

# Naseljavanje makrozoobentosa na umjetne podloge na izvoru potoka Jankovac (Park prirode Papuk)

---

**Bućan, Denis**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:336615>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-06**



*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET**  
**BIOLOŠKI ODSJEK**

**Denis Bućan**

**Naseljavanje makrozoobentosa na umjetne podloge na izvoru potoka Jankovac  
(Park prirode Papuk)**

**Diplomski rad**

**Zagreb, 2016.**

Ovaj rad je izrađen u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Marka Miliše, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

Posebno se zahvaljujem doc. dr. sc. Marku Miliši, voditelju rada, na predloženoj temi, velikoj stručnoj pomoći, strpljenju i korisnim savjetima prilikom izrade ovog rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji na moralnoj i financijskoj potpori tijekom mojeg studiranja.

Zahvaljujem se svim prijateljima i kolegama koji su bili sastavni dio mojeg studiranja.

Zahvaljujem, također, i svima ostalima koji su mi na bilo koji način pomogli pri izradi ovog diplomskog rada.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

### NASELJAVANJE MAKROZOOBENTOSA NA UMJETNE PODLOGE NA IZVORU POTOKA JANKOVAC (PARK PRIRODE PAPUK)

Denis Bućan

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Cilj istraživanja bio je utvrditi sastav, dinamiku i obrasce naseljavanja makrozoobentosa te protok energije s obzirom na zasjenjenost staništa, stabilnost i boju podloge. Istraživanje je provedeno na izvoru potoka Jankovac (PP Papuk) tijekom pet dana upotrebom umjetnih podloga koje su oponašale mahovinske sastojine. Izvor Jankovac se nalazi na izoliranom krškom području, dok je okolno područje građeno od metamorfnih i magmatskih stijena. Praćeni su fizikalno-kemijski parametri vode koji su pokazali podjednake uvjete u cijelom istraživanom području. Najbrojniji predstavnici makrozoobentosa u pokusnim podlogama su bili rakušci *Gammarus fossarum* i ličinke kukaca Ephemeroptera (vodencvjetova), Plecoptera (obalčara) i Diptera (dvokrilaca), od kojih su najbrojniji bili Chironomidae (trzalci). Većina promatranih skupina je bolje naseljavala neosvijetljene i slobodne podloge. Jedinke nekih skupina pokazale su razlike u aktivnosti između dana i noći. Utvrđena je i pozitivna korelacija u naseljavanju makrozoobentosa s obzirom na količinu organske i anorganske tvari na umjetnim podlogama.

(42 stranice, 18 slika, 5 tablica, 27 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: krš, usitnjena organska tvar, usitnjena anorganska tvar, Ephemeroptera, Chironomidae

Voditelj: Dr. sc. Marko Miliša, doc.

Ocjenitelji: Dr. sc. Marko Miliša, doc., dr. sc. Jasenka Sremac, izv. prof., dr. sc. Neven Bočić, doc., dr. sc. Marija Gligora Udovič, doc.

Rad prihvaćen:

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

### MACROINVERTEBRATE COLONIZATION ON ARTIFICIAL SUBSTRATES ON JANKOVAC STREAM SPRING (NATURE PARK PAPUK)

Denis Bućan

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

The aim of this study was to determine the composition, dynamics and patterns of colonization of macroinvertebrates and the flow of energy in respect to the canopy coverage of the habitat, and the stability and color of the experimental artificial substrate. The study was conducted at the spring of the Jankovac stream (NP Papuk) during five days, using artificial substrates that mimicked moss mats. Spring Jankovac is located on an isolated karst area, while the surrounding area is built of metamorphic and igneous rocks. Physico-chemical parameters of water showed similar conditions throughout the study area. The most numerous representatives of macroinvertebrates in the experimental substrates were *Gammarus fossarum* and insect larvae of Ephemeroptera, Plecoptera and Chironomidae (Diptera). Most of the observed groups colonized the substrates more actively at shaded habitats and especially unattached substrates. Individuals of some groups showed different movement activity between day and night. There was a positive correlation in colonizing macrozoobenthos with the amount of organic and inorganic substances on artificial surfaces.

(42 pages, 18 figures, 5 tables, 27 references, original in Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: karst, particulate organic matter, particulate inorganic matter, Ephemeroptera, Chironomidae

Supervisor: Dr. Marko Miliša, Assist. Prof.,

Reviewers: Dr. sc. Marko Miliša, doc., dr. sc. Jasenka Sremac, izv. prof., dr. sc. Neven Bočić, doc., dr. sc. Marija Gligora Udovič, doc.

Thesis accepted:

## **SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b>	<b>1</b>
1.1. Makrozoobentos tekućica	1
1.2. Naseljavanje makrozoobentosa u prirodi	2
1.3. Naseljavanje makrozoobentosa na umjetne podloge	3
1.4. Umjetne podloge	4
1.4.1. Prednosti umjetnih podloga	4
1.4.2. Nedostaci umjetnih podloga	5
<b>2. CILJ ISTRAŽIVANJA</b>	<b>7</b>
<b>3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA</b>	<b>8</b>
3.1. Geografska obilježja	8
3.2. Klimatološka obilježja	8
3.3. Geološka obilježja	8
3.4. Hidrogeološka obilježja	9
3.5. Istraživačka postaja	9
<b>4. MATERIJALI I METODE</b>	<b>11</b>
4.1. Mjerenje fizikalno kemijskih parametara vode	11
4.2. Metode prikupljanja i obrade uzorkovanog makrozoobentosa	11
4.3. Metode određivanja veličinskih razreda čestica organske i anorganske tvari	12
4.4. Obrada podataka	13
<b>5. REZULTATI</b>	<b>14</b>
5.1. Fizikalno-kemijski parametri	14
5.2. Makrozoobentos	15
5.2.1. Sastav makrozoobentosa	15
5.2.2. Naseljavanje makrozoobentosa s obzirom na osvjetljenje	18
5.2.3. Naseljavanje makrozoobentosa s obzirom na stabilnost podloge	23
5.2.4. Naseljavanje makrozoobentosa s obzirom na boju	27
5.3. Dinamika organske tvari	31
<b>6. RASPRAVA</b>	<b>34</b>
<b>7. ZAKLJUČAK</b>	<b>38</b>
<b>8. LITERATURA</b>	<b>39</b>
<b>9. ŽIVOTOPIS</b>	<b>42</b>

**Popis oznaka i kratica:**

CPIM	Čestice usitnjene anorganske tvari veće od 1 mm
CPOM	Čestice usitnjene organske tvari veće od 1 mm
FPIM	Čestice usitnjene anorganske tvari veličine od 50 µm do 1 mm
FPOM	Čestice usitnjene organske tvari veličine od 50 µm do 1 mm
SSC	Slobodne, crvene podloge na osvijetljenom području
SSZ	Slobodne, zelene podloge na osvijetljenom području
SUC	Učvršćene, crvene podloge na osvijetljenom području
SUZ	Učvršćene, zelene podloge na osvijetljenom području
TSC	Slobodne, crvene podloge na neosvijetljenom području
TSZ	Slobodne, zelene podloge na neosvijetljenom području
TUC	Učvršćene, crvene podloge na neosvijetljenom području
TUZ	Učvršćene, zelene podloge na neosvijetljenom području
UPIM	Čestice usitnjene anorganske tvari manje od 50 µm
UPOM	Čestice usitnjene organske tvari manje od 50 µm



# 1. UVOD

## 1.1. Makrozoobentos tekućica

Pod pojmom tekućice podrazumijevamo vode koje se pod utjecajem sile teže kreću od izvora prema ušću. Tekućice se najvećim dijelom napajaju iz padalina, ali i iz podzemnih voda i ledenjaka.

Razlikujemo gornji, srednji i donji tok. Gornji tok započinje izvorišnim područjem, koje se od ostatka toka primarno razlikuje stalnim temperaturnim uvjetima. Brzina strujanja je u gornjem toku relativno velika, a podloga najčešće kamena s dominacijom većih čestica (makro i mega ~lital – čestice veće od 20 cm). Sav sitniji materijal se ispiri i odnosi nizvodno. U srednjim toku se brzina strujanja vode smanjuje te u supstratu počinju dominirati i manje čestice (mezo i mikro ~lital – čestice veće od 2 cm i manje od 20 cm). S obzirom na gornji tok, u srednjem toku se prozirnost i količina kisika se smanjuju, a temperatura povećava. Donji tok karakteriziraju meandri kod kojih erozija djeluje različito na pojedine točke korita. Najizloženije su konkavne obale koje se proširuju. Prilikom povišenja vodostaja voda protječe kraćim putem, a na mjestima meandriranja stvaraju se jezera. Smanjenje strujanja u donjem toku dovodi do taloženja i sitnijih čestica kao što su pijesak i mulj te je češća i bolje razvijena vodena vegetacija. Lotički sustavi na kraju svog toka završavaju ušćem (Hering i sur., 2004).

Pojam makrozoobentos obuhvaća beskraljeznjake koji žive na dnu vodenih tijela, koji su vidljivi golim okom. Zajednica makrozoobentosa je osjetljiva na okolišne uvjete, te se promjene u okolišu očituju u njihovom sastavu i strukturi. Zato je zajednica makrozoobentosa važan bioindikator u kopnenim vodama. Ekstremni slučajevi poput, smrzavanja, velikih protoka ili isušivanja, mogu dovesti do potpunog nestanka biocenoza. Čim dođe do ponovne uspostave stabilnih vodnih i drugih okolišnih uvjeta, počinje proces naseljavanja.

Jedan od važnijih uzroka kolebanja okolišnih uvjeta je antropogeni učinak. Gradnja brana na vodotocima ili kanaliziranje utječu na tok tekućica, a time i na strukturu dna (zamućivanje ili ispiranje). Također, poljoprivreda može značajno utjecati na kemizam podzemnih voda, a tako i kvalitetu izvorske vode. Ova i slična zagađenja mogu za posljedicu imati značajan poremećaj ili nestanak u strukturi biocenoza što može dovesti do ponovnog naseljavanja.

Izvorska područja karakteriziraju ujednačenost i slaba raznolikost zajednica. Također, zbog izuzetno stalnih okolišnih uvjeta, vrste su na tom području stenovalentne te je u izvorima izražen endemizam (Smith i Woods, 2002).

## 1.2. Naseljavanje makrozoobentosa u prirodi

Prirodni fizički poremećaji važan su čimbenik u ekološkoj dinamici lotičkih zajednica jer mogu dovesti do migracija organizama koji tako nastanjuju novo stanište. Kretanja naseljavanja mogu biti okomita i vodoravna.

Okomita gibanja predstavljaju važan etološki mehanizam za izbjegavanje predatorskog pritiska, ali i drugih nepovoljnih uvjeta. Tako dublji slojevi supstrata postaju refugiji, a time i izvor ponovnog naseljavanja (Dole-Olivier i sur., 1997). U pravilu se u dubljim slojevima nalaze mlađe jedinke koje ne bi izdržale predatorski niti kompeticijski pritisak površinskih slojeva, osim toga velike jedinke najčešće i ne mogu zauzeti sitne intersticijske prostore (Miliša i sur., 2006b). Taloženje čestica suspendiranog materijala počinje smanjenjem protoka i vodene sile.

Transport i drift organske tvari utječu na dinamiku bentoskih zajednica. Vodoravno kretanje pri kojem se u tekućicama većinom radi o nizvodnom i pasivnom transportu organizama naziva se drift (Fenoglio i sur., 2002). Do pasivnog drifta dolazi u pravilu pod utjecajem sile strujanja vode. Drift uključuje i aktivna kretanja makrozoobentosa, a omogućuje organizmima da pobjegnu iz staništa koje im ne odgovara u ona s povoljnijim uvjetima. Aktivni drift je povezan s biotičkim čimbenicima, kao što su količina hrane i kompeticija (Sertić Perić i sur., 2011). Organizmi se u potrazi za boljim stanišnim uvjetima mogu gibati i uzvodno i bočno. Bočno kretanje je karakteristično za tulare, porodicu Hydropsychidae.

Rezultati mnogih istraživanja pokazali su da se makrozoobentos brzo oporavlja u područjima pogođenim prirodnim i antropogenim ekstremnim poremećajima. Fenoglio i sur. (2002) navode kako naseljavanje ovisi o: pokretljivosti jedinki, vrsti podloge, količini hrane, životnom ciklusu, sezoni, kompeticiji i pritisku grabežljivaca.

Na pogođenim staništima prije će se primjerice, zabilježiti povratak kukaca nego puževa i školjkaša. Kukci se ponovo naseljavaju i iz okolnih populacija (čak i iz udaljenih vodotoka) jer odrasle jedinke mogu letom prevaliti veće udaljenosti i položiti jaja na pogođenim staništima. Mekušci pak ovisе gotovo potpuno o doplavljanju iz uzvodnih staništa.

Također, naseljavanje će se odvijati mnogo brže ako se nepovoljni uvjeti dogode nakon što je makrozoobentos završio rasplodni dio ciklusa. U hladnijem dijelu godine potrebno je dulje razdoblje da dođe do oporavka u odnosu na ljeto.

Matthaei i sur. (1996) su istražili mehanizme ponovnog naseljavanja makrozoobentosa. Rezultati su pokazali da je drift glavni način naseljavanja predstavnika porodice Simuliidae jer ne mogu plivati, a kretanjem prelaze vrlo male udaljenosti.

Sertić Perić i sur. (2011) su proveli istraživanje na Plitvičkim jezerima o dinamici drifta tijekom godine. Driftom se iz populacije otplavljuje suvišak jedinki i kompeticija se smanjuje, njime se životinje rasprostiru na šira područja te im se smanjuje gustoća, a povećava vjerojatnost preživljavanja. Drift zahvaća i biljke. Naime, mahovine u određenom životnom razdoblju postignu dimenzije da stvaraju prevelik otpor vodi koja ih čupa i odnosi, a s njima i niz organizama koji na mahovini žive. Mahovina u takvom slučaju predstavlja zaštitu organizama koji žive oko nje. Oslobođeni prostor, koji je doživio neki poremećaj, naseljavaju mlade mahovine i nove populacije makrozoobentosa. Neki organizmi poput Oligochaeta su pronađeni na rizoidima mahovina. I drugi beskralježnjaci se pričvrste za podlogu ili za plutajuće čestice koje su odnesene pod utjecajem vodene sile (Coleoptera, Simuliidae) te ti objekti postaju vektori drifta (Sertić Perić i sur., 2011). Neki predstavnici makrozoobentosa su bolji plivači (Ephemeroptera) te aktivno ulaze u struju ne bi li našli bolje uvjete nizvodno.

Mali poremećaj može dovesti do promjene u vrlo prilagođenoj bentičkoj fauni. U takvoj zajednici dominira ona skupina koja je sposobna naseliti novu podlogu. Neke skupine imaju mogućnost oporaviti se čak i unutar tri dana kao što su: *Leuctra* sp. i Chironomidae. Naravno, što je površina na kojoj se dogodio poremećaj veća bit će i dulje razdoblje ponovnog naseljavanja. Čimbenik koji također može povećati brzinu oporavka je temperatura. Tijekom ljeta u toplijim potocima na površini od 1 m<sup>2</sup> oporavak traje 8 dana, a zimi i do 71 dan (Matthaei i sur., 1996).

### **1.3. Naseljavanje makrozoobentosa na umjetne podloge**

Kako bi se podaci što manje razlikovali potrebno je provoditi istraživanja u približno istim uvjetima, u isto doba godine i na istom području. Naseljavanje makrozoobentosa na umjetnim podlogama će biti jednakog intenziteta pod uvjetom da su postavljene u sličnim staništima.

Prilikom ponovnog naseljavanja, makrozoobentos će brže naseliti prostore na kojima se već nalazi određena zajednica. Te zajednice se sastoje od mikroorganizama koji čine biofilm (bakterije, prazivotinje, alge), a mogu se formirati na živim i neživim podlogama. Glavnu ulogu u lotičkim sustavima imaju trepetljikaši. Postizanjem velike biomase sudjeluju u razgradnji lišća i purifikaciji lotičkih ekosustava te provode ugljik i energiju meo i makro~fauni. Naseljavanje dna u vodotocima je prednost trepetljikaša jer se smanjuje nizvodni transport, a količina hrane je i do nekoliko puta veća u odnosu na okolna područja (Risse-

Buhl i Küsel, 2009). Kemijski potencijal neke tvari A je parcijalna derivacija Gibbsove energije (oslobođena ili apsorbirana energija) s obzirom na količinu tvari A (Generalić, 2014). Upravo zbog kemijskog potencijala uspijevaju brzo naseliti neku površinu zajedno s određenim bakterijama. Trepetljikaši, koji su dio biofilma, stvaraju veću struju hrane oko sebe. Broj trepetljikaša u biofilmu je manji što je brzina toka veća. Strujanje vode redovito uzrokuje poremećaje, pomiče sediment i dovodi do abrazije biofilma. Zato je važno brzo ponovno naseljavanje i obnavljanje biofilma za cijeli ekosustav kako bi se povećala količina hrane (Risse-Buhl i Küsel, 2009).

