

# Trzalci (Chironomidae, Diptera) u zajednici makrozoobentosa umjetnih vodenih tijela

---

Mitrović, Maja

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of biology / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:181:665523>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-10**



Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

ODJEL ZA BIOLOGIJU

Diplomski sveučilišni studij Biologije; smjer: znanstveni

Maja Mitrović

**Trzalci (Chironomidae, Diptera) u zajednici makrozoobentosa  
umjetnih vodenih tijela**

Diplomski rad

Osijek, 2019.

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za biologiju

Diplomski sveučilišni studij Biologija; smjer: znanstveni

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Biologija

## TRZALCI (CHIRONOMIDAE, DIPTERA) U ZAJEDNICI MAKROZOOBENTOSA UMJETNIH VODENIH TIJELA

Maja Mitrović

**Rad je izrađen** na: Zavodu za ekologiju voda (Laboratorij za vodene beskrležnjake)

**Mentor:** dr. sc. Dubravka Čerba, **docent**

### Kratak sažetak diplomskog rada:

Makrozoobentos čine vodeni beskrležnjaci veći od 500 µm, koji većinu svog života provode na ili u sedimentu. Zajednica makrozoobentosa je osjetljiva na promjene okolišnih uvjeta, što se može uočiti u promjenama njihovog sastava i strukture, radi čega se smatraju važnim bioindikatorom u kopnenim vodama. Ličinke trzalaca (Chironomidae, Diptera) često su najbrojniji predstavnici makrozoobentosa jer su vrlo prilagodljivi i naseljavaju sve tipove vodenih staništa. Uz to, ključna su komponenta hranidbenih mreža, indikatori su stanja i kvalitete vodenih tijela. Krajem kolovoza te početkom rujna 2016. godine, provedeno je istraživanje u akumulacijama „Jošava“ (srednja dubina 1 m) i „Pakra“ (srednja dubina 2,7 m). U svakoj akumulaciji, na dva lokaliteta, bentos je uzorkovan ručnom mrežom okvira 25 cm x 25 cm, veličine pora 500 µm te su određeni fizikalno-kemijski parametri vode (npr. koncentracija O<sub>2</sub>, pH, nitrati, KPK, TSS). U makrozoobentosu obje akumulacije pronađena je najveća brojnost ličinki trzalaca. Uočene su i razlike u strukturi te zajednice, zbog različitih supstrata i hirdomorfoloških uvjeta u vodenim tijelima, primjerice prisutnost jedinki roda *Cricotopus* zbog razvijenih makrofita. Na lokalitetu Pakra-1 najbrojnije su dvije svojte potporodice Orthoclaadiinae: *Cricotopus intersectus* i *Cricotopus* gr. *sylvestris*. U značajnom broju, na lokalitetu Pakra-2 pronađen je predstavnik potporodice Chironominae *Cladotanytarsus* sp. Oba lokaliteta „Jošave“ karakterizira puno manja brojnost ličinki, nego u „Pakri“, s najbrojnim svojatama *Glyptotendipes pallens* agg. te *Parachironomus gracilior*. S obzirom na rezultate izmjerenih okolišnih parametara vode te dobivene ocjene ekoloških stanja temeljem sastava makrozoobentosa, utvrđen je antropogeni utjecaj na zajednice obje akumulacije.

**Broj stranica:** 59

**Broj slika:** 26

**Broj tablica:** 8

**Broj literaturnih navoda:** 102

**Jezik govornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** beskrležnjaci bentosa, trzalci, bioraznolikost, akumulacije, slatkovodni ekosustavi

**Datum obrane:** 18. rujna 2019.

### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. **dr. sc.** Alma Mikuška, **docent**, predsjednik
2. **dr. sc.** Dubravka Čerba, **docent**, član
3. **dr. sc.** Filip Stević, **docent**, član
4. **dr. sc.** Selma Mlinarić, **docent**, zamjena člana

**Rad je pohranjen:** na mrežnim stranicama Odjela za biologiju te u Nacionalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu.

