1998). Grupiranje se temelji na prisutnosti skupina koje se nalaze u specifičnoj grupi organizama koji podnose određeni stupanj zagađenja vode (tablica 4).

Tablica 4 Makrobekralježnjaci kao indikatori zagađenja vode (prema Trihadiningrum and Tjondronegoro, 1998).

Stupanj zagađenja	Makro beskralježnjak kao indikator
1. Nije zagađeno	Trichoptera (Sericosmatidae, Lepidosmatidae, Glossosomatidae); Planaria
2. Dobra kvaliteta	Plecoptera (Perlidae, Peleodidae); Ephemeroptera (Leptophlebiidae, Pseudocloeon, Ecdynuridae, Caebidae); Trichoptera (Hydropschidae, Psychomyidae); Odonata; Coleoptera (Elminthidae)
3. Malo zagađeno	Mollusca (Pulmonata, Bivalvia); Crustacea (Gammaridae); Odonanta (Libellulidae, Cordulidae); Hirudinea (Glossiphonidae, Hirudidae); Hemiptera
4. Zagađeno	Oligochaeta (Tubificidae); Diptera (Chironomus thummi-plumosus); Syrphidae
5. Jako zagađeno	nema makro beskralježnjaka

Analiza kakvoće vode na temelju tablice 4 može se kontrolirati i naptcima u tablici 5.

Tablica 5 Naptci za kontrolu i nadopunu određenja kakvoće vode prema tablici 4

Kakvoća vode	U uzorku utvrđeni
vrlo čisto	samo Trichoptera i Planaria, bez indikatora vrsta klasa 2 - 6
čisto	kombinacija pokazatelja organizama iz klasa 1, 2 i 3
prihvatljivo	kombinacija organizama indikatora iz klasa 2, 3 i 4
Kritično onečišćeno	kombinacija organizama indikatora iz klasa 3, 4 i 5
jako onečišćeno	kombinacija indikatorskih organizama iz klasa 4 i 5

3.2. Statistička obrada podataka – analiza i usporedba razmjera utjecaja pojedinih antropogenih pritisaka među istraživačkim postajama/potocima

3.3. Dodatni problemski zadaci za učenike na osnovu rezultata istraživanja i s njima povezane literature kao i istraživanja drugih autora (npr. kreiranje sheme hranidbene mreže temeljene na

organizmima pronađenima u uzorcima), koji bi učenike potakli na uočavanje, razmišljanje, zaključivanje i kreativnost i koji bi se temeljili na korelacijsko-integracijskom, istraživačkom i problemskom načinu poučavanja (Begić i sur, 2016).

ZAKLJUČAK I METODIČKI ZNAČAJ

Globalno je prepoznato da urbanizacija nije samo širenje gradova, već i širenje urbanog načina života i antropogenog utjecaja, koji se očituje u svim gradskim sadržajima pa tako i u školskim sadržajima unutar urbanih sredina. Budući da do danas u Republici Hrvatskoj nije istraživano u kojoj mjeri širenje urbanog utjecaja utječe na kakvoću voda urbanih vodotoka i dinamiku pripadajućih životnih zajednica, predloženo istraživanje se oslanja na vrlo aktualnu i relevantnu temu u suvremenoj ekologiji. Kroz usporedbu urbanih potoka na nekoliko postaja duž njihovog toka, a koje podnose različiti stupanj i vrstu antropogenog utjecaja, predloženo istraživanje može pomoći učenicima u svladavanju osnovnih ekoloških koncepata i sadržaja, kao što su npr. struktura bioloških zajednica, hranidbene mreže, oligotrofija/eutrofija, ekološka valencija i rasprostranjenost organizama, ekološka niša i sl. Također, rezultati istraživanja mogu kod učenika potaknuti i razvoj kritičkog mišljenja, budući da temeljem rezultata učenici mogu raspraviti o tome je li javna percepcija urbanih vodotoka istinita ili iskrivljena, odnosno jesu li urbani vodotoci uistinu „pustinje“ ili „vrela života“ usred gradova. Stoga, predloženo istraživanje ne obećava samo originalne i zanimljive podatke relevantne za urbanu ekologiju, već predstavlja i veliki korak naprijed za razvoj istraživačkog i problemskog načina poučavanja te promovira sudjelovanje javnosti (učenika, nastavnika, škola) u znanstvenim istraživanjima (tzv. „citizen science“). Postupnim uključivanjem većeg broja učenika, nastavnika i škola u slična istraživanja urbanih vodotoka/staništa diljem Hrvatske, omogućilo bi se stvaranje mreže „mladih istraživača“ (učenika), njihovih mentora (nastavnika) i institucija (škola), koja bi doprinijela globalnim naporima u razotkrivanju značaja biološke raznolikosti i ekološkog statusa različitih staništa unutar urbanih ekosustava. Dodatna vrijednost ovoga rada jesu i prijedlozi novijih (kvantitativnih) metoda uzorkovanja makrobekralježnjaka i organizama obraštaja, te pojednostavljenih ključeva za taksonomsku determinaciju slatkovodnih organizama (makrobekralježnjaka i organizama obraštaja), koji bi se mogli upotrijebiti u nastavi Prirode i Biologije.