## **1.4. Umjetne podloge**

### **1.4.1. Prednosti umjetnih podloga**

Umjetne podloge se počinju upotrebljavati jer se uvidjelo da se klasičnim uzorkovanjem makrozoobentosa kao što su mreže i grabila ne može dobiti potpuni i točan uzorak posebno u istraživanju migracijskih i kolonizacijskih procesa. Rosenberg i Resh (1982) su definirali umjetne podloge kao dio terenske opreme koje oponašaju uvjete vodenog okoliša u kojem se nalaze, na podlogu se naseli makrozoobentos i može se izvaditi nakon određenog razdoblja.

Jedna od prednosti umjetnih podloga je što omogućava uzorkovanje na mjestima gdje se ne može uzorkovati drugim metodama. To su staništa s tvrdom ili izuzetno pomičnom podlogom, duboka voda ili velike stijene. Također, umjetne podloge mogu olakšati uzorkovanje jer se uglavnom mogu postaviti i uzeti bez obzira na vremenske uvjete i stanje vodotoka. Isto tako su i sigurniji način jer se u velikim rijekama mogu skupiti s broda ili ronjenjem.

Korištenjem umjetnih podloga postavljaju se određeni standardi uzorkovanja. Cilj je da se subjektivnost pri izboru staništa na kojem će se vršiti uzorkovanje isključi. Izbor mikrostaništa na kojem će se izvršiti uzorkovanje izravnim metodama je vrlo važno jer sastav zajednice ima mozaička obilježja odnosno može osjetno varirati na malom prostoru. Prilikom uzorkovanja izravnim metodama neminovno je da zbog pristupačnosti i sličnih subjektivnih razloga izbor neće biti posve nasumičan te će se razlikovati svakim izlaskom na istraživanu postaju. Standardizacija nalaže da se uzorkovanje umjetnim podlogama provodi u sličnim staništima. Također, redoslijed skupljanja umjetnih podloga je nasumičan jer ovisi o naseljavanju organizama, dok se kod direktnih metoda mora uložiti jednak trud u svaki uzorak kako bi se dobio valjani uzorak (Rosenberg i Resh, 1982). Postavljanjem određenih umjetnih

podloga u određena staništa mogu se dobiti puno bolji podaci za istraživanje daljnjeg utjecaja na to stanište.

Budući da umjetne podloge zahtijevaju manju vještinu rada nego ostale metode to donosi i potencijalnu ekonomsku uštedu prilikom angažiranja ljudi.

Čišćenje i sortiranje je puno brže i jednostavnije jer skupljaju puno manje krhotina od ostalih metoda. Nadalje, male su, lagane i vrlo jeftine, a površinu koju obuhvaćaju nije problem izračunati.

Nema sumnje da je prednost uzorkovanja pomoću umjetnih podloga i smanjenje uništavanja staništa. Istraživanja moraju biti prilagođena kako bi se izbjeglo smanjivanje populacije pogotovo rijetkih populacija, ali i onih koje žive na neobičnim staništima (Rosenberg i Resh, 1982).

#### **1.4.2. Nedostaci umjetnih podloga**

Jedan od ozbiljnih nedostataka prilikom korištenja umjetnih podloga s kojima se znanstvenici susreću je što nije potpuno poznata dinamika naseljavanja organizama. Ekologija slatkovodnih beskralježnjaka je u zadnje vrijeme dobila veliku pažnju upravo zbog ovog problema. Rosenberg i Resh (1982) su istraživanjima došli do tri aspekta koja stvaraju probleme pri određivanju dinamike naseljavanja:

- (1) Izbor umjetne podloge koja će najbolje odgovarati prirodnoj podlozi.
- (2) Vrijeme izloženosti umjetnih podloga koje je potrebno za optimalno naseljavanje odnosno postizanje ravnoteže.
- (3) Sezonska razlika u podacima.

Na istim umjetnim podlogama bit će prikupljena različita fauna u područjima koja su čista i zagađena.

Potrebno je relativno dugo razdoblje uzorkovanja prilikom uporabe umjetnih podloga. Što je duže umjetna podloga *in situ* to su manji štetni utjecaji.

U zimskom razdoblju je naseljavanje puno slabijeg intenziteta nego u ljetnom pa je tako i biomasa obično manja zimi nego ljeti. Razlike u mjerenjima mogu biti svedene na najmanju mjeru tako što bi se istraživanje odvijalo svake godine u približno istom razdoblju.

Problem s kojim se svi istraživači susreću je gubitak faune prilikom izvlačenja uzorka. I kod umjetnih i kod prirodnih podloga je jednaka situacija. Gubitak uzoraka je napravio probleme u mnogim istraživanjima. Umjetne podloge su osjetljive na promjenu vodostaja. Visoke vode ih mogu odnijeti, a niske ih mogu ostaviti na suhom. Sedimentacija također može uzrokovati probleme, ali i antropogeni utjecaj ima veliku ulogu. Kako bi se izbjegao

gubitak važno je dobro poznavanje hidrologiju vode u kojoj se provodi istraživanje i izbjegavati područja kojim ljudi prolaze. Postavljanje dodatnih umjetnih podloga može nadomjestiti gubitke (Rosenberg i Resh, 1982).

Prilikom korištenja umjetnih podloga mora se na mjesto postavljanja izlaziti dva puta, kada se podloge postavljaju i kada se skupljaju. Poželjno je napraviti i dodatni posjet kako bi se provjerilo stanje podloga na području istraživanja. Za postavljanje umjetnih podloga treba nabaviti materijal koji nam je potreban za izvedbu eksperimenta, za razliku od prirodnih podloga gdje materijal uzimamo iz prirodnog staništa. Umjetne podloge su materijal koji nikada nije bio u tom staništu, dok kod prirodnih podloga obrađeni materijal koji smo uzeli iz staništa nazad vraćamo.

## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Provedeno je istraživanje zajednice makrozoobentosa na izvorišnom području potoka Jankovac, koji se nalazi u Parku prirode Papuk.

Cilj istraživanja je utvrditi:

1. sastav makrozoobentosa izvora potoka Jankovac
2. sklonost naseljavanja makrozoobentosa s obzirom na osvjetljenje, stabilnost i boju podloge
3. količinu i svojstva nakupljanja organskih i anorganskih čestica u mahovinskim podlogama

### **3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA**

#### **3.1. Geografska obilježja**

Park prirode Papuk nalazi se u kontinentalnom dijelu Središnje i Istočne Hrvatske. Pripada području požeškog kraja koje je okruženo najvišim slavonskim gorama. Park prirode prostorno obuhvaća 2 gore, najveći dio gore Papuk i dio Krndije. Pruža se u smjeru sjeverozapad-jugoistok a prostire na površini od 336 km<sup>2</sup>. Nalazi se na području dvije županije, Požeško-slavonske i Virovitičko-podravske. Parkom prirode proglašen je 1999. godine zbog svoje biološke, geološke i kulturne raznolikosti sadržane na relativno malom prostoru (Samardić, 2010).

#### **3.2. Klimatska obilježja**

Prema Köppenovoj klasifikaciji klime Park prirode Papuk se nalazi na području umjereno tople vlažne klime s toplim ljetom (Cfb). Na ovom području srednja temperatura najhladnijeg mjeseca nije niža od -3 °C, dok je srednja temperatura najtoplijeg mjeseca niža od 22 °C (Šegota i Filipčić, 2003). Temperatura praćena u meteorološkim postajama Voćin i Požega u posljednjih više od 30 godina, nije pokazala veliko odstupanje na navedenim lokacijama. Prosječna godišnja temperatura sjevernog dijela Parka prirode Papuk (Voćin) koleba od 8 do 12 °C. Prosječna temperatura doline, odnosno područja Požege nije puno veća te je u rasponu od 10 do 12 °C. Padaline su pravilno raspoređene kroz cijelu godinu. Srednja godišnja količina oborina za područje Voćina iznosi oko 980 mm dok za područje Požege iznosi nešto manje, oko 800 mm (Samardić, 2010). Veća količina oborina na području Voćina može se objasniti većim srednjim brojem dana sa snijegom nego što je u Požegi. Najsuši dio godine je zimi, a maksimum količine oborina se javlja ljeti.

#### **3.3. Geološka obilježja**

Geološka raznolikost je najvažnija osobitost Parka prirode Papuk. Na prostoru od 336 km<sup>2</sup> možemo naći naslage iz paleozoika, mezozoika i kenozoika, što ovo područje čini jedinstveno u Hrvatskoj i među rijetkima u Europi. Prostori paleozoika najvećim dijelom su sastavljeni od metamorfnih stijena. Prijelaz između paleozoika i mezozoika grade naslage filita te kvarcnih pješčenjaka. Mezozoik karakteriziraju sedimentne stijene. Za vrijeme mezozoika (jura i krede) na prostoru kontinentalne Hrvatske nalazilo se Panonsko more pa u sedimentnim stijenama trijasa, pješčenjacima i silitima, možemo naći otiske školjkaša. Karbonatni kompleks Papuka tvore pretežno vapnenačke i dolomitne naslage. U vapnencima postoje



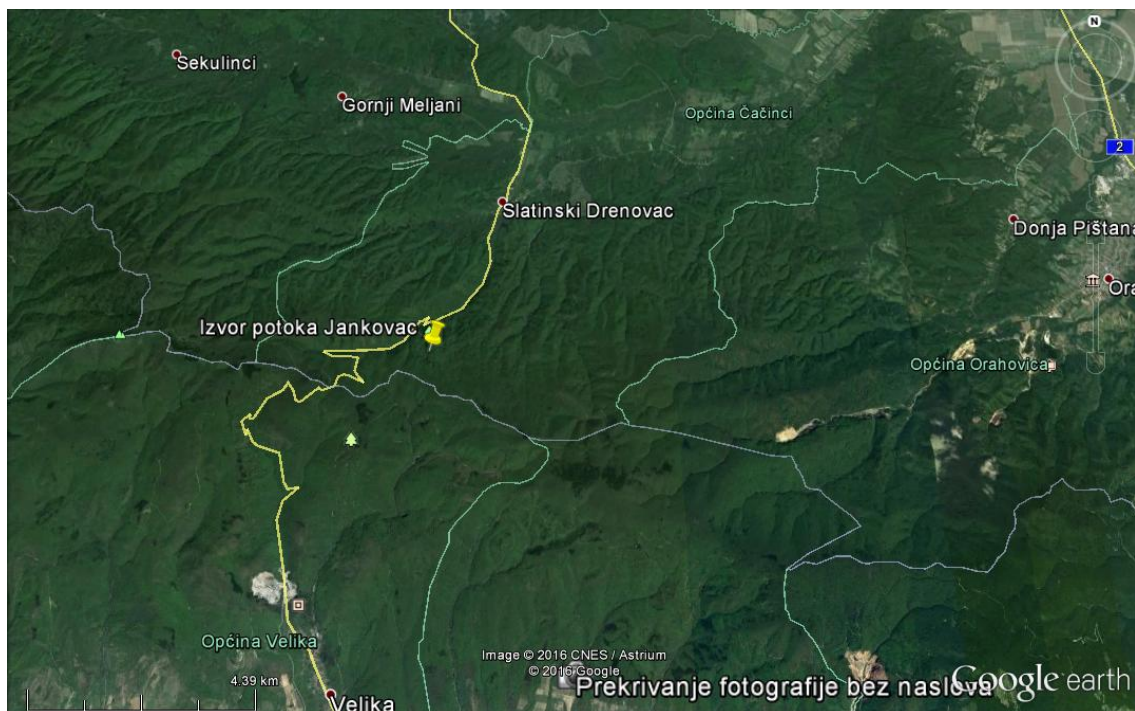
fosilni ostaci krinoida, amonita i algi (Samarđić, 2010). Dolomitne naslage također sadržavaju fosilne ostatke, ali su oni procesima rekristalizacije vrlo izmijenjeni i nije ih moguće determinirati. Krajem mezozoika javlja se pojačana vulkanska aktivnost. U kenozoiku Panonsko more polako nestaje te dolazi do taloženja pijeska, šljunka, gline i prapora. Za kenozoik su upravo zato karakteristični laporoviti vapnenci.

### **3.4. Hidrogeološka obilježja**

Hidrološka mreža Parka prirode Papuk je vrlo razvijena zahvaljujući geološkim specifičnostima koje ovaj kraj ima. Prostori na kojima nalazimo karbonatne stijene, nalazimo strukture kao što su ponikve, ponore jame i špilje, što mu daje tipična krška obilježja. Zahvaljujući dobroj propusnosti, karbonatne naslage predstavljaju vodonosnik što potvrđuju brojni izvori. Magmatske i metamorfne stijene su slabo do vodonepropusne te je na njima otjecanje pretežito površinsko. Na kontaktnom području karbonatnih, vodopropusnih stijena, i metamorfnih, slabo do vodonepropusnih, nastaje niz preljevnih izvora koji tvore brojne izvore Papuka (Samarđić, 2010). Upravo je izvor potoka Jankovac primjer jednog takvog izvora. Izvor Jankovac se nalazi na izoliranom krškom području, dok je okolno područje građeno od metamorfnih i magmatskih stijena. Potok Jankovac izvire na oko 560 m nadmorske visine, ukupne duljine oko 700 m te prosječne širine oko 3 m. Potok se ulijeva u potok Kovačicu nakon 32 m visokog slapa Skakavac. Slijeva se prema sjevernom nizinskom području (Dravi), a pripada crnomorskom slivu (Ostojić i sur., 2012.).

### **3.5. Istraživačka postaja**

Istraživanje je provedeno na izvorišnom području potoka Jankovac duljine oko 30 m (Slika 1.). Područje je u potpuno prirodnom stanju, odnosno antropogeni utjecaj nije prisutan. U potoku su prisutne mahovine, a uz potok bukva (*Fagus sylvatica* L.) i grab (*Carpinus betulus* L.). Izvor potoka Jankovac nalazi se na 45°31'05.1" sjeverne geografske širine i 17°41'13.7" istočne geografske dužine.



**Slika 1:** Gora Papuk sa označenim položajem izvora potoka Jankovac (Izvor: Google Earth, datum: 27.08.2016; vrijeme: 11:00).

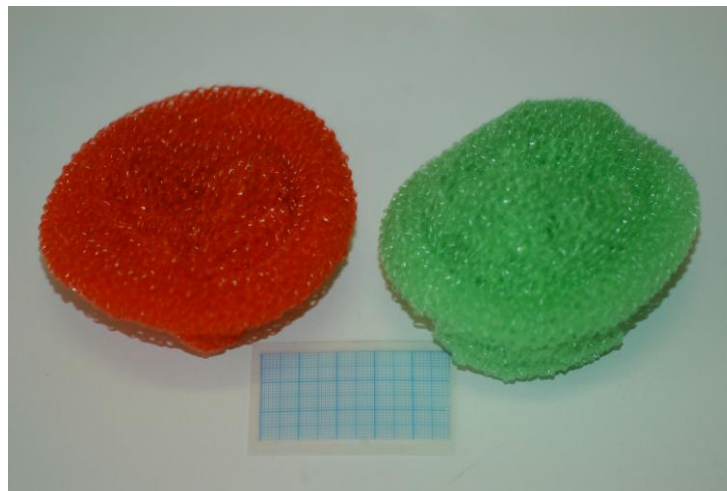
## 4. MATERIJALI I METODE

### 4.1. Mjerenje fizikalno–kemijskih parametara vode

Elektroničkim sondama mjereni su standardni fizikalno-kemijski parametri vode – električna provodljivost vode (Hach sensION), pH vrijednost (WTW pH 330i), temperatura vode, koncentracija otopljenog kisika i zasićenost vode kisikom (WTW Oxi 95). Parametri su mjereni 5 puta zasebno na svjetlu i u tami.

### 4.2. Metode uzorkovanja i obrade makrozoobentosa

Pokus je izveden na izvorišnom području potoka Jankovac na duljini oko 30 m. Postavljeno je 112 plastičnih mrežica koje su strukturom oponašale mahovine koje su dominantni biološki supstrat na izvoru. Mrežice su bile pletene u obliku cijevi dimenzija: 40 cm × 16 cm, te koje su nakon zbijanja (namatanja) tvorile pokusnu podlogu dimenzije: 8 cm × 2 cm (Slika 2.). Širina niti mrežica podloge je bila 1,2 mm, a oko mreže 1,5 × 3 mm, površine 4,5 mm<sup>2</sup>. Srednji volumen mrežica je bio 21,9 cm<sup>3</sup>.



**Slika 2.** Plastične mrežice korištena kao umjetne podloge u pokusu.

Podloge su se razlikovale u tri svojstva:

1. Osvjetljenje – pola podloga bilo je izloženo na području izvora koje je gotovo potpuno zakriveno vegetacijom, a pola na području koje je nezakriveno.

2. Stabilnost podloge – pola podloga bilo je pričvršćeno u dno klinovima od nehrđajućeg čelika, a pola je bilo slobodno – opterećeno kamenjem (1-2 komada) da se dozvoli gibanje, ali ne i otplavlivanje. Masa kamena koji se nalazio u slobodnim mrežicama bila je oko 85 g.

3. Boja – pola podloga bilo je zelene boje i oponašale su boju mahovine, a pola crvene boje i predstavljale su podloge antropogenog podrijetla.