---

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Biology**

**Graduate university study programme in Biology**

**Scientific Area:** Natural sciences

**Scientific Field:** Biology

**CHIRONOMIDS (CHIRONOMIDAE, DIPTERA) IN MACROZOOBENTHOS OF MAN-MADE WATERBODIES**

**Maja Mitrović**

**Thesis performed at:** Subdepartment of Water Ecology (Laboratory for freshwater invertebrates)

**Supervisor:** *Dubravka Čerba*, **PhD, Assistant professor**

**Short abstract:**

Macrozoobenthos are aquatic invertebrates larger than 500 µm, which spend most of their lives in or at the bottom substrate. The macrozoobenthos community is sensitive to environmental changes, which can be seen in changes of their composition and structure. That is why they are considered to be an important bioindicator in freshwater ecosystems. Chironomids larvae are often most abundant representatives of macrozoobenthos, crucial component of food-webs and indicators of water quality. They are very adaptable and live in all types of aquatic habitats. At the end of August and beginning of September 2016, benthos was sampled with a hand net (25 cm x 25 cm, 500 µm mash) in two reservoirs, Jošava (medium depth 1 m) and Pakra (medium depth 2,7 m) at two locations. Also, we analysed physico-chemical parameters of water (e.g. O<sub>2</sub>, pH, nitrates, COD, TSS). As we expected, the largest number of Chironomids larvae was found. Also, differences in the community structure were observed due to different substrates and hydromorphological conditions in aquatic ecosystems, for example the presence of genus *Cricotopus* due to developed macrophytes. At Pakra-1, the most abundant taxa were *Cricotopus intersectus* and *Cricotopus* gr. *sylvestris* (subfamily Orthocladiinae). *Cladotanytarsus* sp. (subfamily Chironominae) was found in a significant number at the locality Pakra-2, while at both Jošava localities, we found much lower number of individuals, with *Glyptotendipes pallens* agg. and *Parachironomus gracilior* as the most abundant taxa. Environmental parameters and biological quality element macrozoobenthos indicate anthropogenic impact in both reservoirs.

**Number of pages:** 59

**Number of figures:** 26

**Number of tables:** 8

**Number of references:** 102

**Original in:** Croatian

**Key words:** benthic invertebrates, non biting midges, biodiversity, reservoirs, freshwater ecosystems

**Date of the thesis defence:** 18<sup>th</sup> of September 2019

**Reviewers:**

1. Alma Mikuška, **PhD, Assistant professor**, chair
2. Dubravka Čerba, **PhD, Assistant professor**, member
3. Filip Stević, **PhD, Assistant professor**, member
4. Selma Mlinarić, **PhD, Assistant professor**, member

**Thesis deposited:** on the Department of Biology website and the Croatian Digital Theses Repository of the National and University Library in Zagreb.

Diplomski rad je izrađen kao dio istraživanja u sklopu projekta „Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – stajaćice Panonske ekoregije“ (voditelj: prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević).

*Veliku zahvalnost dugujem svojoj mentorici doc. dr. sc. Dubravki Čerba koja mi je nesebično prenijela svoje znanje, time omogućila izradu ovog rada, pomogla svojim savjetima te uvijek imala strpljenja i vremena za moje brojne upite. Hvala na profesionalnom, ali i prijateljskom pristupu, ukazanom povjerenju i konstruktivnim kritikama jer bez Vašeg znanja i iskustva ne bih uspjela.*

*Također, zahvaljujem se asistentici Ivani Turković Čakalić i kolegi Miranu Kohu na njihovom doprinosu ovome radu.*

*Hvala i ostatku članova Laboratorija za vodene beskralježnjake na susretljivosti, iskrenoj pomoći i predivnom druženju tokom eksperimentalnog rada u laboratoriju.*

*Posebno hvala dragim prijateljima koji su mi uljepšali studentski život na predavanjima, ali i izvan njih te time studentske dane učinili nezaboravnima. Hvala Vam za sva jutra koja su donijela kraj!*