LITERATURA

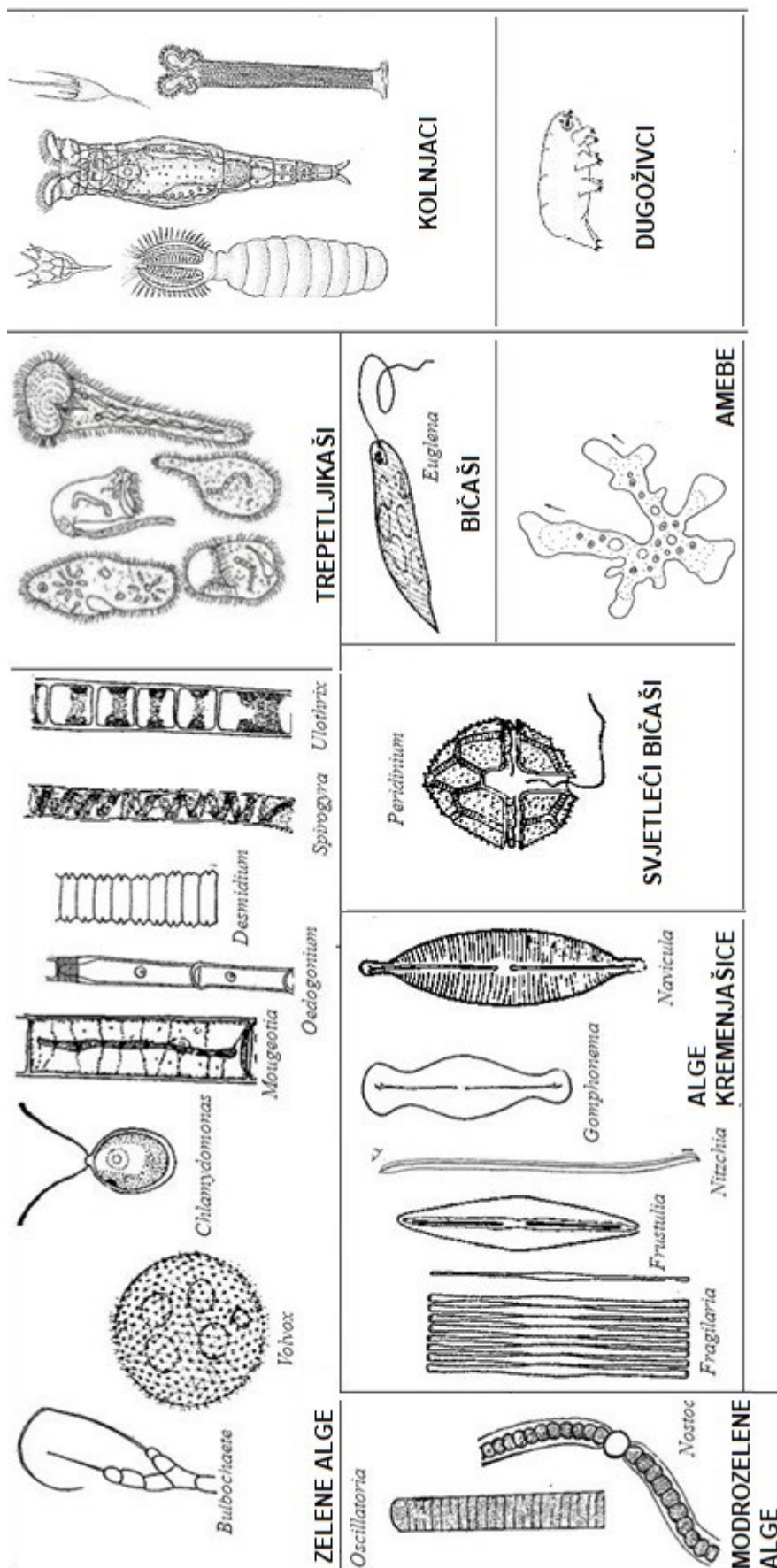
- Alba-Tercedor J., Sanchez-Ortega A. 1988. Um metodo rapido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética*, 4, 51-56.
- Armitage, P. D., D. Moss, J. F. Wright & M. T. Furse, 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrate siver a wide range of unpolluted running-water sites. *Wat. Res.* 17, 333-347
- Begić, V., Bastić, M., Radanović, I. 2016. Utjecaj biološkog znanja učenika na rješavanje zadataka viših kognitivnih razina. *Educatio biologiae*, 2, 13-42.
- Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske 2012. Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2012. Državni zavod za statistiku RH, Zagreb
- Europska Komisija 2013. Nacrt zajedničkog izvješća o zapošljavanju uz Komunikaciju Komisije o godišnjem pregledu rasta za 2014. Europska Komisija, Bruxelles
- GLOBE Hrvatska 2016. Priručnik za voditelje programa GLOBE, <http://globe.pomsk.hr/GLOBEinfo.htm>, preuzeto 27.6.2017.
- Hawkes, H.A. 1997. Origin and Development of the Biological Monitoring Working Party Score System. *Water Research*, 32, 964-968.
- Hauer, F. R., Resh, V. H. 2006. Macroinvertebrates. U: Hauer F. R., Lamberti G. A. (ur.). *Methods in Stream Ecology*, pp. 435-463, Academic Press, San Diego, USA
- Martin, G., Veal, A., Guthrie, R., Murray-Bligh, J., O'Neill, I. 2007. Revision and testing of BMWP scores. SNIFFER, Centre for intelligent environmental systems, Edinburgh, http://www.envirobase.info/PDF/SNIFFER_WFD72a.pdf, preuzeto 13.9.2014.
- Matoničkin Kepčija, R. 2008. Istraživanje vode. GLOBE Hrvatska, <http://public.carnet.hr/globe/prirucnik/voda.PDF>, preuzeto 27.6.2017.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Island Press, Washington
- Sertić Perić, M., Radanović, I. 2017. Urbani potoci – pristupačna staništa za provedbu ekoloških istraživanja u nastavi Prirode i Biologije. *Educ. biol.* 3, 1, 106-126.