Sveukupno je postavljeno 56 zelenih i 56 crvenih mrežica. Pola crvenih je bilo slobodno, a pola učvršćeno. Po pola učvršćenih i pola slobodnih izloženo na svijetlu, a pola tami. Isti princip je primijenjen i za zelene mrežice.

Uzorci su sakupljeni u posudu sa 70 %-tnim etanolom ujutro (u 8 h) i u sumrak (u 20 h) tijekom 4 dana te je ukupno dobiveno po sedam replikatnih uzoraka za svaku kombinaciju svojstava. Uzorci koji su bili učvršćeni su nakon 4. uzorkovanja kompromitirani ljudskom aktivnošću u koritu te ih nisam razmatrao.

Uzeta su 4 referentna uzorka iz prirodnog supstrata, jedan sa osvijetljenog (bez i s mahovinom) te jedan sa neosvijetljenog područja (bez i s mahovinom). Iz prikupljenih uzoraka sam izolirao sve organizme i odredio biocenološki sastav sestona koristeći se lupom (Zeiss Stemi 2000) i dostupnim ključevima za određivanje vrsta pojedinih redova kukaca: vodencvjetova (Bauernfeind i Humpesch, 2001), obalčara (Zwick, 2004), kornjaša (Nilsson, 1997) te tulara (Waringer i Graf, 2011).

#### **4.3 Metode određivanja veličinskih razreda čestica organske i anorganske tvari**

Prilikom izolacije organizama, preostali materijal sam vratio u plastične posude (svaki uzorak posebna posuda). Napravio sam laboratorijsku analizu transporta organske i anorganske tvari. Čestice sam razvrstao u tri veličinska razreda sitima različitih veličina pora: čestice veće od 1 mm (CPOM i CPIM), veličine od 50  $\mu\text{m}$  do 1 mm (FPOM i FPIM) te čestice manje od 50  $\mu\text{m}$  (UPOM i UPIM). Nakon odvajanja u porculanske zdjelice, sušio sam ih pod svjetiljkama koje emitiraju infracrveno zračenje (temperatura oko 100 °C). Nakon toga sam ih stavio u eksikator do potpune dehidracije te uzorke izvagao na digitalnoj vagi (A&D GR-200) kako bih dobio masu suhe tvari. Nakon vaganja uzorci su žareni u keramičkoj peći (Nabertherm-Modell LE6/11) na temperaturi 400 °C tijekom 4 sata. Žarenjem sva organska tvar oksidira te preostane samo anorganska tvar. Nakon žarenja sam ponovno izvagao zdjelice te sam na temelju razlike izmjerenih masa sušenih i žarenih zdjelica s uzorcima dobio masu organske tvari. Razlika između mase žarenih zdjelica s uzorkom i mase čistih zdjelica je masa anorganske tvari koja se nalazila u pojedinom uzorku.

#### **4.4 Obrada podataka**

Kako bih utvrdio postoji li statistički značajna razlika u fizikalno–kemijskim parametrima vode između osvijetljenog i zasjenjenog dijela potoka, te u količini nakupljene organske i anorganske tvari i brojnosti svojta u podlogama s obzirom na: osvijetljenost staništa, pokretljivost i boju podloge te doba dana koristio sam Kruskal-Walisovu analizu varijance.

Povezanost između količine nakupljenih čestica te fizikalno kemijskih svojstava vode i brojnosti organizama i brzine strujanja vode utvrdio sam Pearsonovim koeficijentom korelacije.

Sve statističke analize napravljene su u računalnom programu Statistica 12.0 (Dell Inc. 2015). Slikovni i tablični prikazi napravljeni su u računalnom programu Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft Corporation, 2016).

## 5. REZULTATI

### 5.1. Fizikalno-kemijski parametri

Temperatura vode u potoku Jankovac slabo je kolebala tijekom istraživanja. Ipak, prilikom svakog mjerenja temperatura na osvijetljenom području bila je viša od temperature na neosvijetljenom području tako da je prosječna temperatura vode viša na osvijetljenom području (Tablica 1.).

Zasićenost vode kisikom također je bila viša na osvijetljenom dijelu. Razlika u srednjoj vrijednosti zasićenosti vode kisikom bila je najveća zadnji dan mjerenja.

pH vrijednosti su tokom svih mjerenja bile više u osvijetljenom dijelu pa je i srednja vrijednost pH viša na osvijetljenom dijelu nego što je na neosvijetljenom. Statistička obrada podataka pokazala je da se ne radi o značajnim razlikama.

Dobivene srednje vrijednosti koncentracije otopljenog kisika i električne provodljivosti nisu se znatno razlikovale između osvijetljenog i neosvijetljenog dijela istraživanog područja (Tablica 1.).

**Tablica 1.** Srednje vrijednosti (SV) i standardna devijacija (SD) pojedinih fizikalno-kemijskih parametara vode na izvorišnom području potoka Jankovac.

	SVJETLO		TAMA	
	SV	SD	SV	SD
<b>Temperatura (°C)</b>	9,80	0,163	9,67	0,202
<b>Koncentracija otopljenog kisika (mg dm<sup>-3</sup>)</b>	10,61	0,143	10,52	0,118
<b>Zasićenost kisikom (%)</b>	99,27	1,711	98,30	1,166
<b>pH</b>	8,06	0,094	7,95	0,066
<b>Električna provodljivost (µS cm<sup>-1</sup>)</b>	506,25	7,544	506,75	5,965

## 5.2. Makrozoobentos

### 5.2.1. Sastav makrozoobentosa

Makrozoobentos se na istraživanom području potoka Jankovac sastojao od predstavnika Turbellaria (virnjaka), Gastropoda (puževa), Oligochaeta (maločetinaša), Hydrachnidia (vodenih grinja), Amphipoda (rakušaca), Collembola (skokuna), i ličinačke faune kukaca: Ephemeroptera (vodencvjetova), ličinaka i imaga Coleoptera (kornjaša), Plecoptera (obalčara), Trichoptera (tulara) te Diptera (dvokrilaca), najviše Chironomidae (trzalaca) i Simuliidae (mušica svrbljivica). Pronađeno je nekoliko jedinki ličinaka Aphidae (ušenaca) i Odonata (vretenaca). Također, u plastičnim mrežicama sam našao po jednog predstavnika riba i vodozemaca.

Najbrojnija je bila ličinačka fauna kukaca te fauna rakova odnosno vrste *Gammarus fossarum*. Unutar reda Diptera najbrojnije su bile ličinke porodice Chironomidae i Simuliidae (Slika 3.).

U redu Plecoptera dominirali su predstavnici roda *Protonemura*, a pronašao sam još i predstavnike rodova *Isoperla* i *Leuctra* te nekoliko juvenilnih jedinki (Slika 4.).

U redu Ephemeroptera dominirali su juvenilni ličinački stadiji koje je bilo nemoguće pouzdano odrediti do razine niže od reda. Od starijih ličinačkih stadija ipak sam utvrdio predstavnike svojta *Electrogena* sp., *Acantrella sinaica*, *Baetopus tenellus* te porodice Baetidae, za koje nije bilo moguće odrediti rod (Slika 5.).

U redu Coleoptera dominirala je vrsta *Elmis* sp., a utvrdio sam i predstavnike svojta *Esolus* sp., *Limnius* sp., *Riolus* sp., *Ochtebius* sp. i *Normandia* sp.

Unutar reda Trichoptera brojčano se istaknula jedino vrsta *Micropterna sequax*, međutim i njena brojnost kao i brojnost jedinki cijelog reda je bila izrazito niska te ih u ovom radu dalje neću razmatrati.

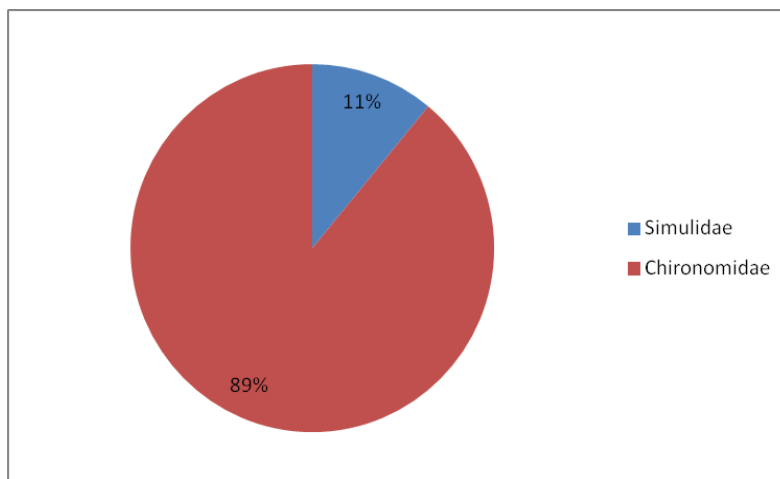
Na istraživanom području, unutar razreda Turbellaria, pojavljivala se jedino vrsta *Crenobia alpina* (Tablica 2.).

Jedinke predstavnika reda Coleoptera, Collembola i razreda Oligochaeta su se u uzorcima javljale sporadično te stoga nisam dalje razmatrao podatke koji se tiču ovih skupina.

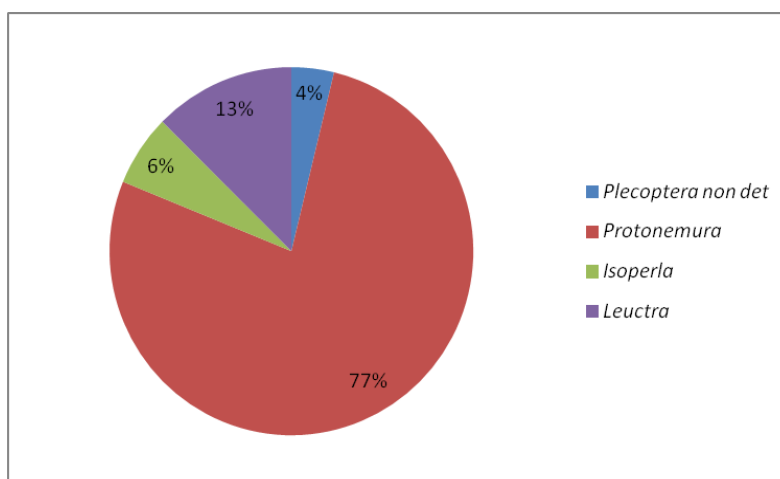
**Tablica 2.** Svojte makrozoobentosa u uzorcima skupljenim u potoku Jankovac tijekom istraživanja.

	Broj jedinki	udio		Broj jedinki	udio
Turbellaria - <i>Crenobia alpina</i>	53	0,76%	<i>Synagapetus dubitans</i>	1	0,01%
Nematoda	11	0,16%	Trichoptera (odrasli)	2	0,03%
<i>Graziana papukensis</i>	7	0,10%	Trichoptera juv. non det.	14	0,20%
Oligochaeta	135	1,92%	<b>Trichoptera (ukupno)</b>	<b>45</b>	<b>0,64%</b>
Hydrachnidia	42	0,60%	Coleoptera juv. non det.	15	0,21%
<i>Gammarus fossarum</i>	416	5,93%	Dytiscidae (odrasli)	3	0,04%
Collembola	40	0,57%	<i>Elmis</i> sp.	69	0,98%
<i>Acantrella sinaica</i>	21	0,30%	<i>Esolus</i> sp. (odrasli)	2	0,03%
<i>Baetidae</i> non det.	9	0,13%	<i>Limnius</i> sp.	4	0,06%
<i>Baetopus tenellus</i>	6	0,09%	<i>Normandia</i> sp. (odrasli)	1	0,01%
<i>Electrogena</i> sp.	3	0,04%	<i>Ochthebius</i> sp.- odrasli	1	0,01%
Ephemeroptera juv. non det.	1405	20,03%	<i>Riolus</i> sp.	2	0,03%
<b>Ephemeroptera (ukupno)</b>	<b>1444</b>	<b>20,58%</b>	<b>Coleoptera (ukupno)</b>	<b>97</b>	<b>1,38%</b>
Odonata	4	0,06%	Chironomidae	2627	37,44%
<i>Isoperla</i> sp.	5	0,07%	Diptera (odrasli)	2	0,03%
<i>Leuctra</i> sp.	10	0,14%	Diptera juv. non det.	4	0,06%
Plecoptera juv. non det.	3	0,04%	Simuliidae	322	4,59%
<i>Protonemura</i> sp.	62	0,88%	<b>Diptera (ukupno)</b>	<b>2955</b>	<b>42,12%</b>
<b>Plecoptera (ukupno)</b>	<b>80</b>	<b>1,14%</b>	Hymenoptera	1	0,01%
<i>Chaetopteryx</i> sp.	6	0,09%	Aphididae	3	0,04%
<i>Drusus muelleri</i>	1	0,01%	Osteichthyes	1	0,01%
<i>Glossosoma conformis</i>	3	0,04%	Amphibia	1	0,01%
<i>Micropterna sequax</i>	14	0,20%	Pupa non det.	2	0,03%
<i>Stenophylax permistus</i>	4	0,06%	<b>Ukupan broj jedinki</b>	<b>7016</b>	<b>100%</b>

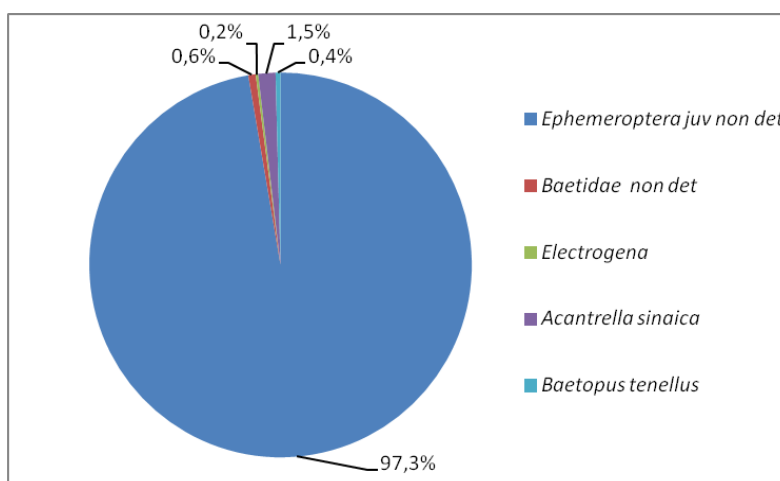




**Slika 3.** Udio svojti reda Diptera nađenih u pokusnim podlogama u potoku Jankovac.



**Slika 4.** Udio svojti reda Plecoptera nađenih u pokusnim podlogama u potoku Jankovac.



**Slika 5.** Udio svojti reda Ephemeroptera nađenih u pokusnim podlogama u potoku Jankovac.

### 5.2.2. Naseljavanje makrozoobentosa s obzirom na osvjetljenje

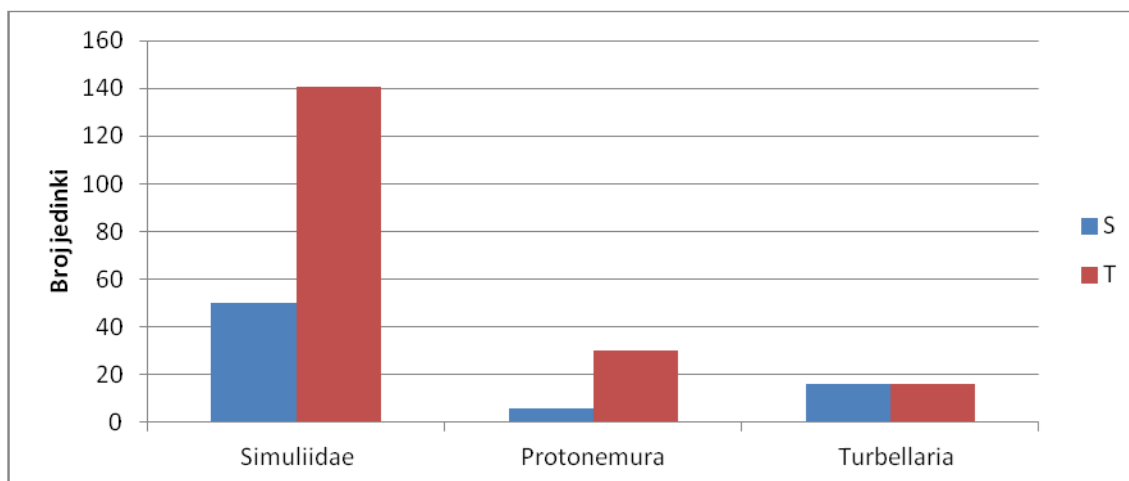
U obzir sam uzeo obrasce naseljavanja najbrojnijih skupina faune, virnjaka (*Turbellaria*) (0,76%), rakova (*Gammarus fossarum*) (5,93%) i ličinki kukaca: juvenilnih jedinki vodencvjetova (Ephemeroptera) (20,03%), obalčara (Plecoptera), rod *Protonemura* (0,88%), dvokrilaca (Diptera) (posebno trzalaca (Chironomidae) i mušica svrbljivica (Simuliidae)) (42,03%).