*Na kraju, najviše se zahvaljujem majci Grozdani i ocu Nenadu, sestri Jeleni te ostatku moje uže obitelji na strpljenju, razumijevanju i bezgraničnoj podršci tijekom svih godina školovanja.*

*A tebi, dragi moj Grgure, sretan 3. rođendan!*

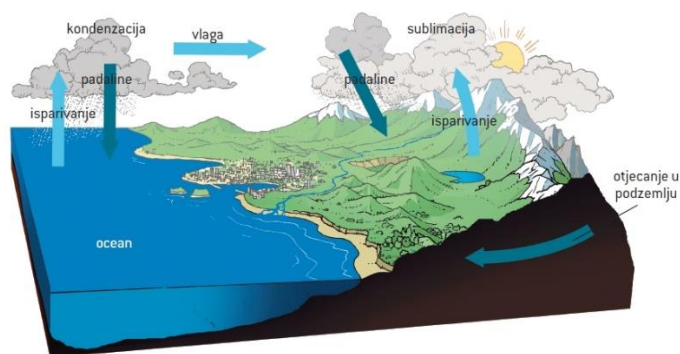
# Sadržaj

1. UVOD .....	1
1.1. Vodeni ekosustavi .....	1
1.1.1. Umjetna vodena tijela .....	2
1.2. Makrozoobentos .....	5
1.3. Određivanje kvalitete vode - biološki element kakvoće makrozoobentos.....	7
1.4. Trzalci - Chironomidae, Diptera .....	8
1.4.1. Životni ciklus trzalaca .....	10
1.4.2. Anatomija i morfologija ličinki trzalaca .....	11
1.5. Cilj istraživanja .....	14
2. MATERIJALI I METODE .....	15
2.1. Područje istraživanja .....	15
2.2. Terenska i laboratorijska istraživanja .....	17
2.3. Obrada podataka .....	20
3. REZULTATI.....	22
3.1. Fizikalno - kemijski parametri vode .....	22
3.2. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice makrozoobentosa u akumulaciji „Jošava“ .....	27
3.3. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice makrozoobentosa u akumulaciji „Pakra“.....	29
3.4. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice ličinki kukaca porodice Chironomidae (trzalci) u akumulaciji „Jošava“ .....	31
3.5. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice ličinki kukaca porodice Chironomidae (trzalci) u akumulaciji „Pakra“ .....	35
3.6. Statistička analiza zajednica.....	40
3.7. Ocjena ekološkog stanja i potencijala vode .....	42
4. RASPRAVA .....	43
5. ZAKLJUČAK .....	49
6. LITERATURA.....	50

# 1. UVOD

## 1.1. Vodeni ekosustavi

Vodeni ekosustavi su dinamične cjeline koje se dijele na kopnene i morske vode te su najrasprostranjeniji ekološki sustavi. Ciklus kruženja vode u prirodi (Slika 1) se smatra ključnim procesom o kojemu ovisi održavanje ekološke ravnoteže biosfere, pa tako i nastanak te održavanje svih vodenih ekosustava (Simić i Simić, 2012). Voda iz morskih i slatkovodnih sustava prelazi iz tekućeg u plinovito stanje pod utjecajem energije sunca te kao vodena para odlazi u atmosferu. Ponovno prelazi u tekuće stanje hlađenjem na određenoj visini gdje u obliku padalina (kiša, snijeg) dolazi na tlo (Slika 1). Osim toga, proces transpiracije igra vrlo važnu ulogu tijekom procesa kruženja vode u prirodi (Simić i Simić, 2012).



Slika 1. Ciklus kruženja vode u prirodi (preuzeto: Web 1).