- NCVVO 2016. Ispitni katalog za državnu maturu u školskoj godini 2016./2017. Biologija. Nacionalni centar za vanjsko vrednovanje obrazovanja, Zagreb
- Paul, M. J., Meyer, J. L. 2001. Streams in the urban landscape. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 32, 333-365.
- Trihadiningrum, Y., Tjondronegoro, I. 1998. Bioindikator Pencemaran Badan Air Tawar di Indonesia: Siapakah Kita, Lingkungan & Pembangunan 18, 1, 45 – 60.

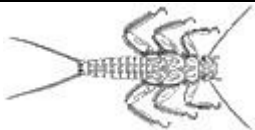


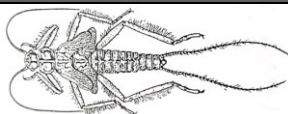
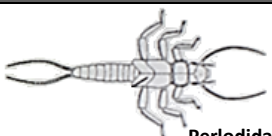
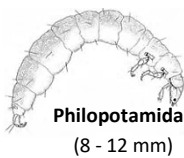
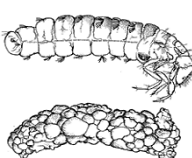
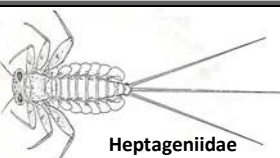
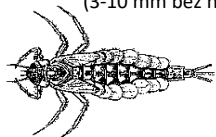

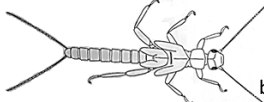

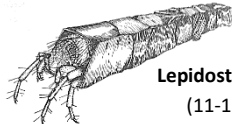
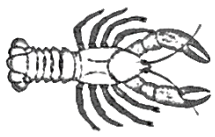

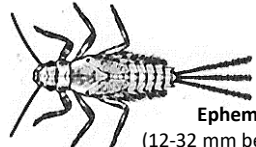
IZVORI ZA IZRADU SLIKOVNOG KLJUČA

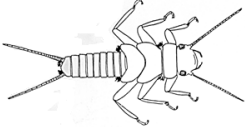
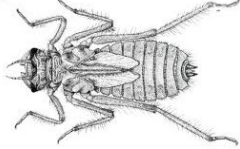
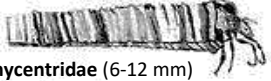