Uspoređujući ukupan broj svojiti, s obzirom jesu li mrežice bile na osvjetljenim ili neosvijetljenim dijelu potoka, zabilježio sam kako većina skupina bolje naseljava posude na neosvijetljenim dijelovima. Najizraženija pojava je zabilježena kod predstavnika Ephemeroptera i Simuliidae. Njihova brojnost je bila 2 do 3 puta veća u podlogama izloženima u neosvijetljenom dijelu potoka nego u osvjetljenom. Juvenilne ličinke Ephemeroptera su bile statistički brojnije na zasjenjenim staništima ( $H = 18,338$ ,  $N = 45$ ,  $p < 0,0001$ ). Nije pronađena velika količina svojite *Protonemura* sp., ali se vidi tendencija naseljavanja na neosvijetljeno područje. Rod *Gammarus* jedini bolje naseljava podloge na osvjetljenim dijelovima potoka. Na setu podataka utvrdio sam da su jedinke vrste *Gammarus fossarum* i *Oligochaeta* bile statistički značajno brojnije na osvjetljenim podlogama (Tablica 3.). Jedinke *Turbellaria* i *Chironomidae*, kojih je brojčano bilo najviše, su naseljavali podjednako podloge u osvjetljenom i zasjenjenom staništu (Slika 6.).

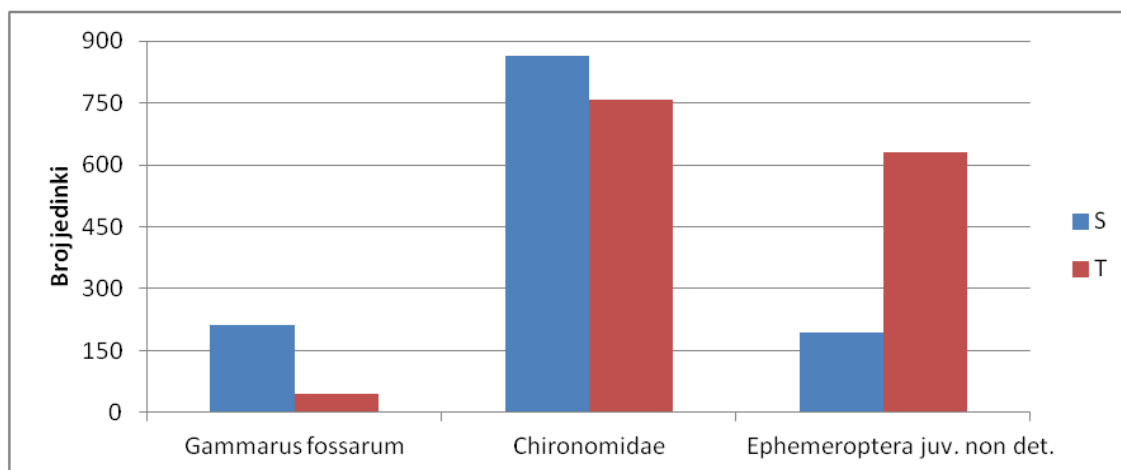
**Tablica 3.** Rezultati Kruskal-Walisove analize varijance za brojnosti dominantnih svojita nađenih u pokusnim podlogama s obzirom na osvjetljenje.

Svojta	Srednja vrijednost kvadrata rangova		H	N	p	preferirano stanište
	Svjetlo	Tama				
<i>Crenobia alpina</i>	13,31	17,08	1,68496	29	0,1943	
<b>Oligochaeta</b>	21,26	7,20	15,33202	33	<b>0,0001</b>	<b>svjetlo &gt; tama</b>
<i>Gammarus fossarum</i>	28,83	12,63	18,28250	42	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>svjetlo &gt; tama</b>
<b>Ephemeroptera juv. non det.</b>	14,80	31,57	18,33807	45	<b>&lt; 0,0001</b>	<b>tama &gt; svjetlo</b>
<i>Protonemura</i> sp.	9,21	13,85	2,50777	24	0,1133	
Chironomidae	25,17	20,73	1,29016	45	0,256	
Simuliidae	15,85	20,87	2,07633	36	0,1496	

a)



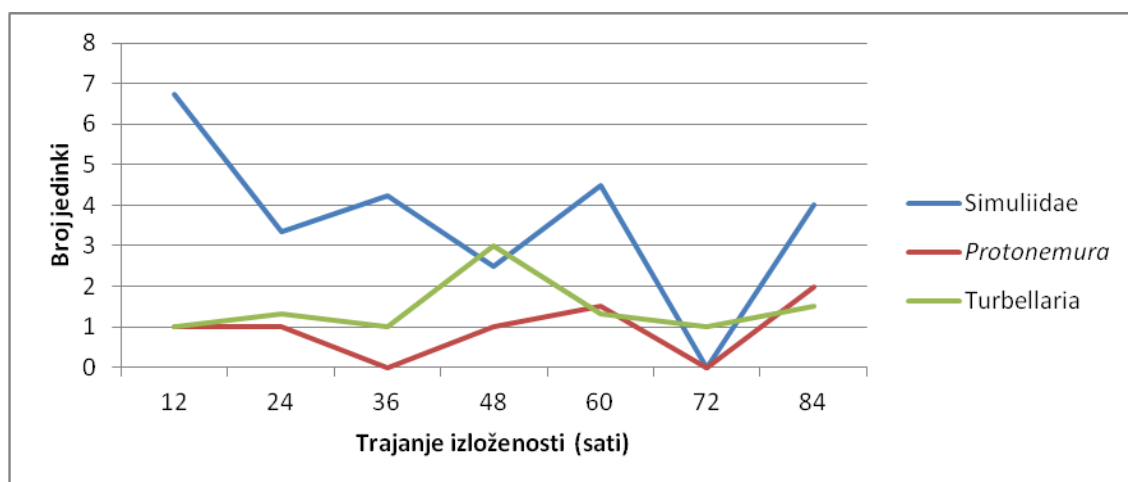
b)



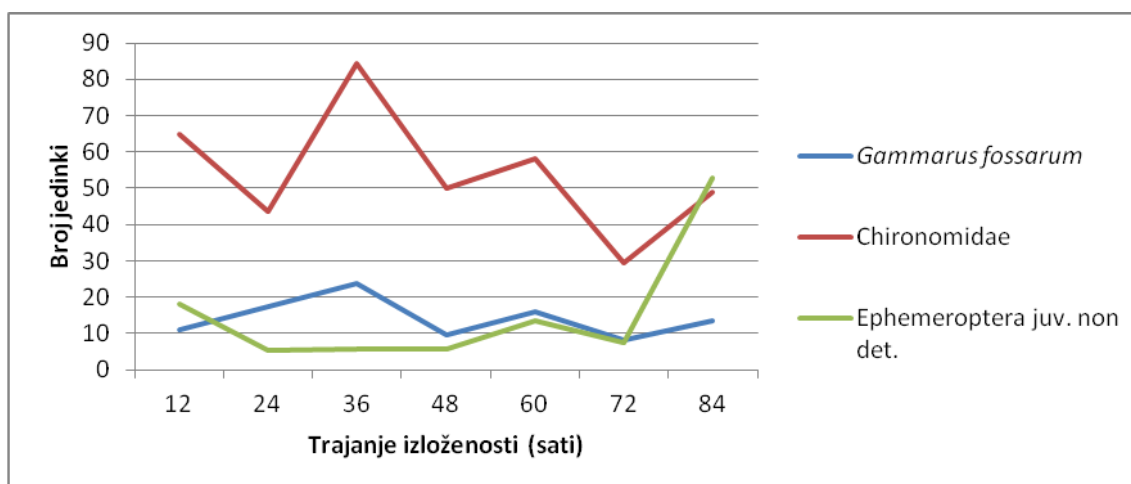
**Slika 6.** Ukupan broj jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama na osvijetljenom (S) i neosvijetljenom (T) području za: a) Simuliidae, *Protonemura* i Turbellaria, b) *Gammarus fossarum*, Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det.

Uspoređujući srednju vrijednost brojnosti pojedinih svojti s obzirom na vrijeme izloženosti osvijetljenih podloga, zabilježio sam rast i pad brojnosti svakih 12 sati. Radi se o dnevno-noćnim kretanjima. Kod mrežica koje su skupljane u jutarnjim satima, pronađen je veći broj jedinki Simuliidae i Chironomidae, nego u mrežicama koje su skupljane navečer. ličinke Ephemeroptera su tek nakon 3 dana počele intenzivnije naseljavati osvijetljene podloge. Kod vrste *Gammarus fossarum* nisu vidljive velike oscilacije. Kod roda *Protonemura* nisu zabilježene oscilacije zbog malog broja jedinki koje su nađene na osvijetljenom području (Slika 7.). Zabilježen je porast broja jedinki Turbellaria nakon 48 sati, ali je nakon toga njihov broj opao i ostao stabilan tijekom sljedećih uzorkovanja.

a)



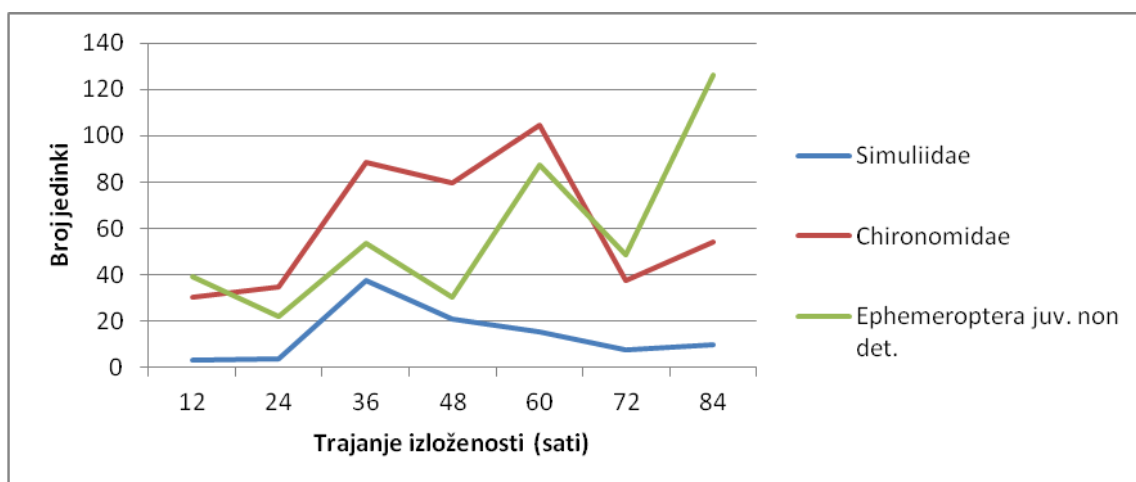
b)



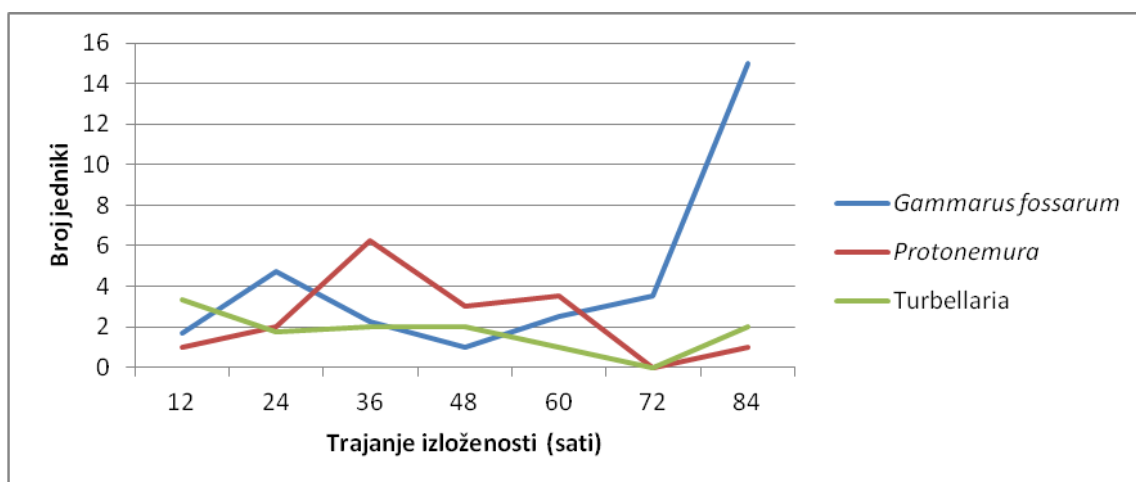
**Slika 7.** Srednja vrijednost brojnosti jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama tijekom izloženosti na osvjetljenom području za a) Simuliidae, *Protonemura* i Turbellaria, b) *Gammarus fossarum*, Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det.

Na zasjenjenom području se također mogu vidjeti dnevno-noćna kretanja životinja. Ličinke Chironomidae, kao i u mrežicama na osvjetljenom području, su i ovdje bile brojnije na mrežicama skupljanim navečer. Također, što su mrežice duže bile izložene, njihova je brojnost bila sve manja. Ephemeroptera su mrežice naseljavali više noću, ali je njihova brojnost na neosvjetljenom području s vremenom rasla. Skupina Simuliidae te svojta *Protonemura* sp. nisu se isticali u dnevno-noćnim kretanjima, ali im je brojnost u jednom uzorku naglo porasla te je dalje slijedilo lagano opadanje broja jedinki. Brojnost Turbellaria nije kolebala na neosvjetljenim mrežicama tijekom pokusa (Slika 8.).

a)



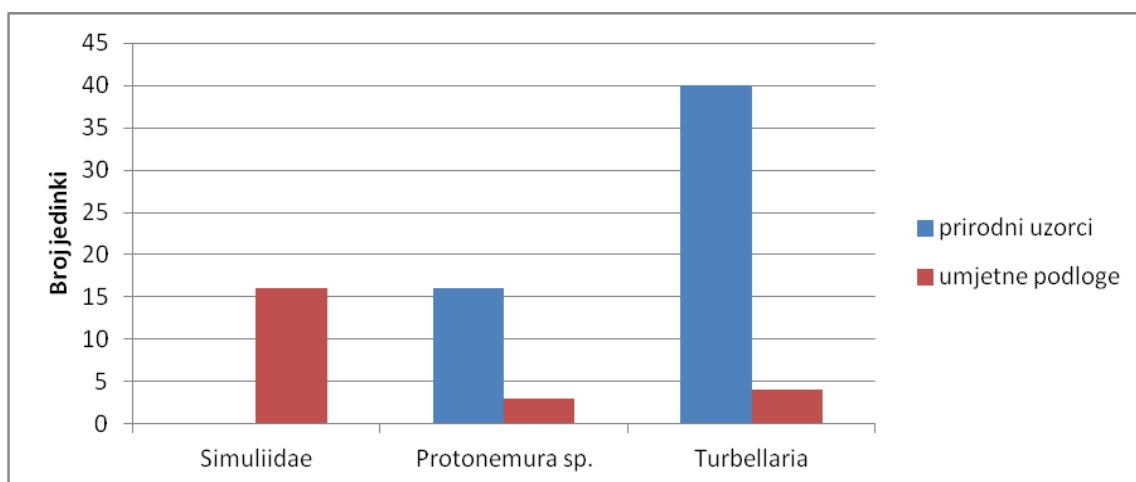
b)



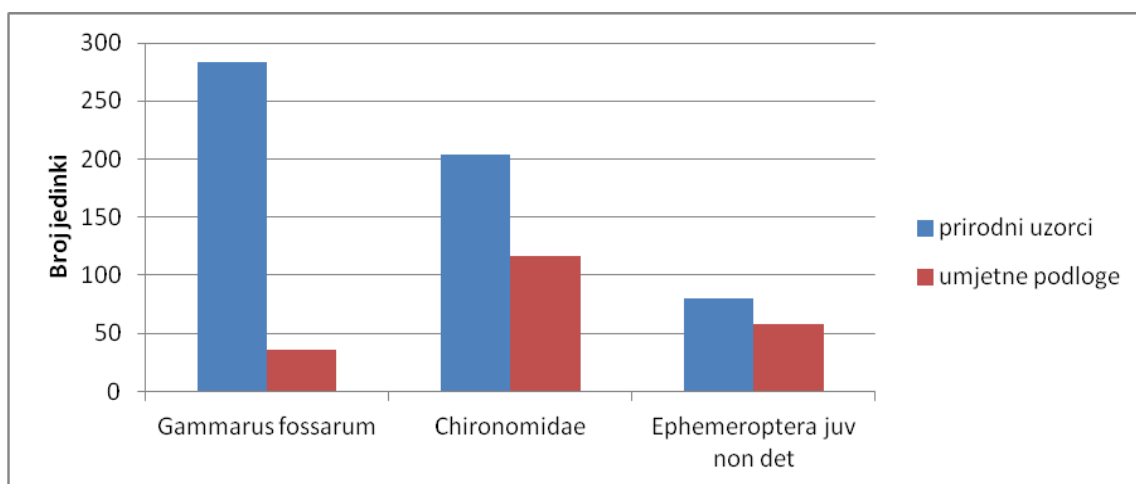
**Slika 8.** Srednja vrijednost brojnosti jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama tijekom izloženosti na neosvijetljenom području za: a) Simuliidae, Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det., b) *Gammarus fossarum*, *Protonemura* i *Turbellaria*.