Kopnene vode su manji ekosustavi od morskih te ih dijelimo u dvije osnovne skupine: lotičke i lentičke sustave, odnosno tekuće i stajaće vode. Tekuće čine rijeke, potoci i izvori te se cijela vodena masa kreće u jednom smjeru, a stajaće čine jezera, močvare, ritovi, bare i lokve. Lotička staništa osim pravca strujanja vode, karakterizira vidljiva izmjena abiotičkih čimbenika od izvora do ušća (Kerovec, 1988; Simić i Simić, 2012) te hranjive tvari putuju tokom vode do ušća. Strujanje vode se može smatrati najznačajnijim ekološkim čimbenikom u ovom biotopu zbog utjecaja na kvantitativni i kvalitativni sastav životnih zajednica, kao i na strukturu supstrata. Lentička staništa nemaju pravac strujanja vode (Kerovec, 1988; Simić i Simić, 2012) te dolazi do formiranja vodenih slojeva (epilimnij, metalimnij, hipolimnij) zbog čega ekološki čimbenici djeluju s



promjenom dubine vode (Moss, 1998). Time se hranjive tvari talože na samo dno vodenog tijela.

Unutar vodenog ekosustava odvijaju se osnovni procesi poput fotosinteze i respiracije, proizvodnje biomase, kao i denitrifikacija ili retencija fosfora. Odvijanje tih procesa povezano je s funkcionalnim skupinama organizama te time i sa stopom bioraznolikosti. Osnovu ekosustava čine primarni producenti, tj. autotrofni organizmi stvarajući potrebne organske spojeve za heterotrofne organizme. Odnosno, u drugu funkcionalnu skupinu spadaju potrošači koji se hrane biljkama (herbivori) ili drugim potrošačima (karnivori), a na kraju jedne funkcionalne hranidbene mreže nalaze se razlagači (bakterije i gljive) (Moog, 2002; Simić i Simić, 2012). Pravilna funkcionalnost zajednica može se uočiti kroz protok energije i tvari između osnovnih trofičkih nivoa u hranidbenim lancima koji su međusobno isprepleteni i tvore navedenu hranidbenu mrežu (Stanković, 1961). U lotičkim sustavima poput rijeka, dolazi do promjene primarnih producenata duž toka rijeke gdje u gornjim tokovima prevladavaju uz mahovine, cijanobakterije, alge kremenjašice i crvene alge, dok su u donjim tokovima uočljivije zelene alge i makrofite (Simić i Simić, 2012). U lentičkim sustavima primarne producente uz alge čine i više biljke (Simić i Simić, 2012). Osim primarnih producenata, u vodenim ekosustavima su prisutne i biocenoze poput neustona, zooplanktona, nektona i zajednica bentosa (Simić i Simić, 2012). Na taj način stvara se složena hranidbena mreža, koja predstavlja mnoštvo različitih puteva kojima energija putuje te uključuje razne biotičke odnose poput vrsta koje su samo plijen, zatim vrste koje su i plijen i predator te na kraju vršnog predatora (Stanković, 1961).

### **1.1.1. Umjetna vodena tijela**

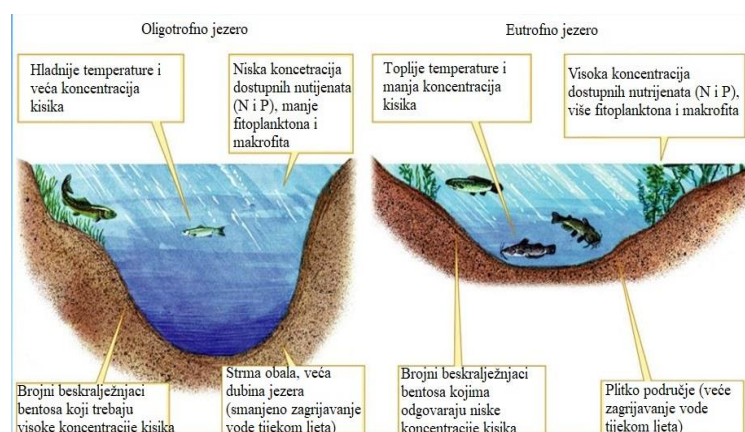
Umjetna vodena tijela ili akumulacije su vodene površine nastale djelovanjem čovjeka (antropogenog podrijetla) u različitim granama industrije (hidroakumulacije) ili u poljoprivredi (Simić i Simić, 2012). Iskapanjem pijeska, šljunka, gline i ugljena stvaraju se lentički sustavi, odnosno plitke bare, jezera i ribnjaci (Popijač, 2003). Podložni su degradaciji staništa, baš kao i prirodne vodene površine. Degradacijom dolazi do smanjenja bioraznolikosti flore i faune (Grimm i sur., 2008). Najčešća svrha nastanka takvih akumulacija je dobivanje hidroenergije te kao zaliha pitke vode, sport i rekreacija (Simić i Simić, 2012). Iako su umjetno stvorena, doprinose lokalnoj i regionalnoj bioraznolikosti stoga ih možemo smatrati ekosustavima velike važnosti.