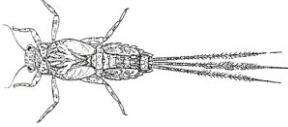
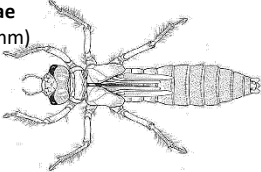
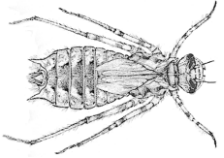
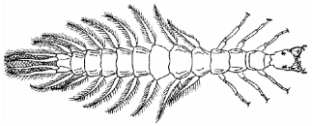
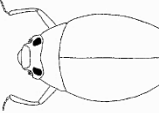


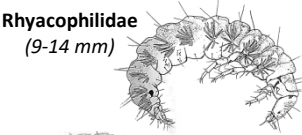

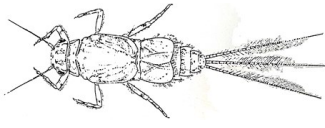


- AFF. 2012. Macro-invertebrate Identification. Alice Ferguson Foundation. <http://fergusonfoundation.org/btw-students/macro-invertebrate-identification/>, preuzeto 2.3.2017.
- Bouchard, Jr., R. W. 2009. Guide to Aquatic Invertebrate Families of Mongolia. University of Minnesota. <http://midge.cfans.umn.edu/sites/g/files/pua3236/f/media/06plecoptera.pdf>, preuzeto 2.3.2017.
- Bumblebee org 1997. Hexapoda – insects. Bumblebee org <http://www.bumblebee.org/invertebrates/Hexapoda.htm>, preuzeto 16.4.2014.
- DeLorme, A. 2005. Digital key to aquatic insects of North Dakota. Valley City State University Macro-invertebrate lab, North Dakota Department of Health. <http://www.waterbugkey.vcsu.edu/>, preuzeto 2.3.2017.
- Dobson, M. 2013. Family-level keys to freshwater fly (Diptera) larvae: a brief review and a key to European families avoiding use of mouthpart characters *Freshwater Reviews*, 6, 1-32, DOI: 10.1608/FRJ-6.1.450
- D'Souza, K. 2015. Aquatic Invertebrate Identifications. BIOBus. <http://biobus.ca/aquatic-invertebrate-identification/>, preuzeto 2.3.2017.
- Elliott, J. M., Humpesch, U. H., Macan, T. T. 1988. Larvae of the British Ephemeroptera: a key with ecological notes. FBA Scientific Publication 49. http://dep.wv.gov/www/getinvolved/sos/documents/benthic/british_mayflykey.pdf, preuzeto 2.3.2017.
- Hawking, J., Smith, L., Le Busque, K., Davey, C. 2013. The MDFRC Bug Guide. Murray-Darling Basin Authority. <http://www.mdfrc.org.au/bugguide/>, preuzeto 2.3.2017.
- Iowa State University. 2017. Identification, Images, & Information for Insects, Spiders & Their Kin for the United States & Canada. Iowa State University, Department of Entomology. <https://bugguide.net>, preuzeto 2.3.2017.
- Kazlev, M. A. 2002. Palaeos – Life Through Deep Time. <http://palaeos.com/metazoa/arthropoda/index.html>, preuzeto 2.3.2017.
- Kerovec, M. 1986. Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. SNL, Grafički zavod Hrvatske, Zagreb.
- Kriská, G. 2013. Freshwater Invertebrates in Central Europe: A Field Guide. Springer Science & Business Media, Wien.
- Nilsson, A. 1996. Aquatic Insects of North Europe 1. Apollo Books, Stenstrup, 1-274.
- Nilsson, A. 1997. Aquatic Insects of North Europe 2. Apollo Books, Stenstrup, 1-440.
- Orma J. 2006. Mollusca. PNFWFG. Smith Museum of Natural History, <http://www.stitchingnature.com/snails/Mollusca>, preuzeto 2.3.2017.
- Stroud Water Research Center. 2017. Macroinvertebrate Identification Key. Stroud Water Research Center. <https://stroudcenter.org/macros/key/>, preuzeto 2.3.2017.
- Sundermann, A., Lohse, S., Beck, L.A., Haase, P. 2007. Key to the larval stages of aquatic true flies (Diptera), based on the operational taxa list for running waters in Germany, *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 1-14, DOI: 10.1051/limn/2007028.
- Valley City State University. 2017. Digital Key to Aquatic Insects of North Dakota. Valley City State University Macroinvertebrate Lab. <http://www.waterbugkey.vcsu.edu/php/mainkey.php>, preuzeto 2.3.2017.
- Vital Signs Program. 2017. Freshwater macroinvertebrates. Gulf of Maine Research Institute. <http://vitalsignsme.org/macroinvertebrates>, preuzeto 2.3.2017.
- WWH. 2017. Diptera (Flies, Mosquitoes, Midges, Gnats) (Insects). The-Crankshaft Publishing. <http://what-when-how.com/insects/diptera-flies-mosquitoes-midges-gnats-insects/>, preuzeto 2.3.2017.
- WWP. 2016. A Guide to Freshwater Invertebrates of Ponds & Streams in Malaysia. Water Watch Penang. <http://waterwatchpenang.org/a-guide-to-freshwater-invertebrate/>, preuzeto 2.3.2017.