Uspoređujući maksimalne vrijednosti brojnosti vrsta u prirodnim uzorcima i na umjetnim podlogama osvijetljenog područja, skupina Simuliidae je od promatranih skupina najbolje naseljavala umjetne podloge. Kod skupina Plecoptera, Turbellaria i svojte *Gammarus fossarum* maksimalan broj jedinki je bio i do deset puta manji u umjetnim podlogama nego u prirodnom uzorku. Maksimalan broj jedinki Chironomidae u umjetnim podlogama bio je manji nego u prirodnom uzorku. Skupina Ephemeroptera bila je podjednako brojna u prirodnom uzorku i umjetnim podlogama na osvijetljenom području (Slika 9.).

a)



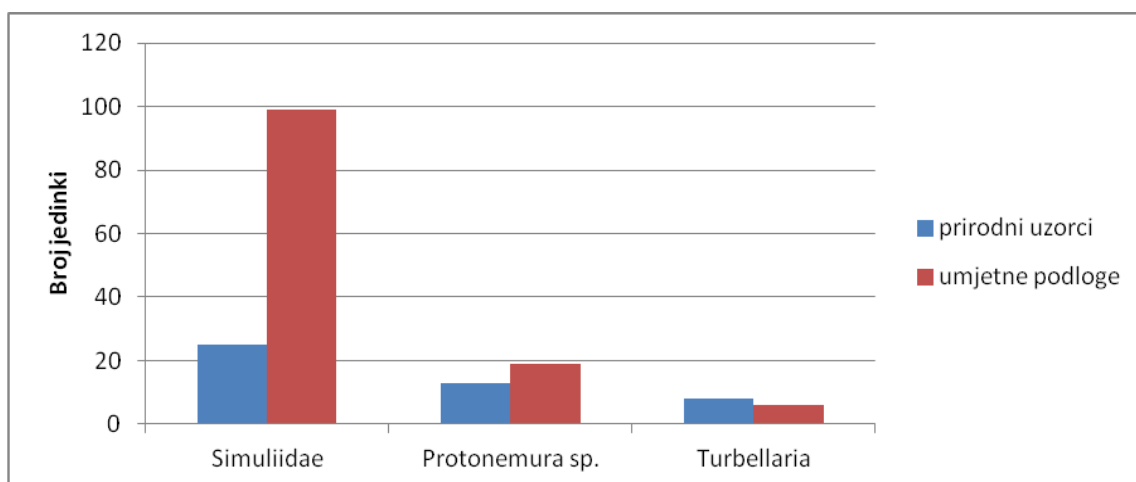
b)



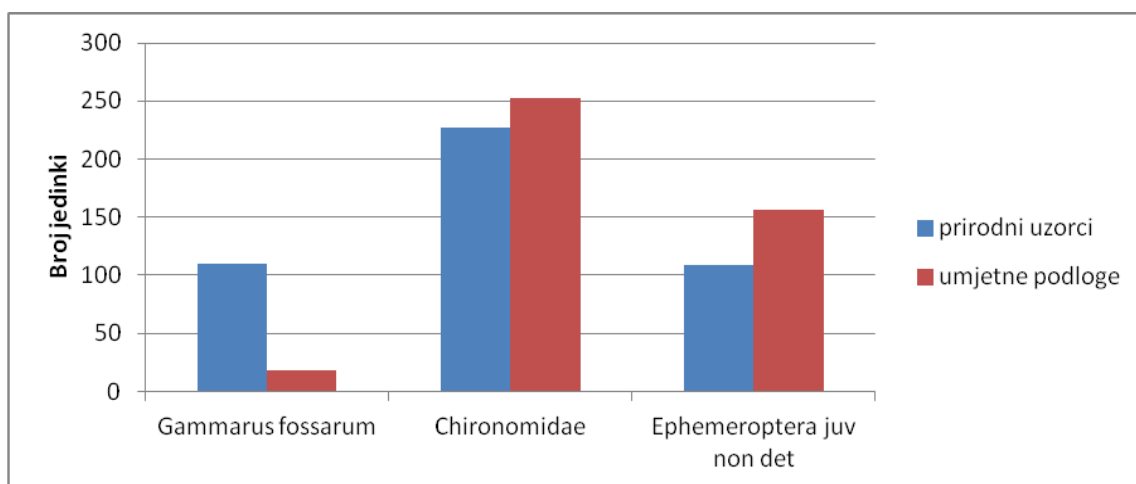
**Slika 9.** Maksimalan broj jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama na osvjetljenom području za: a) Simuliidae, *Protonemura* i Turbellaria, b) *Gammarus fossarum*, Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det.

Maksimalan broj jedinki porodice Simuliidae je bio puno veći na umjetnim podlogama nego u prirodnom uzorku, kao što je zabilježeno i na osvjetljenom području. Kod svojte *Gammarus fossarum* zabilježena je i do četiri puta manja brojnost jedinki na umjetnim podlogama. Za razliku od neosvjetljenog područja, predstavnici porodice Chironomidae i redova Ephemeroptera i Plecoptera bili su brojniji na umjetnim podlogama (Slika 10.). Skupina Turbellaria je imala podjednake vrijednosti na prirodnom uzorku i umjetnim podlogama.

a)



b)



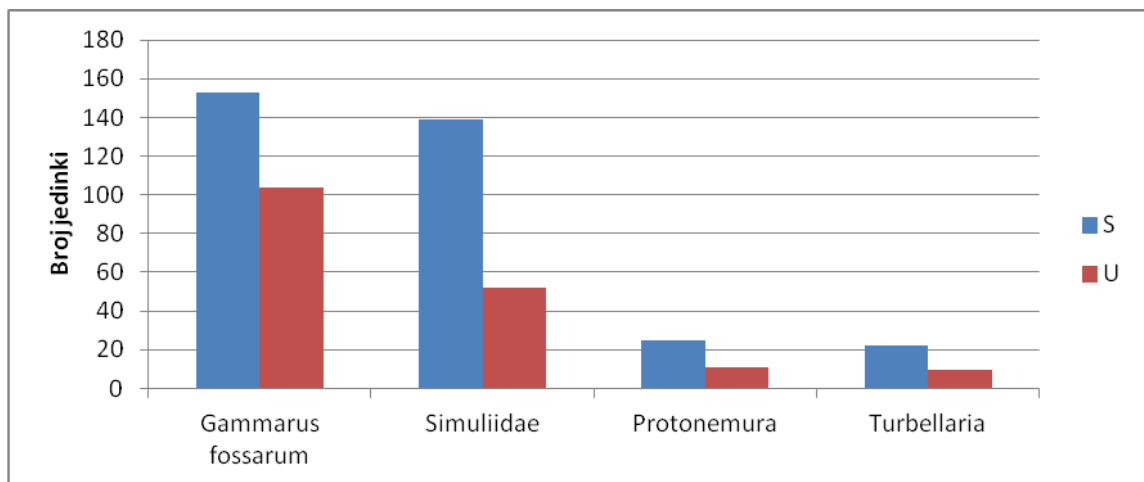
**Slika 10.** Maksimalan broj jedinki pojedinih skupina nađenih na pokusnim podlogama u podlogama na neosvijetljenom području za: a) Simuliidae, *Protonemura* i Turbellaria, b) *Gammarus fossarum*, Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det.

### 5.2.3. Naseljavanje makrozoobentosa s obzirom na stabilnost podloge

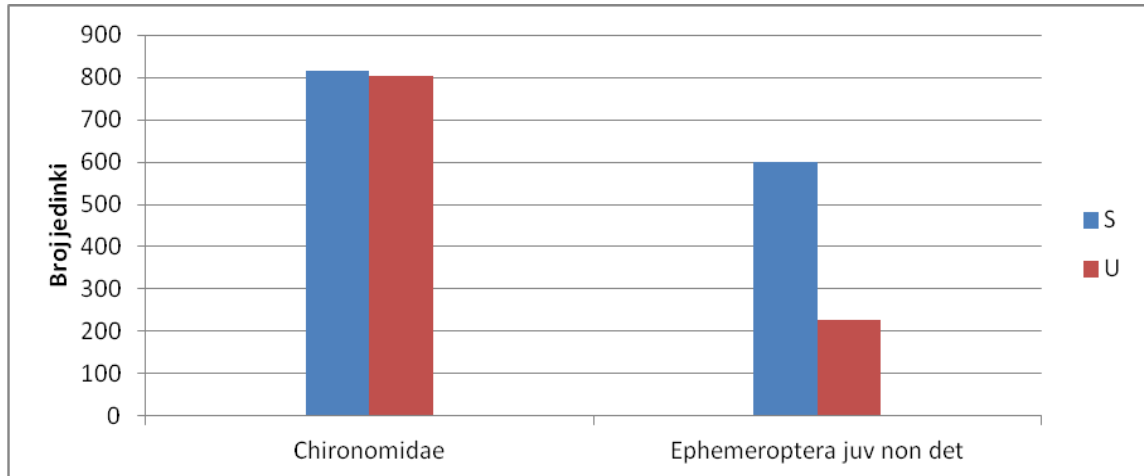
Uspoređujući ukupan broj jedinki pojedinih skupina, s obzirom jesu li mrežice bile učvršćene za dno potoka ili su bile slobodne, zabilježio sam kako su gotovo sve skupine bolje naseljavale slobodne mrežice. Najizraženija pojava je zabilježena kod ličinki juvenilnih Ephemeroptera (Slika 11.). Njihova brojnost na slobodnim podlogama je bila 3 puta veća nego na učvršćenim. Također, izražajna razlika kod boljeg naseljavanja slobodnih podloga je primijećena i kod svojte *Gammarus fossarum* i predstavnika porodice Simuliidae. Predstavnici razreda Turbellaria i roda *Protonemura* bile su manje brojni, ali se i u njih može

vidjeti tendencija izraženijeg naseljavanja na slobodne podloge. Predstavnici porodice Chironomidae, koja je bila najbrojnija, bili su podjednako brojni na slobodnim i učvršćenim podlogama (Slika 11.). Prilikom statističke obrade nisu zabilježene značajne razlike u naseljavanju s obzirom na stabilnost podloge.

a)



b)



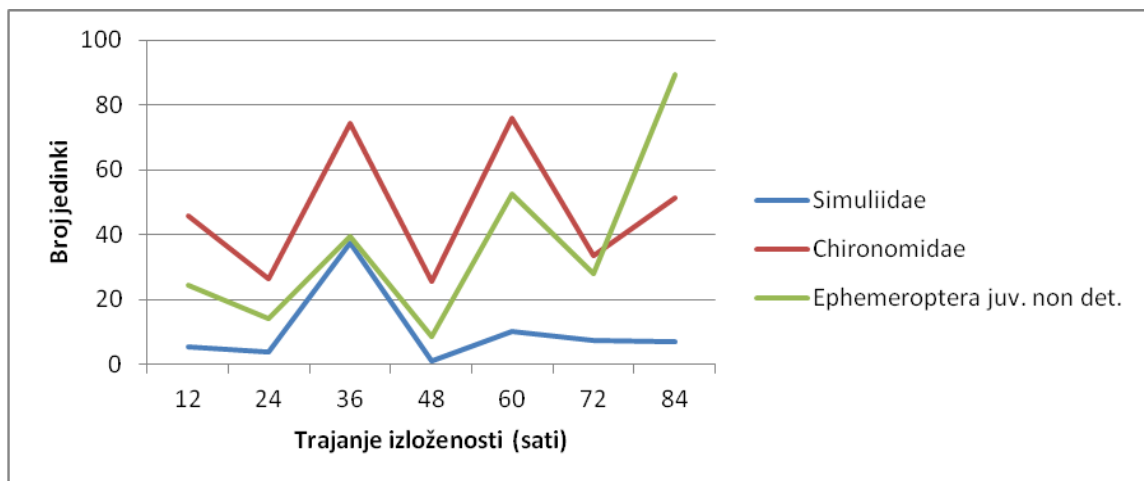
**Slika 11.** Ukupan broj jedinki pojedinih skupina nađenih na pokusnim podlogama na slobodnim (S) i učvršćenim (U) podlogama za: a) *Gammarus fossarum*, Simuliidae, *Protonemura* i Turbellaria, b) Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det.

Uspoređujući srednju vrijednost brojnosti pojedinih skupina s obzirom na vrijeme izloženosti slobodnih podloga, također su se mogla vidjeti dnevno-noćna kretanja, kao i kod usporedbe na temelju osvjetljenja. Najizraženija promjena je vidljiva kod predstavnika skupina Chironomidae i Ephemeroptera te svojte *Gammarus fossarum*. Ove skupine su

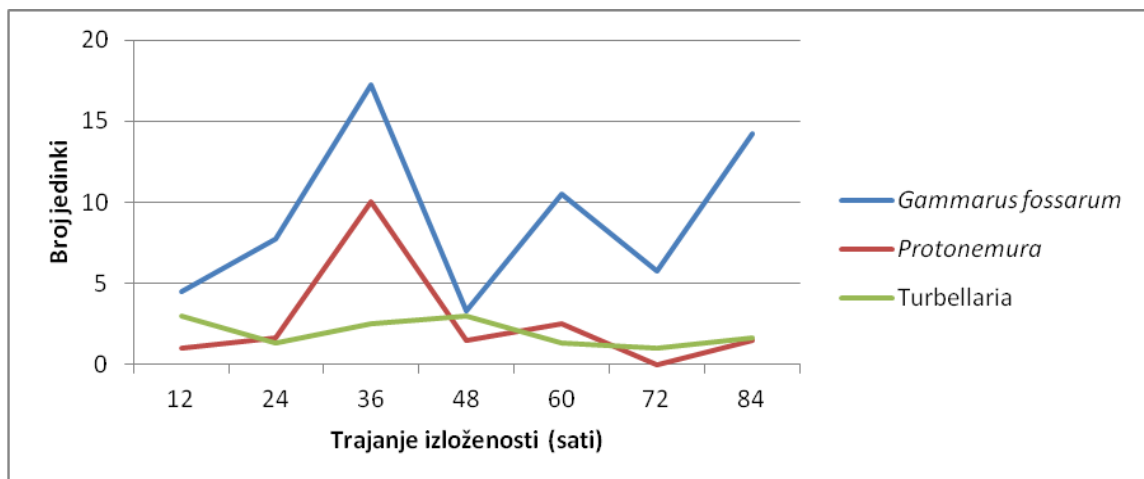


preferirale boravak na slobodnim podlogama u noćnim satima. Juvenilne jedinke Ephemeroptera tek su na zadnjem uzorku dostigli maksimalnu brojnost. Kod predstavnika porodice Simuliidae i roda *Protonemura* vidljiv je maksimum brojnosti jedinki nakon 36 sati izloženosti kao i kod usporedbe s obzirom na osvjetljenje. Nakon maksimuma slijedi pad brojnosti. Kod razreda Turbellaria nije bilo izraženo dnevno-noćno kretanje, a srednja vrijednost je podjednaka kroz čitavo trajanje izloženosti mrežica (Slika 12.).

a)



b)

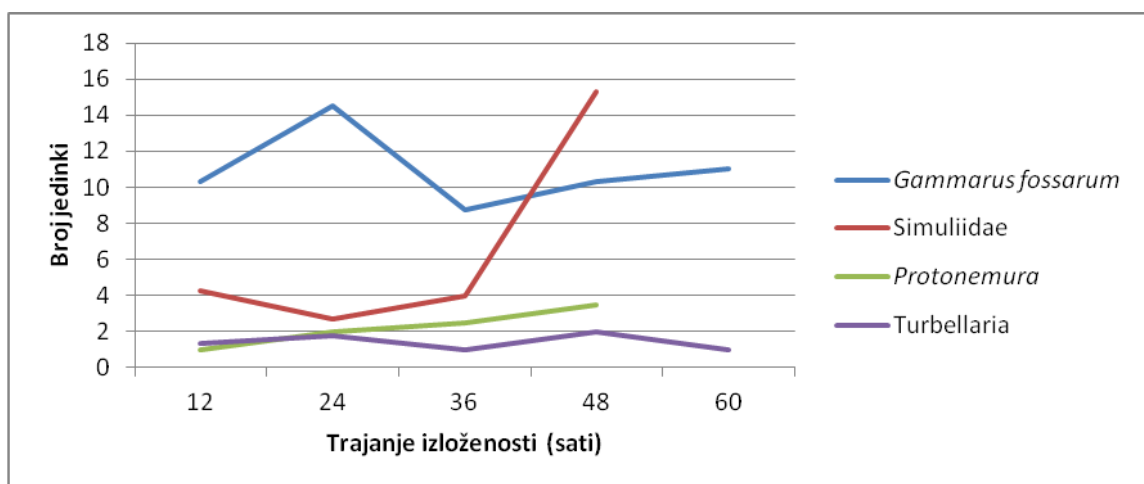


**Slika 12.** Srednja vrijednost brojnosti jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama tijekom izloženosti na slobodnim podlogama za: a) Simuliidae, Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det., b) *Gammarus fossarum*, *Protonemura* i Turbellaria.