Najčešće stvorena umjetna vodena tijela su jezera. Prema Moss (1998), prosječna dubina istraživanih jezera iznosi oko 3 m što ih svrstava u plitka jezera (jezera od 3 m dubine pa nadalje se smatraju dubokim jezerima).

Funkcioniranje plitkih jezera je drugačije od dubokih zbog veće interakcije između vode, sedimenta i vodene vegetacije (Scheffer, 1998; Popijač, 2003). Abiotički čimbenici utječu na kvalitativni i kvantitativni sastav te samu strukturu zajednica organizama, odnosno na biotičku komponentu slatkovodnih ekosustava. U fizičke abiotičke čimbenike ubrajamo temperaturu, svjetlost, struju vode te strukturu i sastav sedimenta. Većina naših kontinentalnih jezera pripadaju dimiktičkim jezerima koje karakterizira pojava termalne stratifikacije kada tijekom ljetnog i zimskog razdoblja dolazi do stvaranja slojeva s različitom temperaturom vode. Dok tijekom proljetnog i jesenskog perioda dolazi do proljetne i jesenske cirkulacije vode, odnosno do miješanja vodenog stupca i izjednačavanja temperature. Količina svjetlosti u jezerima opada s dubinom vode, a kretnje u jezeru pojavljuju se u obliku struja ili valova (Simić i Simić, 2012). Osim dimiktičkih jezera, prema jezerskoj termici razlikujemo amiktička, hladna i topla monomiktička, oligomiktička i polimiktička jezera (Hutchinson i Loffler, 1956), a prema sadržaju otopljenog kisika u ljetnoj stagnaciji razlikujemo klinogradna i ortogradna jezera (Wetzel, 2001).

Prvobitno stanje plitkih jezera je bistro s bujnom vodenom vegetacijom, a s vremenom može doći do eutrofikacije, praćeno promjenama i zamućivanjem vode, nestankom pojedinih podvodnih biljaka i izumiranja nekih životinjskih vrsta, smanjenjem količine kisika te intenzivnim rastom algi. Nestanak vodene vegetacije za sobom nosi značajne promjene jer se cijela struktura zajednica u plitkom jezeru mijenja. Primjerice, beskralježnjaci vezani za vodenu vegetaciju nestaju, za njima odumiru ribe, pa i ptice koje se hrane beskralježnjacima ili biljem. Nestankom vodene vegetacije, nestaje i zaklon od predatora, smanjuje se brojnost zooplanktona što dovodi do povećanja biomase fitoplanktona. Ekosustav se opterećuje nutrijentima, valovi uzrokuju resuspenziju sedimenta što dovodi do dodatnog zamućivanja vode. Dominiraju bentivorne ribe, odnosno ribe koje se hrane bentoskim beskralježnjacima te njihova aktivnost pojačava resuspenziju sedimenta što utječe na sve veću zamućenost vode (Scheffer, 1998). U takvim uvjetima anoksije, zamućenosti i nedostatka hrane opstaju samo neke vrste, pogotovo ličinke pojedinih kukaca na temelju kojih se može odrediti kakvoća vode.