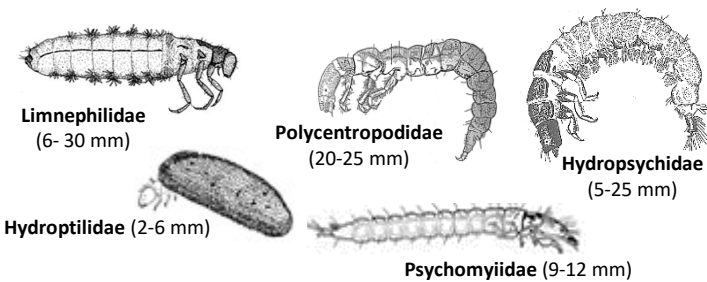

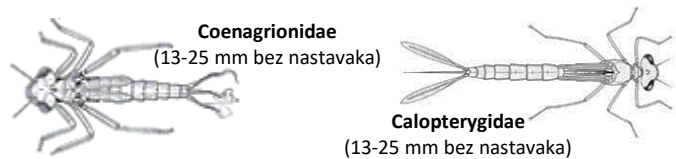

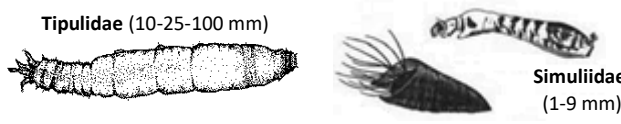
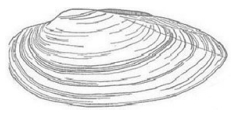



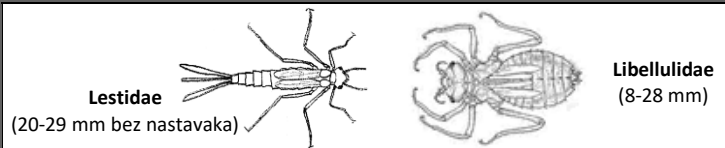
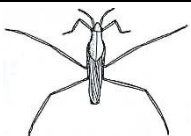
Prilog 3 Pojednostavljen ključ za taksonomsko određivanje slatkovodnih organizama obraštaja (prilagođeno prema: <https://sites.google.com/a/hsd.k12.or.us/water-bears-phylum-tardigrada/the-life-cycle-of-a-water-bear>; <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii>)

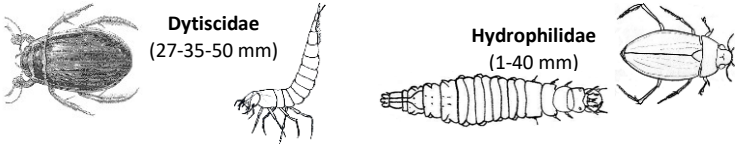
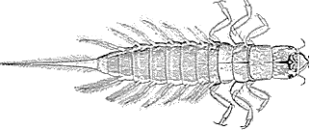



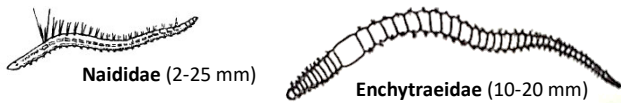

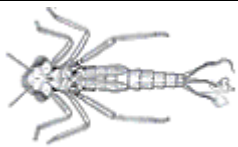
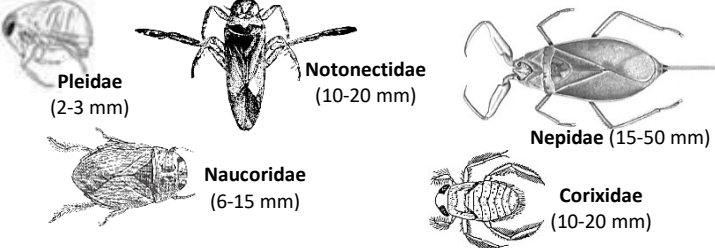
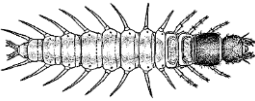