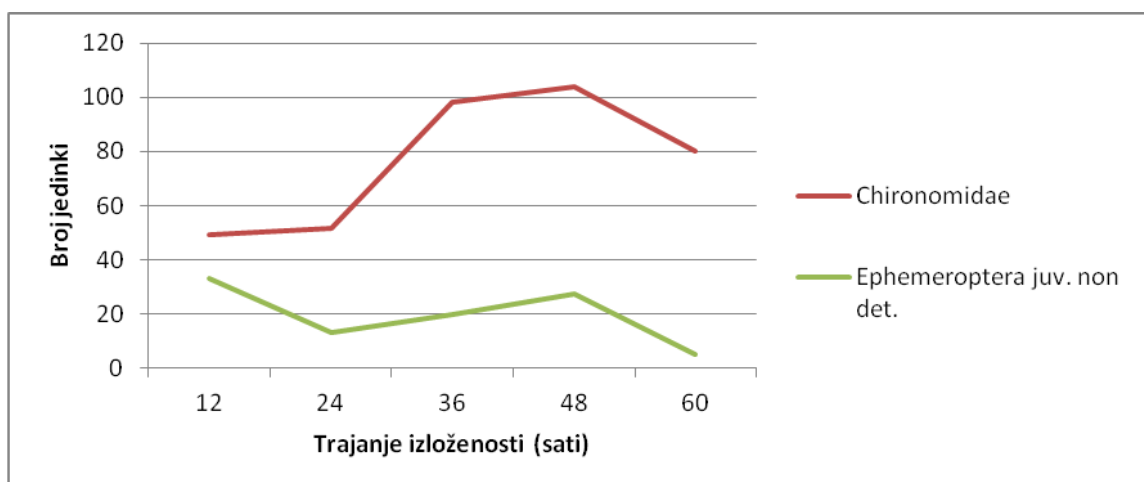
Učvršćene podloge su skupljane samo do četvrtog, odnosno petog uzorka (ovisno o uzorku) zbog antropogenog utjecaja koji je imao na podloge. Kod svih skupina nije postojala

izražena dnevno-noćna migracija kao što je to bilo u slobodnim mrežicama. Kod predstavnika razreda Turbellaria postojala je pravilna dnevno-noćna promjena između par jedinki koje su tamo obitavale. Kod predstavnika porodice Simuliidae zabilježen je maksimum srednje vrijednosti na učvršćenim podlogama kao u već navedeno ranije. Porodica Chironomidae je bila brojnija u učvršćenim podlogama, ali bez izraženih dnevno-noćnih migracija. Kod predstavnika svojiti *Protonemura* sp. i *Gammarus fossarum* zabilježen je konstantan broj jedinki u uzorcima, bez oscilacija. Srednja vrijednost juvenilnih ličinki Ephemeroptera na kraju uzorkovanja dostiže minimum (Slika 13.).

a)



b)

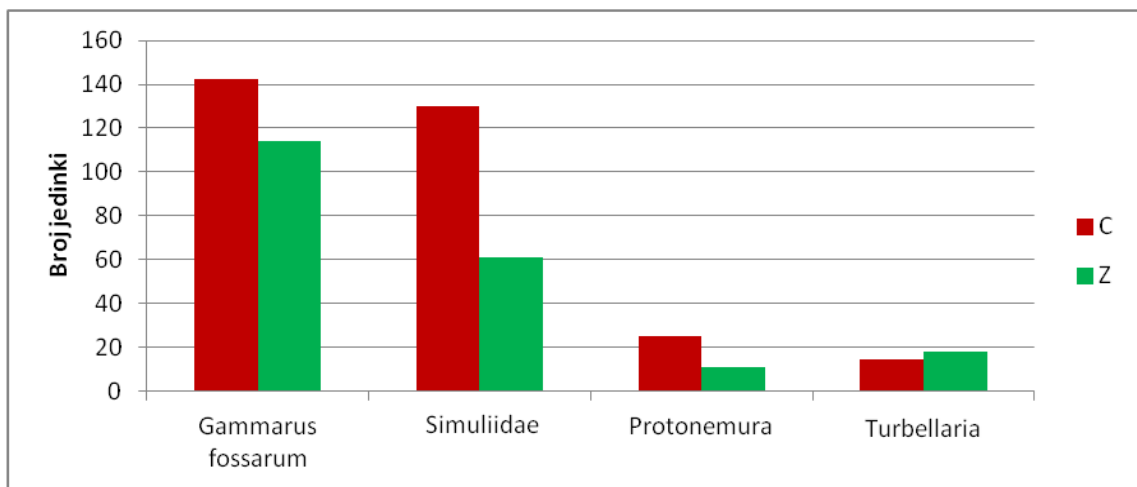


**Slika 13.** Srednja vrijednost brojnosti jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama tijekom izloženosti na učvršćenim podlogama za: a) *Gammarus fossarum*, *Simuliidae*, *Protonemura* i Turbellaria, b) *Chironomidae* i Ephemeroptera juv. non det.

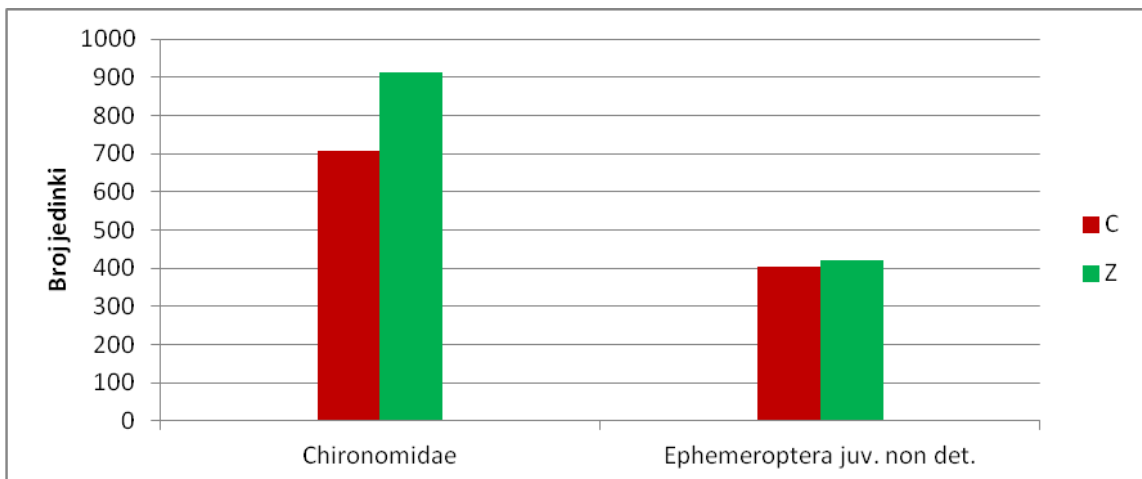
#### 5.2.4. Naseljavanje makrozoobentosa s obzirom na boju

Naseljavanje s obzirom na boju podloge, ovisno jesu li mrežice bile crvene ili zelene, dovelo je do zanimljivih rezultata. Najveća razlika između naseljavanja crvenih i zelenih mrežica bila je kod porodice Simuliidae. Ova porodica je pokazala puno veći afinitet prema naseljavanju crvenih podloga. Svoje *Gammarus fossarum* i *Protonemura* sp. također su bile brojnije na crvenim podlogama, no razlika između broja jedinki je bila nešto manja nego kod porodice Simuliidae (Slika 14.). Nadalje, predstavnici Turbellaria i Chironomidae su bolje naseljavali zelene podloge.

a)



b)

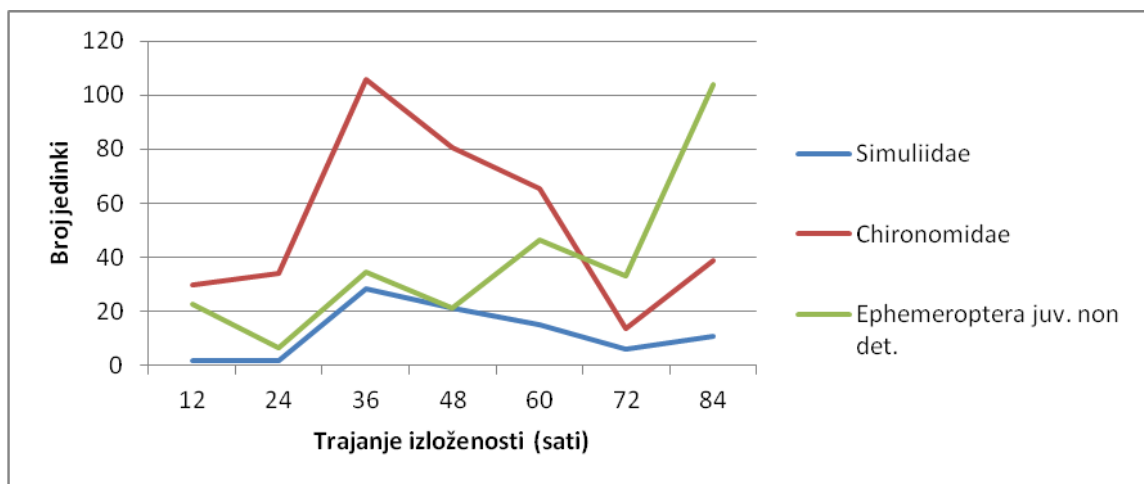


**Slika 14.** Ukupan broj jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama na crvenim (C) i zelenim (Z) pokusnim podlogama za: a) *Gammarus fossarum*, Simuliidae, *Protonemura* i Turbellaria, b) Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det.

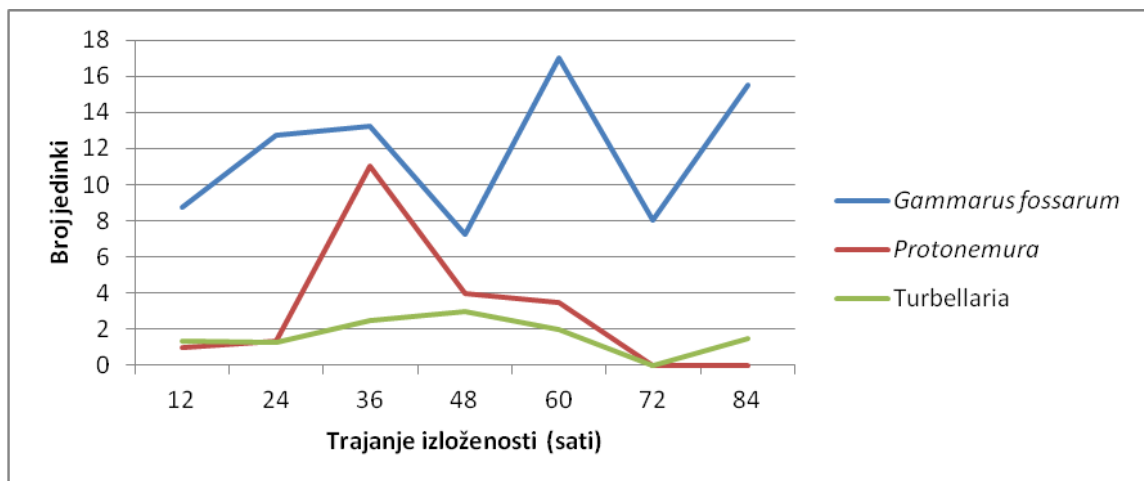
Kod juvenilnih Ephemeroptera broj jedinki je bio podjednak na crvenim i zelenim podlogama (Slika 14.). Prilikom statističke obrade nisu zabilježene značajne razlike u naseljavanju s obzirom na boju podloge.

Kod svojte *Gammarus fossarum* bila je izražena dnevno-noćna migracija na crvenim podlogama, a kolebanja su bila konstantna. Juvenilni Ephemeroptera pokazuju izražajnu dnevno-noćnu oscilaciju, ali sa konstantnim porastom kroz trajanje izloženosti. Brojnosti predstavnika porodica Chironomidae i Simuliidae te roda *Protonemura* bile su, nakon maksimalne srednje vrijednosti, u opadanju (Slika 15.).

a)



b)

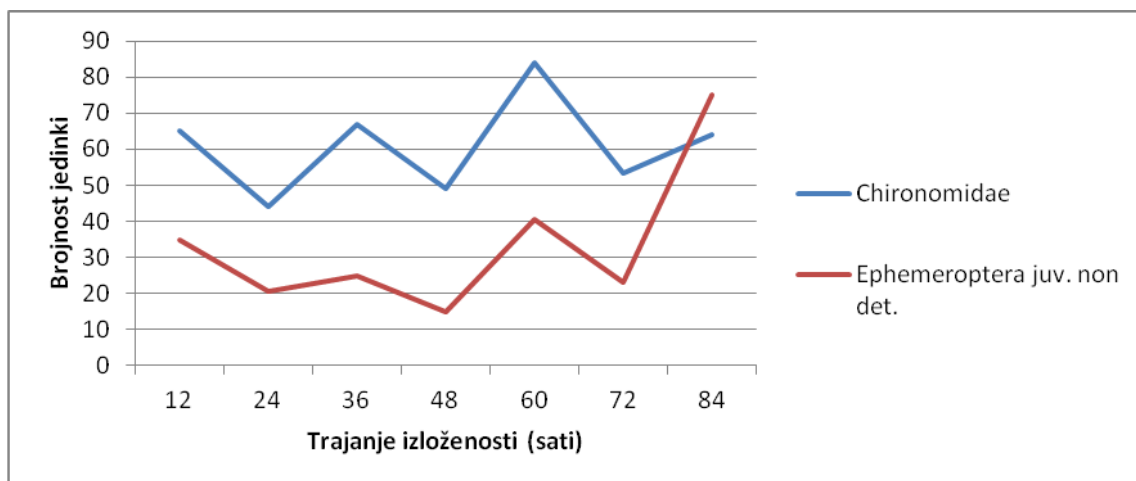


**Slika 15.** Srednja vrijednost brojnosti jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama tijekom izloženosti na crvenim podlogama za: a) Simuliidae, Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det., b) *Gammarus fossarum*, *Protonemura* i Turbellaria.

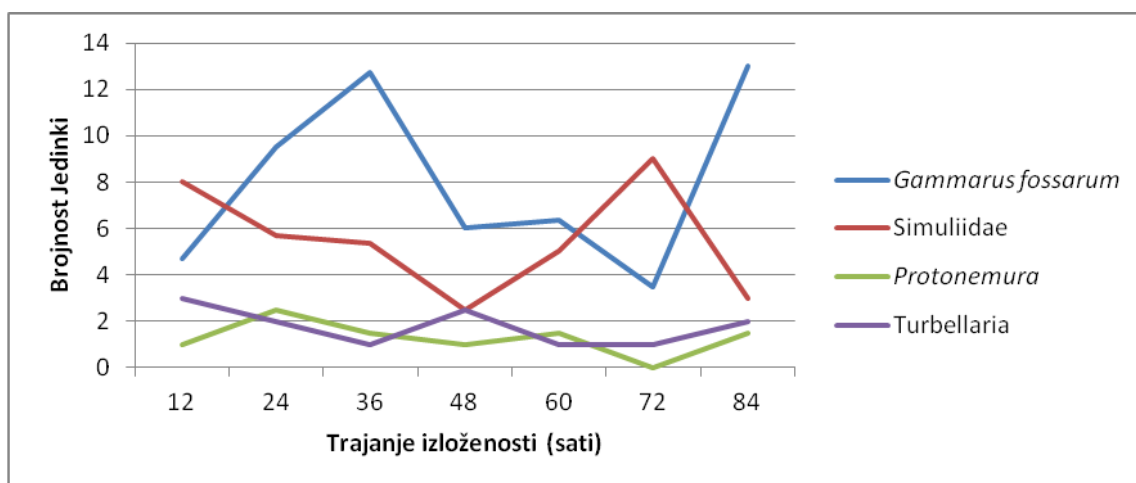
Kod predstavnika razreda Turbellaria zabilježene su konstantne srednje vrijednosti prilikom naseljavanja crvenih podloga, sa minimalnim kolebanjima (Slika 15.).