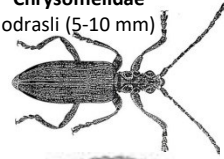
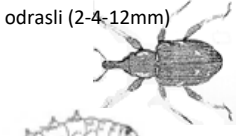



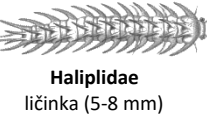

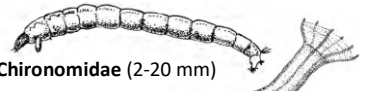

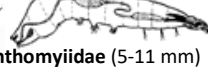
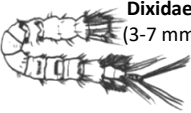
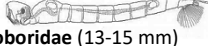

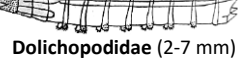
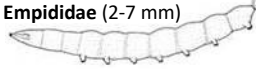
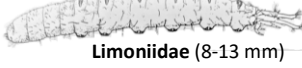


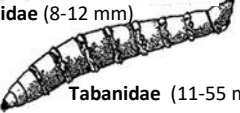


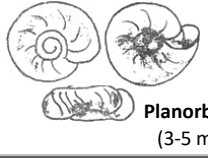

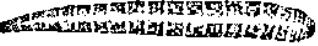

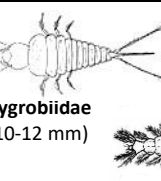



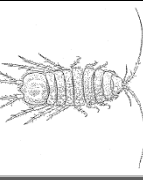
Prilog 4 Slikovni ključ za slatkovodne makrobekralježnjake uz biotički indeks prema BMWP – ASPT metodi (revidirano slijedom prema Armitage i sur, 1983; Alba-Tercedor i Sanchez-Ortega, 1988; Martin i sur, 2007 uz dopunu podataka prema istraživačkom iskustvu u RH

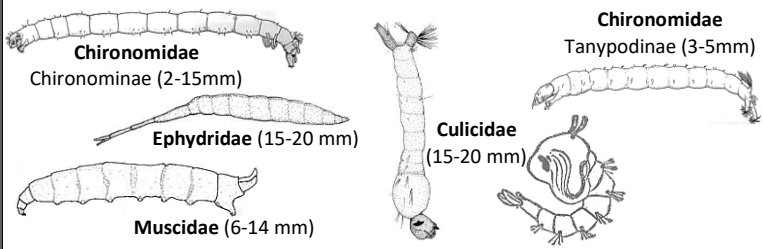




Skupine makrobekralježnjaka	Porodice makrobekralježnjaka	Vrijednost
OBALČARI Plecoptera	 Perlidae (8-35 mm bez nastavaka)	13
OBALČARI Plecoptera	 Chloroperlidae (5-10 mm bez nastavaka)	12
VODENCVJETOVI Ephemeroptera	 Siphonuridae (15-20 mm bez nastavaka)	11
OBALČARI Plecoptera	 Taeniopterygidae (10-15 mm bez nastavaka)	11
	 Perlidae (8-16 mm bez nastavaka)	
TULARI Trichoptera	 Philopotamidae (8 - 12 mm)	11
	 Odontoceridae (10 – 20 mm)	
VODENCVJETOVI Ephemeroptera	 Heptageniidae (5-20 mm bez nastavaka)	10
	 Leptohyphidae (3-10 mm bez nastavaka)	
OBALČARI Plecoptera	 Leuctridae (5-13 mm bez nastavaka)	10
	 Capniidae (4-10 mm bez nastavaka)	
TULARI Trichoptera	 Goeridae (8-12 mm)	10
	 Lepidostomatidae (11-13 mm)	
RAKOVI Crustacea	 Astacidae (60-90 mm)	9
VODENCVJETOVI Ephemeroptera	 Leptophlebiidae (4-15 mm bez nastavaka)	9
	 Ephemeridae (12-32 mm bez nastavaka)	

Skupine makrobekralježnjaka	Porodice makrobekralježnjaka	Vrijednost
OBALČARI Plecoptera	 Nemouridae (5-8 mm bez nastavaka)	9
VRETNICA Odonata	Cordulegastridae (20-50 mm) 	9
TULARI Trichoptera	 Brachycentridae (6-12 mm)  Sericostomatidae (6-15 mm)	9
VODENCVJETOVI Ephemeroptera	Ephemerellidae (5-20 mm bez nastavaka) 	8
VRETNICA Odonata	Gomphidae (23-40-65 mm)  Corduliidae (8-28 mm) 	8
KORNJAŠI Coleoptera	 Gyrinidae (4-7 mm) 	8
TULARI Trichoptera	 Leptoceridae (7-15 mm kućica)  Glossosomatidae (1,5-40 mm)  Rhyacophilidae (9-14 mm)  Philopotamidae (8-12 mm)	8
VODENCVJETOVI Ephemeroptera	 Caenidae (2-8 mm bez nastavaka)	7
KORNJAŠI Coleoptera	 Dryopidae (1-8 mm) 	7

Skupine makrobekralježnjaka	Porodice makrobekralježnjaka	Vrijednost
TULARI Trichoptera	 <p>Limnephilidae (6-30 mm) Polycentropodidae (20-25 mm) Hydroptilidae (2-6 mm) Psychomyiidae (9-12 mm) Hydropsychidae (5-25 mm)</p>	7
PUŽEVI Gastropoda	 <p>Viviparidae (2-5 mm) Ancyliidae (1-3 mm)</p>	6
VRETENCA Odonata	 <p>Coenagrionidae (13-25 mm bez nastavaka) Calopterygidae (13-25 mm bez nastavaka)</p>	6
KORNJAŠI Coleoptera	 <p>Elmidae (2-6 mm)</p>	6
DVOKRILCI Diptera	 <p>Tipulidae (10-25-100 mm) Simuliidae (1-9 mm)</p>	6
ŠKOLJKAŠI Bivalvia	 <p>Unionidae (5-100 mm)</p>	5
PIJAVICE Hirudinea	 <p>Piscicolidae (10-50 mm)</p>	5
RAKOVI Crustacea	 <p>Gammaridae (5-20 mm bez ticala)</p>	5
VODENCVJETOVI Ephemeroptera	 <p>Baetidae (3-12 mm bez nastavaka)</p>	5
VRETENCA Odonata	 <p>Lestidae (20-29 mm bez nastavaka) Libellulidae (8-28 mm)</p>	5
RAZNOKRILCI Heteroptera	 <p>Gerridae (3-16 mm)</p>	5

Skupine makrobekralježnjaka	Porodice makrobekralježnjaka	Vrijednost
KORNJAŠI Coleoptera	 <p>Dytiscidae (27-35-50 mm)</p> <p>Hydrophilidae (1-40 mm)</p>	5
MULJARICE Megaloptera	 <p>Sialidae (10-25 mm)</p>	5
LEPTIRI Lepidoptera	 <p>Pyralidae (3-35 mm)</p>	5
VIRNJACI Turbellaria	 <p>Planariidae (1-30 mm)</p>	4
ŠKOLJKAŠI Bivalvia	 <p>Sphaeriidae (5-22 mm)</p>	4
MALOČETINAŠI Oligochaeta	 <p>Naididae (2-25 mm)</p> <p>Enchytraeidae (10-20 mm)</p>	4
PAUČNJACI Arachnida	 <p>Hydracarina (0,1-2-8 mm)</p>	4
VRETenCA Odonata	 <p>Coenagrionidae (13-25 mm bez repnih nastavaka)</p>	4
RAZNOKRILCI Heteroptera	 <p>Pleidae (2-3 mm)</p> <p>Notonectidae (10-20 mm)</p> <p>Nepidae (15-50 mm)</p> <p>Naucoridae (6-15 mm)</p> <p>Corixidae (10-20 mm)</p>	4
MULJARICE Megaloptera	 <p>Corydalidae (30-65 mm)</p>	4

Skupine makrobekralježnjaka	Porodice makrobekralježnjaka	Vrijednost
KORNJAŠI Coleoptera	<p>Chrysomelidae odrasli (5-10 mm)</p>  <p>Curculionidae odrasli (2-4-12mm)</p>  <p>Haliplidae odrasli (2-6 mm)</p>  <p>Chrysomelidae ličinka (9-11 mm)</p>  <p>Curculionidae ličinka (2-8 mm)</p>  <p>Haliplidae ličinka (5-8 mm)</p> 	4
DVOKRILCI Diptera	<p>Chironomidae Orthocladinae (2-15mm)</p>  <p>Chironomidae (2-20 mm)</p>  <p>Athericidae (12-18 mm)</p>  <p>Anthomyiidae (5-11 mm)</p>  <p>Dixidae (3-7 mm)</p>  <p>Chaoboridae (13-15 mm)</p>  <p>Ceratopogonidae (2-15mm)</p>  <p>Dolichopodidae (2-7 mm)</p>  <p>Empididae (2-7 mm)</p>  <p>Limoniidae (8-13 mm)</p>  <p>Psychodidae (8-12 mm)</p>  <p>Stratiomyidae (7-30-50 mm)</p>  <p>Tabanidae (11-55 mm)</p> 	4
PUŽEVI Gastropoda	<p>Valvatidae (1-8 mm)</p>  <p>Lymnaeidae (20-45 mm)</p>  <p>Planorbidae (3-5 mm)</p> 	3
PIJAVICE Hirudinea	<p>Glossiphoniidae (20-40 mm)</p>  <p>Erpobdellidae (20-50 mm)</p> 	3
KORNJAŠI Coleoptera	<p>Hygrobiidae (10-12 mm)</p>  <p>Gyrinidae (5-15 mm)</p>  <p>Helodidae (1-12 mm)</p>  	3
PUŽEVI Gastropoda	<p>Physidae (10-12 mm)</p> 	2
RAKOVI Crustacea	<p>Asellidae (5-12 mm)</p> 	2