Na zelenim podlogama dnevno-noćna migracija je vidljiva jedino kod predstavnika Ephemeroptera i Chironomidae. Juvenilne jedinice Ephemeroptera bile su brojnije što su duže podloge bile izložene te u zadnjem uzorku dostižu maksimalnu srednju vrijednost. Predstavnicu razreda Turbellaria i roda *Protonemura* bile su podjednako brojne na zelenim podlogama kroz cijelo trajanje izloženosti. Brojnost predstavnika porodice Simuliidae i svojte *Gammarus fossarum* je pokazala kako su obrnuto proporcionalne te u zadnjem *Gammarus* dostiže maksimalnu srednju vrijednost, a Simuliidae minimalnu (Slika 16.).

a)



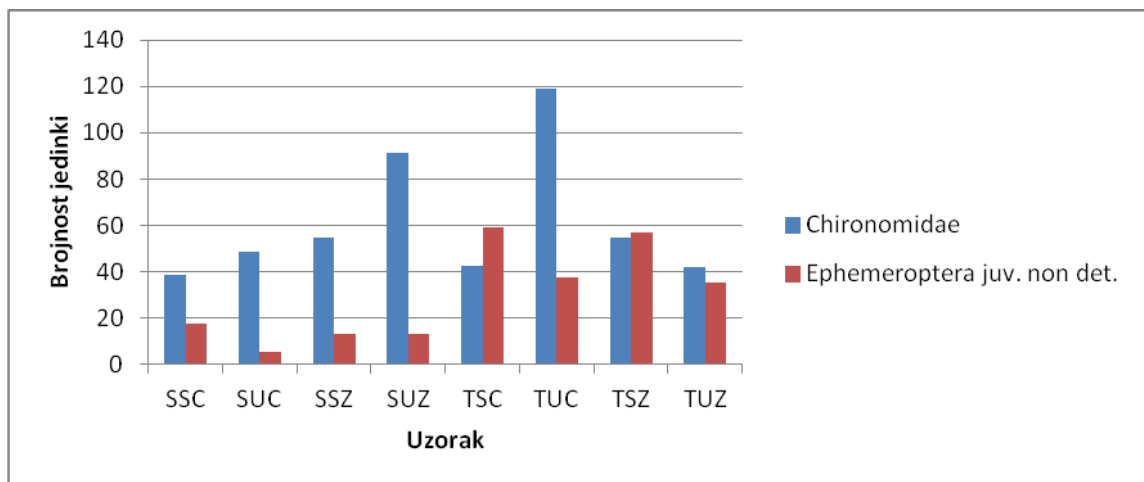
b)



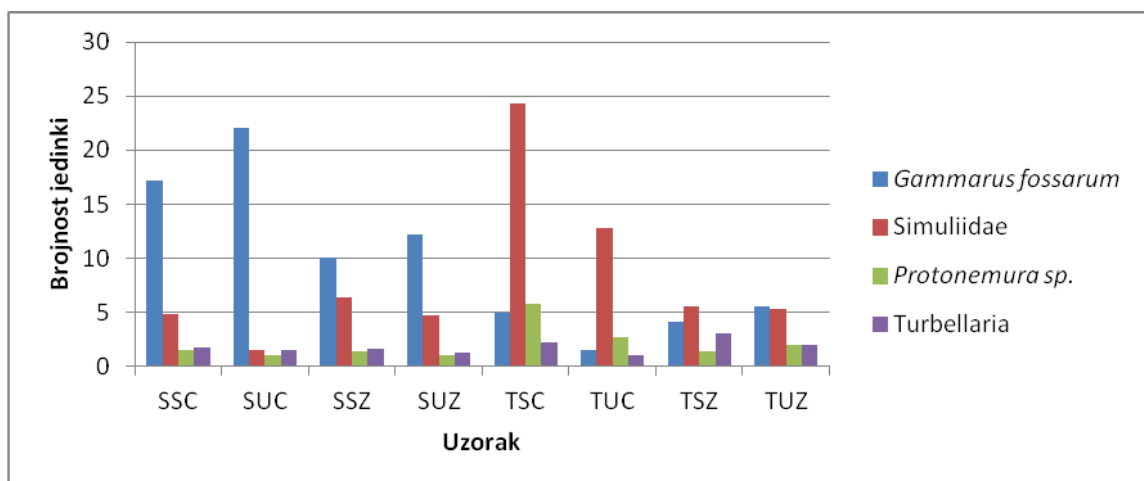
**Slika 16.** Srednja vrijednost brojnosti jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama tijekom izloženosti na zelenim podlogama za: a) Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det., b) *Gammarus fossarum*, Simuliidae, *Protonemura* i Turbellaria.

Usporedba srednje vrijednosti brojnosti jedinki te kombinacije podloga sa sva tri parametra, pokazala je kako su predstavnici porodice Simuliidae i roda *Protonemura* bile najbrojnije u neosvijetljenim podlogama crvene boje. Predstavnici svojta *Gammarus fossarum* najviše je naseljavala slobodne, crvene mrežice, dok je najveću srednju vrijednost razred Turbellaria zabilježena na neosvijetljenim, slobodnim mrežicama zelene boje. Predstavnici roda *Gammarus* su pokazali veći afinitet prema naseljavanju osvijetljenih podloga jer su bili dva do četiri puta brojniji na osvijetljenim podlogama (Slika 17.).

a)



b)



**Slika 17.** Srednje vrijednosti brojnosti jedinki pojedinih skupina nađenih u pokusnim podlogama po skupinama uzoraka: svjetlo (S), tama (T), slobodne podloge (S), učvršćene podloge (U), crvene (C), zelene (Z) za: a) Chironomidae i Ephemeroptera juv. non det., b) *Gammarus fossarum*, Simuliidae, *Protonemura* i Turbellaria.

Predstavnici porodice Chironomidae bili su najbrojniji na neosvijetljenim, učvršćenim crvenim podlogama, dok je na osvijetljenom području najviša srednja vrijednost jedinki bila na učvršćenim zelenim podlogama. Srednje vrijednosti na navedenim podlogama su dva do tri puta bile veće nego na ostalim podlogama. Juvenilne ličinke Ephemeroptera su bile najbrojnije na slobodnim podlogama, neosvijetljenih područja. Srednje vrijednosti na neosvijetljenim podlogama su dva do tri puta bile veće nego na podlogama koje su se nalazile na osvijetljenim područjima (Slika 17.).

Statističkom obradom podataka brojnosti dominantnih svojta u pokusnim podlogama s obzirom na doba dana, utvrdio sam kako je statistički značajno više jedinki predstavnika porodice Chironomidae i reda Ephemeroptera pronađeno ujutro (Tablica 4.).

**Tablica 4.** Rezultati Kruskal-Walisove analize varijance za brojnosti dominantnih svojta nađenih u pokusnim podlogama s obzirom na doba dana.

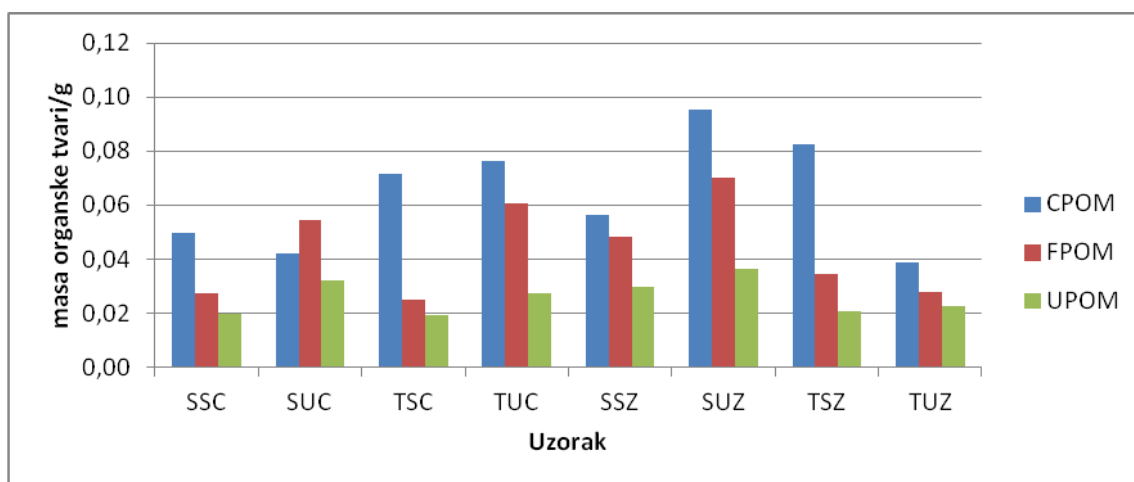
Svojta	Srednja vrijednost kvadrata rangova		H	N	p	preferirano doba dana
	Jutro	Večer				
<i>Crenobia alpina</i>	13,91	16,54	0,80657	29	0,3691	
<i>Gammarus fossarum</i>	22,75	19,83	0,58624	42	0,4439	
<b>Ephemeroptera juv. non det.</b>	27,42	17,48	6,37729	45	<b>0,0116</b>	<b>jutro &gt; večer</b>
<i>Protonemura sp.</i>	12,17	13,06	0,10447	24	0,7465	
<b>Chironomidae</b>	27,14	17,83	5,59453	45	<b>0,018</b>	<b>jutro &gt; večer</b>
Simuliidae	19,74	16,31	0,89969	36	0,3429	

### 5.3. Dinamika organske tvari

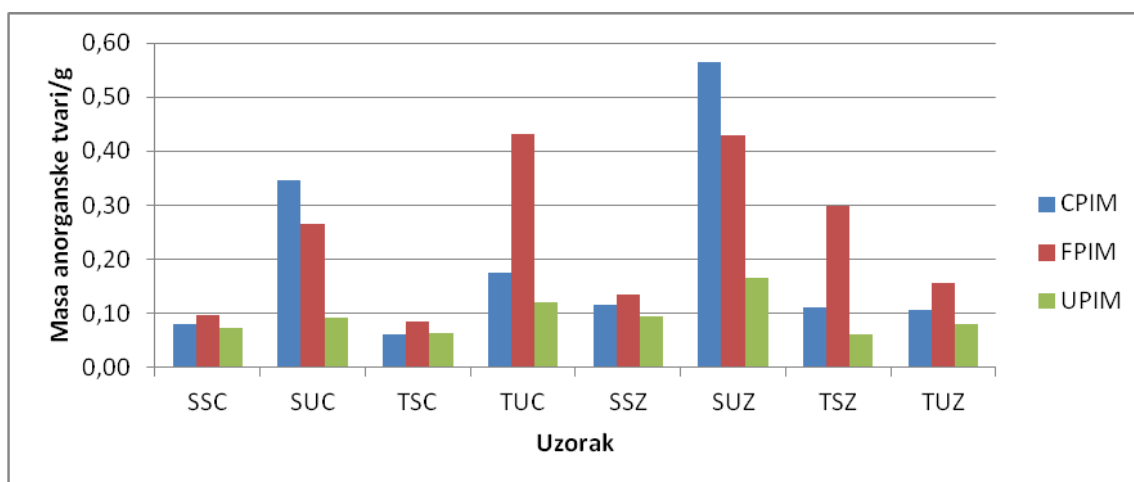
Tijekom razdoblja istraživanja utvrdio sam razlike u akumulaciji organske i anorganske tvari i to prema veličini čestica. Nisu postojali znatni obrasci nakupljanja pojedinih veličinskih razreda, no na učvršćenim podlogama su bile veće srednje vrijednosti mase organske tvari nego na slobodnim podlogama. Najviše vrijednost sam zamijetio za CPOM.

Kod anorganske tvari sam primijetio isti obrazac, ali su vrijednosti CPIM-a i FPIM-a, na učvršćenim podlogama, bile dva do tri puta veće nego na slobodnim podlogama (Slika 18.).

a)



b)



**Slika 18.** Srednje vrijednosti brojnosti jedinki mase (g) a) organske i b) anorganske tvari u skupinama uzoraka nađenih na pokusnim podlogama.

Koeficijenti korelacije pokazali su da je brojnost predstavnika porodice Chironomidae pozitivno i značajno korelirana s količinom organske i anorganske tvari svih veličinskih razreda (Tablica 5.). Također, koeficijenti korelacije su ukazali da je brojnost predstavnika roda *Protonemura* pozitivno i značajno korelirana sa CPOM, ali i CPIM (Tablica 5.), dok je brojnost predstavnika porodice Simuliidae pozitivno i značajno korelirana samo s količinom CPOM.



**Tablica 5.** Pearsonovi koeficijenti korelacije (R) za međuovisnost usitnjene organske i anorganske tvari i brojnosti dominantnih svojti nađenih u pokusnim podlogama

	N	R	p
Turbellaria & CPOM	29	-0,07183	0,7112
Turbellaria & FPOM	29	-0,14771	0,4445
Turbellaria & UPOM	29	0,03699	0,8489
Turbellaria & CPIM	29	0,11125	0,5656
Turbellaria & FPIM	29	-0,05995	0,7574
Turbellaria & UPIM	29	-0,14284	0,4598
<i>Gammarus fossarum</i> & CPOM	42	0,05545	0,7272
<i>Gammarus fossarum</i> & FPOM	42	0,21292	0,1758
<i>Gammarus fossarum</i> & UPOM	42	0,18370	0,2442
<i>Gammarus fossarum</i> & CPIM	42	0,09349	0,5559
<i>Gammarus fossarum</i> & FPIM	42	0,20309	0,1971
<i>Gammarus fossarum</i> & UPIM	42	0,15297	0,3335
Ephemeroptera juv non det & CPOM	45	0,25446	0,0916
Ephemeroptera juv non det & FPOM	45	-0,11440	0,4543
Ephemeroptera juv non det & UPOM	45	-0,13691	0,3698
Ephemeroptera juv non det & CPIM	45	0,03467	0,8211
Ephemeroptera juv non det & FPIM	45	-0,22673	0,1342
Ephemeroptera juv non det & UPIM	45	-0,18449	0,2251
<b><i>Protonemura</i> sp. &amp; CPOM</b>	<b>24</b>	<b>0,40772</b>	<b>0,0480</b>
<i>Protonemura</i> sp. & FPOM	24	0,07542	0,7262
<i>Protonemura</i> sp. & UPOM	24	-0,02357	0,9129
<b><i>Protonemura</i> sp. &amp; CPIM</b>	<b>24</b>	<b>0,44212</b>	<b>0,0305</b>
<i>Protonemura</i> sp. & FPIM	24	-0,06458	0,7643
<i>Protonemura</i> sp. & UPIM	24	-0,00848	0,9686
<b>Chironomidae &amp; CPOM</b>	<b>45</b>	<b>0,63008</b>	<b>&lt; 0,0001</b>
<b>Chironomidae &amp; FPOM</b>	<b>45</b>	<b>0,63893</b>	<b>&lt; 0,0001</b>
<b>Chironomidae &amp; UPOM</b>	<b>45</b>	<b>0,43371</b>	<b>0,0029</b>
<b>Chironomidae &amp; CPIM</b>	<b>45</b>	<b>0,39802</b>	<b>0,0068</b>
<b>Chironomidae &amp; FPIM</b>	<b>45</b>	<b>0,37904</b>	<b>0,0102</b>
<b>Chironomidae &amp; UPIM</b>	<b>45</b>	<b>0,54691</b>	<b>0,0001</b>
<b>Simuliidae &amp; CPOM</b>	<b>36</b>	<b>0,46534</b>	<b>0,0042</b>
Simuliidae & FPOM	36	0,15386	0,3703
Simuliidae & UPOM	36	0,07817	0,6504
Simuliidae & CPIM	36	0,062816	0,71589
Simuliidae & FPIM	36	-0,03603	0,8348
Simuliidae & UPIM	36	0,13110	0,4460

## 6. RASPRAVA

Premda je temperatura vode na osvijetljenom dijelu istraživanog područja bila prosječno tek 0,2 °C viša nego na zakrivenom dijelu, to na izvorskim staništima može biti važna razlika. Životni procesi kukaca, poput polaganja jaja, embrionalni razvoj, brzina rasta ličinki, veličine odraslih jedinki i vrijeme emergencije, ovise o temperaturi. Povišenjem temperature povećava se hranjenje, metabolizam i respiracija (Giller i Malmquist, 1998). Iako su vrijednosti koncentracije kisika bile podjednake na oba mjerena mjesta, zasićenost kisikom je bila veća na osvijetljenom dijelu potoka, uslijed više temperature.

Vrijednosti električne provodljivosti su bile visoke što je očekivano u tekućica vapnenačkih podloga koje obogaćuju vodu kalcijevim i bikarbonatnim ionima. Očekivano, vrijednosti su bile podjednake u staništima na svjetlu i u sjeni. Srednje pH vrijednosti su bile više za 0,1 na osvijetljenom području nego na neosvijetljenom. Vrijednosti su se kretale oko 8 i nisu mnogo kolebale što je također rezultat utjecaja krške karbonatne podloge. Visoke koncentracije karbonatnih i bikarbonatnih iona daju vodi visoki alkalitet, koji ne dozvoljava velike promjene pH vrijednosti što znači da je voda u ovim područjima vrlo dobar pufer (Giller i Malmquist, 1998).

Najbrojniji predstavnici makrozoobentosa su bili predstavnici porodice Chironomidae, sa zastupljenošću od 37 %. U krškim izvorišnim područjima se može naći veliki broj Diptera, a posebno predstavnika porodice Chironomidae. Diptera obično čine do 1/3 ukupne biomase, ali zato više od 2/3 ukupnog bogatstva vrsta (Ivković i sur., 2015). Vrste koje naseljavaju brze i turbulentne vodotoke, bogate kisikom nazivaju se reofilne vrste. Upravo su takve vrste pronađene na području istraživanja (Miliša i sur., 2007). One iskorištavaju protok vode iznad mahovinskog pokrova kako bi sakupljali hranu (Moog, 2002). Našao sam mali broj jedinki Plecoptera i Trichoptera pa mogu pretpostaviti kako je uzrok tome emergencija koja se odvila u razdoblju prije izvođenja istraživanja. Red Coleoptera ima maksimum brojnosti zimi te je za pretpostaviti da je zato pronađeno relativno malo njihovih jedinki (Habdija i sur., 2004). Na istraživanom području se najbolje naseljavao rod *Elmis*.

Red Ephemeroptera imao je zastupljenost od čak 20% od ukupnog pronađenog broja životinja, ali gotovo sve jedinke su bile juvenilne. Ipak, prema dinamici i magnitudi zauzimanja umjetnih pokusnih podloga mogu zaključiti kako su izuzetno dobre pionirske vrste.