Skupine makrobekralježnjaka	Porodice makrobekralježnjaka	Vrijednost
DVOKRILCI Diptera	 <p>Chironomidae Chironominae (2-15mm)</p> <p>Ephydriidae (15-20 mm)</p> <p>Muscidae (6-14 mm)</p> <p>Culicidae (15-20 mm)</p> <p>Chironomidae Tanypodinae (3-5mm)</p>	2
MALOČETINAŠI Oligochaeta	 <p>Lumbriculidae <i>Stygodrilus sp.</i> (60-80mm)</p> <p>Tubificidae (25-30mm)</p>	1
DVOKRILCI Diptera	 <p>Syrphidae (4-25 mm)</p>	1
LEPTIRI Lepidoptera	 <p>Crambidae (9-28 mm)</p>	1
PIJAVICE Hirudinea	 <p>Hirudididae (9-28 mm)</p>	0

URBAN STREAMS – ACCESSIBLE HABITATS FOR CONDUCTING ECOLOGICAL RESEARCH WITHIN NATURAL SCIENCE AND BIOLOGY SCHOOL CLASSES

Mirela Sertić Perić, Ines Radanović

Faculty of Science of the University of Zagreb, Department of Biology, Zagreb, Croatia

msertic@biol.pmf.hr

ABSTRACT

By expanding urban zones and increasing the urban population, cities have become the largest source of pollution. Contemporary urban activities increase the quality of life of the city's population, and they change the natural state of the environment. Therefore, urban ecology has emerged in modern biology - one of the newer disciplines crucial for urbanism and urban planning, which enables the assessment of environmental status in cities and the implementation of systematic monitoring for the purpose of preserving and protecting urban ecosystems, including urban watercourses. In this paper we present an example of a research dealing with urban streams, i.e., exploring the scale and possible consequences of urban impacts on ecology of aquatic ecosystems and likely serving as a basis for explaining basic ecological concepts and contents such as the structure of biological communities, nutritional network, oligotrophy. Furthermore, by linking urban ecology topic with the problem of endangered water resources, and using urban streams as model habitats to explore ecological themes (and concepts) in natural science and biology school classes, pupils (besides important ecological concepts) meet the modern ideology of "green growth", "green" cities, sustainable development, environmental protection and regional development. Described study is appropriate for upper secondary school students (Biology 7 and 8) and/or secondary school students (in form of short- and/or long-term ecological survey of urban streams close to school/student environment). It includes the investigation of ecological status of urban streams through monitoring: (i) water quality (physical-chemical properties of water); (ii) the composition of aquatic fauna, which forms the basis of feeding chains in aquatic ecosystems (benthic macroinvertebrates and periphytic organisms); (iii) dynamics of transport (downstream drift) of organisms in urban watercourses; (iv) a biotic index based on observed macroinvertebrates as water contamination information. It is important to note that selected activities can be applied in exploring basic biological indicators of all - not just urban - aquatic ecosystems. In this respect, the methodology described may be adapted and applied for similar research of other types of aquatic habitats (i.e., running waters) available to students. In the implementation of the activities, it is encouraged to use the GLOBE Leaders Manual, available at <http://globe.pomsk.hr/prirucnik.htm>, which is already used by more than one hundred Croatian schools involved in the GLOBE network. However, we also propose newer (quantitative) sampling methods for macroinvertebrates and periphytic organisms, as well as simplified taxonomic keys for organisms to be applied in natural science and biology school classes.

Keywords: *urban ecology, macroinvertebrates, drift, Hess sampler, biotic index, taxonomic determination keys*