Nadalje, uspoređujući naseljavanje pojedinih skupina koje su bile najbrojnije u većini uzoraka, došao sam do zanimljivih i neočekivanih podataka. Već spomenuti juvenilni

Ephemeroptera mnogo su više (čak četiri puta) naseljavali neosvijetljene podloge nego osvijetljene. Pretpostavljam kako je razlog tome pokušaj sklanjanja u tamnijem okolišu od vizualnih predatora (riba i vodozemaca) koji su u ovom potoku dominantni.

Također, na neosvijetljenim podlogama su izražena dnevno-noćna kretanja kod kojih su ličinke bile aktivnije noću. I ovdje je uzrok najvjerojatnije slabija aktivnosti dominantnih predatora. Populacija Ephemeroptera je kontinuirano rasla na neosvijetljenim podlogama, pretpostavljam zbog bolje zaštite juvenilnih jedinki. Predstavnici vrste *Gammarus fossarum*, također kao i predstavnici Ephemeroptera, su dostigli svoj maksimum na neosvijetljenim podlogama i to tek na kraju istraživanja. Upravo obrnuta situacija je bila zabilježena kod predstavnika porodice Chironomidae i predstavnika roda *Protonemura*. Njihova brojnost se s vremenom izloženosti smanjivala. Pretpostavljam da je razlog tome stalna migracija jedinki i potraga za boljim životnim uvjetima života.

Došao sam do zaključka kako su predstavnici porodice Simuliidae, Chironomidae i reda Ephemeroptera najbolje naselili umjetne podloge s obzirom na brojnost pronađenih jedinki na prirodnim podlogama. Velika brojnost Chironomidae i Simuliidae upućuje na povećanu pokretljivost ovih organizama što im omogućuje malo, nehitinizirano i crvoliko tijelo što je također zabilježeno i u drugim istraživanjima (Mackay, 1992). Također ove su svojite kako sam već spomenuo izraziti reofili te se kao takvi često nađu u driftu i tako rasprostiru u nova područja (Miliša i sur., 2006a).

Uspoređujući naseljavanje proučavanih skupina s obzirom na učvršćenost podloge, pokazalo se kako je veća brojnost jedinki pronađena na slobodnim mrežicama nego je bila na učvršćenim. S druge strane, srednje vrijednosti brojnosti pojedinih skupina znatno manje kolebaju oscilacije na učvršćenim mrežicama. Prema tome mogu zaključiti kako su na učvršćenim mrežicama stabilniji uvjeti što omogućuje i stabilan razvoj zajednice i proces naseljavanja. Na slobodnim mrežicama su pak, uočljive izražene dnevno-noćne oscilacije, s većom brojnosti noću (dva do tri puta). Sama pokretljivost podloge je poznat stres za naseljavanje makrozoobentosa, ali očito kretanjem podloge prelaze preko većeg područja te stoga mogu i ponuditi novo stanište većem broju jedinki i to posebno onih slabije pokretnih (Habdija i sur., 2004). Nakon 36 sati izloženosti slobodnih mrežica, vidljiv je maksimum brojnosti predstavnika porodice Simuliidae i roda *Protonemura*. Naposljetku pomičnost podloga omogućuje i otpplavlivanje hrane za detritivore, odnosno promjenu izloženosti struji vode za procjeđivače. Uslijed ovih kolebanja mijenja se i brojnost predstavnika roda *Protonemura* i porodice Simuliidae. Obje su svojite dobri kolonizatori te se aktivno kreću u potrazi za optimalnim uvjetima (Mackay, 1992, Fenoglio i sur., 2002).

Naseljavanje s obzirom na boju podloge nije pokazalo statistički značajne rezultate. Ipak, predstavnici roda *Gammarus* i *Protonemura* te porodice Simuliidae su bolje naseljavali crvene mrežice, dok su predstavnici Trubellaria, Chironomidae i Ephemeroptera bolje naseljavali zelene. Također je vidljiv pad brojnosti nakon 36 sati izloženosti kod predstavnika roda *Protonemura* te porodica Simuliidae i Chironomidae na crvenim podlogama. Pretpostavljam kako su ličinke migrirale ovisno o količini hrane, dok boja podloge nije utjecala na naseljavanje. Predstavnici reda Ephemeroptera su podjednako naseljavali crvene i zelene podloge, iako je veća brojnost bila na zelenim mrežicama što je također zabilježeno i u drugim istraživanjima (Casey i Clifford, 1989).

Uspoređujući sva tri svojstva zasebno, najizraženije dnevno-noćne promjene su zabilježene kod predstavnika porodice Chironomidae i reda Ephemeroptera. Upravo je i statistički potvrđeno da su navedene skupine bile brojnije u noćnim satima. Kao što sam već naveo, pretpostavljam radi manjeg broja predatora noću.

U početnom dijelu istraživanog razdoblja postavljene mrežice su bile bez organske i anorganske tvari. Dovoljna količina hrane se nakupi tek nakon par dana pa pretpostavljam kako se radi o inicijalnom ponašanju prilikom naseljavanja na prvim podlogama. Za ostvarivanje stabilne zajednice potreban je ipak duže razdoblje.

Organska tvar čini najvažniji izvor energije u zajednici makrozoobentosa izvorišnog područja. Nakon ulaska u ekosustav počinje razgradnja na manje komade, fizičkim procesima ili biološkom razgradnjom (Miliša i sur., 2005). Tako usitnjenu organsku tvar nalazimo u različitim veličinama, te se prema veličini čestica organske tvari formiraju i hranidbene mreže na određenim područjima. Nakupljanje i zadržavanje usitnjene organske tvari u tekućicama ovisi o nekoliko čimbenika: protok, brzina strujanja vode, unos organske tvari, uzgon, padaline, fauna i vegetacija unutar toka (Wanner i Pusch, 2001, Habdija i sur., 2004).

U mojim uzorcima dominirale su čestice CPOM te čestice FPIM. CPOM zbog svojih dimenzija predstavlja mlađu organsku tvar koja se još nije usitnjena. Budući da se istraživanje odvijalo na izvorišnom području, organska tvar nije imala prilike doći nego iz okolišne vegetacije istraživanog područja. Zbog veličine vrlo su lako zaostale na mrežicama, a može biti alohtona i autohtona. Krupne organske čestice su podrijetlom od priobalne vegetacije dok su fine anorganske čestice – čestice sedre koja se stvara na samom izvoru – posebno u mahovinskim sastojinama (Bird i Kaushik, 1981). U nekoliko uzoraka je pronađena velika količina sedimenta što pokazuju povećane količine CPIM. Nije zamijećen pravilni obrazac u količini organske tvari (POM) na pojedinim uzorcima, dok je veća količina anorganske tvari (PIM) zabilježena na učvršćenim mrežicama. Pretpostavljam da se na učvršćenim mrežicama

nakupljala veća količina POM i PIM, što je vidljivo kod PIM, a moguće da je dio POM pojedan ili usitnjen i otplavljen te je zato nađena podjednaka količina sva tri veličinska razreda.

Prema Pearsonovim koeficijentima korelacije predstavnici porodice Chironomidae su naseljavali podloge sa više POM i PIM. Imaju vrlo raznolike prehrabene navike (kolektor-sakupljači, kolektor-filtratori, strugači i usitnjivači) i imaju širok izbor prehrane (detritus, alge, makrofiti, drugi životinjski organizmi) (da Silveira i sur., 2013). U slučaju smanjene količine hrane mogu promijeniti strategiju pribavljanja hrane. Pretpostavljam da nakon hvatanja hrane iz stupca vode obavljaju i defekaciju na istom mjestu. Fekalne čestice su važan dio hranidbenih mreža i transporta tvari i energije riječnog ekosustava (Moore i sur., 2004). Pearsonovim koeficijentom korelacije utvrđena je poveznica predstavnika skupine Simuliidae i CPOM. Budući da je pronađen manji broj jedinki, a radi se o istom redu (Diptera), kojem pripada i porodica Chironomidae mogu zaključiti kako su im uzorci sa povećanom količinom CPOM odgovarali. Korelacija je pronađena i između glavnih usitnjivača, predstavnika roda *Protonemura*, i CPOM i CPIM. Budući da je rod *Protonemura* među glavnim usitnjivačima, podloge sa velikom količinom CPOM i CPIM su im bile vrlo prihvatljive za naseljavanje. Pretpostavljam da je manje jedinki *Protonemura* pronađeno zbog višeg pH u istraživanom području (8), jer je prilikom povišenog pH zabilježen smanjeni intenzitet hranjenja (Dangles i Guérol, 2001).

Pretpostavljam da tijekom ovog petodnevnog istraživanja na izvorišnom području potoka Jankovac nisu pronađene sve skupine makrozoobentosa i nije prikazano kompletno stanje dinamike naseljavanja zbog nedovoljnog broja uzetih uzoraka i kratkog vremena istraživanja (Miliša i sur., 2006a). Kako bi se mogla dobiti prava slika o migraciji i naseljavanju makrozoobentosa potrebno je nastaviti detaljnija istraživanja.

## 7. ZAKLJUČAK

Na izvorišnom području potoka Jankovac uslijed djelovanja sunca, povišena je temperatura, zasićenost kisikom, a otapanjem vapnenca pH vrijednost na osvijetljenom dijelu potoka.

Najbrojniji predstavnik reda Plecoptera je rod *Protonemura*, dok su kod predstavnika reda Ephemeroptera najbrojnije juvenilne ličinke. U uzorcima je najbrojniji bio red Diptera sa porodicom Chironomidae.

Predstavnici reda Ephemeroptera, roda *Protonemura* i porodice Simuliidae bolje naseljavaju neosvijetljeno područje uslijed izbjegavanja predacije. Predstavnici vrste *Gammarus fossarum* bolje naseljavaju osvijetljeno područje, ali to je najvjerojatnije posljedica njihove izrazito veće brojnosti na prirodnom nezasjenjenome staništu bez mahovina.

Svi predstavnici promatranih skupina bolje naseljavaju slobodne podloge.

Predstavnici rodova *Gammarus* i *Protonemura* te porodice Simuliidae bolje naseljavaju crvene podloge, dok je na zelenima više predstavnika razreda Turbellaria i porodice Chironomidae. Iako nema statističke značajnosti, postoji tendencija naseljavanja podloga prema boji.

Jedinke predstavnika reda Ephemeroptera i porodice Chironomidae pokazuju razliku između dnevnih i noćnih kretanja i naseljavanja, najvjerojatnije također kao kako bi izbjegli predatorski pritisak tokom dana.

U transportu detritusa najveći dio čine CPOM i FPIM koje se više nakupljaju na učvršćenim podlogama. Krupne organske čestice su podrijetlom od priobalne vegetacije dok su fine anorganske čestice – čestice sedre koja se stvara na samom izvoru – posebno u mahovinskim sastojinama.

Predstavnici porodice Chironomidae bolje naseljavaju podloge s povećanom količinom organske i anorganske tvari svih veličinskih razreda, dok rod *Protonemura* bolje naseljava podloge koje sadrže organske i anorganske tvari veće od 1 mm. Povezanost veće brojnosti promatranih skupina i povećana količina organske i anorganske tvari može se tumačiti kako organizmi radije naseljavaju prostore na kojima ima više hrane.

## 8. LITERATURA

- Bird G. A., Kaushik N. K. (1981): Coarse particulate organic matter in streams. U: Lock M., A. (ur.) Perspectives in running water ecology. New York, Plenum Press. str. 41-68.
- Casey R. J., Clifford H. F., (1989): Colonization of natural substrata of different roughness and colour by Ephemeroptera nymphs using retrieval and direct observation techniques. *Hydrobiologia* **173**: 185-192
- da Silveira L. S., Tavares Martinis R., da Silveira G. A., Grazul R. M., Lobo D. P., da Gama Alves R. (2013): Colonization by Chironomidae larvae in decomposition leaves of *Eichhornia azurea* in a lentic system in southeastern Brazil. *Journal of insect science*.
- Dangles O., Guérol F. (2001): Linking shredders and leaf litter processing: Insights from an acidic stream study. *Hydrobiology* **86**: 395-406.
- Dole-Olivier M.-J. P., Marmonier & J.-L. Beffy (1997): Response of invertebrates to lotic disturbance: is the hyporheic zone a patchy refugium? *Freshwater Biology* **37**: 257-276.
- Fenoglio S., Agosta P., Bo T., Cucco M. (2002): Field experiments on colonization and movements of stream invertebrates in an Apennine river (Visone, NW Italy). *Hydrobiologia* **474**: 125-130.
- Giller P. S., Malmqvist B. (1998): The biology of streams and rivers. Oxford University.
- Habdija I., Primc-Habdija B., Matoničkin R., Kučinić M., Radanović I., Miliša M., Mihaljević Z. (2004): Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water. *Biologia* **59**: 577-593.
- Hering D., Moog O., Sandin L. & Verdonschot P. F. M. (2004): Overview and application of the AQEM assessment system. *Hydrobiologia* **516**: 1-21.

- Ivković M., Miliša M., Baranov V., Mihaljević Z. (2015): Environmental drivers of biotic traits and phenology patterns of Diptera assemblages in karst springs: The role of canopy uncovered. *Limnologica* **54**: 44-57.
- Mackay R. J. (1992): Colonization by lotic macroinvertebrates: a review of processes and patterns. *Canadian journal of fishing and aquatic sciences* **49**: 217-628.
- Matthaei C. D., Uehlinger U., Meyer E. I., Frutiger A. (1996): Recolonization by benthic invertebrates after experimental disturbance in a Swiss prealpine river. *Freshwater Biology* **35**: 233-248.
- Miliša M., Habdija I., Primc-Habdija B., Radanović I., Matoničkin Kepčija R. (2006a): The role of flow velocity in the vertical distribution of particulate organic matter on moss-covered travertine barriers of the Plitvice Lakes (Croatia). *Hydrobiologia* **553**: 231-243.
- Miliša M., Matoničkin Kepčija R., Radanović I., Ostojić A., Habdija I. (2006b): The impact of aquatic macrophyte (*Salix* sp. and *Cladium mariscus* (L) Pohl.) removal on habitat conditions and macroinvertebrates of tuffa barriers (Plitvice Lakes, Croatia). *Hydrobiologia* **573**: 183-197.
- Moog O. (2002): Functional feeding guilds, Classification based on family/genus level or higher taxonomic units p. 1-13. U: Moog O. (ur.), *Fauna aquatica Austriaca* (2nd edition). Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft, Vienna, Austria.
- Moore J. C., Berlow E. L., Coleman D. C. et al. (2004): Detritus, trophic dynamics and biodiversity. *Ecology Letters* **7**: 584–600.
- Nilsson A. (1997): *Aquatic insects of North Europe 2*. Apollo Books, Stenstrup.
- Ostojić A., Špoljar M., Dražina T. (2012): Utjecaj ekoloških čimbenika na raznolikost i brojnost řivotnih zajednica potoka Jankovac (Park prirode Papuk), Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo **79/80**: 11-22.



- Risse-Buhl U., Küsel K. (2009): Colonization dynamics of biofilm-associated ciliate morphotypes at different flow velocities. *European Journal of Protistology* **45**: 64-76.
- Rosenberg D. M., Resh V. H. (1982): The use of artificial substrates in the study of freshwater benthic macroinvertebrates. U: Cairns S. J. (Ur.) *Artificial substrates*. Ann Arbor Science, Ann Arbor, 1982: 175-236.
- Samardić, I (ur.) (2010): Plan upravljanja Parka prirode Papuk. Javna ustanova Park prirode Papuk. Voćin.
- Sertić Perić M., Miliša M., Matoničkin Kepčija R., Primc-Habdija B., Habdija I. (2011): Seasonal and fine-scale spatial drift patterns in a tufa-depositing barrage hydrosystem. *Fundamental and applied limnology* **178/2**: 131-145.
- Smith H., Wood P.J. (2002): Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. *Hydrobiologia* **487**: 45-58.
- Wanner S. C., Pusch M. (2001): Analysis of particulate organic matter retention by benthic structural elements in a lowland river (River Spree, Germany). *Archiv für Hydrobiologie* **151**: 475-492.
- Waringer J., Graf W. (2011): Atlas of central European Trichoptera larvae / Atlas der Mitteleuropäischen Köcherfliegenlarven. Erik Mauch Verlag, Dinkelscherben.
- Zwick, P. (2004): A key to the West Palaearctic genera of stoneflies (Plecoptera) in the larval stage. *Limnologica* **34**: 315-348.
- <http://glossary.periodni.com>, pristupljeno 02.09.2016.

## **9. ŽIVOTOPIS**

Rođen sam 09.02.1993. godine u Zagrebu, Republici Hrvatskoj. Osnovnu školu sam završio u Zagrebu 2007. godine, nakon čega sam upisao Prirodoslovnu školu Vladimira Preloga u Zagrebu, smjer Prirodoslovna gimnazija te je završio 2011. godine. Iste godine sam se upisao na preddiplomski studij Znanosti o okolišu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, a 3 godine kasnije na diplomski studij istog usmjerenja. Služim se engleskim jezikom.