Na dno jezera se taloži sediment i hranjive tvari, a jezera prema količini hranjivih tvari, odnosno prema organskoj produkciji možemo podijeliti na oligotrofna, mezotrofna, eutrofna i distrofna jezera. Oligotrofna jezera imaju vrlo nisku organsku produkciju, mezotrofna umjerenu, a eutrofna vrlo visoku organsku produkciju (Slika 2). Distrofna jezera se smatraju odumirućim jezerima, odnosno jezerima s gotovo nikakvom organskom produkcijom (OECD, 1982; Simić i Simić, 2012).



Slika 2. Usporedba oligotrofnog i eutrofnog jezera (preuzeto i prilagođeno: Web 2).

U plićim jezerima su mnogo važnije bentoske zajednice nego u dubokim, pogotovo beskralježnjaci bentosa, a vegetacija koja prevladava ili odsutnost pojedine vegetacije igra vrlo važnu ulogu u pronalasku određenih vrsta beskralježnjaka (Popijač, 2003; Simić i Simić, 2012). Zoobentos se prema veličini organizama dijeli na mikrozoobentos (u mikronima), meiobentos (< 0,5 mm) i makrozoobentos (> 0,5 mm) kojeg čini najveći broj grupa životinja (Simić i Simić, 2012).

Jezeru prema postanku možemo podijeliti na akumulacijska, erozivna, tektonska i umjetna (Simić i Simić, 2012). U ovom radu proučavana su umjetno stvorena jezera ili hidroakumulacije.

U sklopu navedenog projekta predložene su 3 kategorije umjetnih stajaćica prema njihovoj srednjoj dubini:

- a) vrlo plitke umjetne stajaćice (< 3 m)
- b) plitke umjetne stajaćice (3 – 10 m)

c) duboke umjetne stajačice (>10 m).

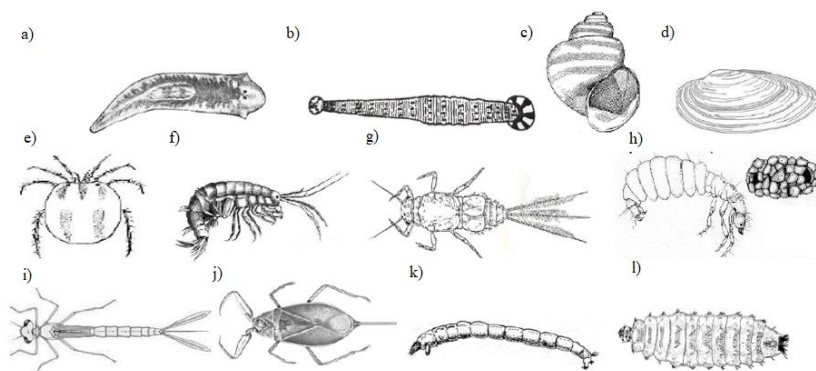
## 1.2. Makrozoobentos

Makrozoobentos, kao zajednica makroskopskih beskralježnjaka (>500  $\mu\text{m}$ ), čine organizmi koji većinu svog života provode na dnu i u dnu određenog vodenog tijela (Moss, 2010). Organizmi mogu biti vagilni (pokretni), nepokretni ili sesilni (prirasli za dno) (Kerovec i sur., 2008). Kukci, odnosno njihove ličinke i kukuljice čine jako velik dio makrozoobentosa, a osim njih možemo pronaći različite skupine rakova, virnjake, pijavice, vodengrinje i drugo (Slika 3). Makrozoobentos je važan dio hranidbenih lanaca, kao i ciklusa hranjivih tvari što upućuje na to da je uz ostale biološke elemente kakvoće (fitoplankton, fitobentos, makrofite i ribe kao osjetljiv indikator kakvoće vodenih ekosustava), važna komponenta unutar biocenotičkih struktura (Web 3). Kao dio hranidbenih mreža, jedan je od glavnih izvora hrane za ribe te se smatra dijelom kruženja organskih tvari u vodenim tijelima (Kerans i Karr, 1994), dok je kao biološki element kakvoće vrlo važan pokazatelj stanja vode zbog toga što ga čini više taksonomskih skupina koje su osjetljive na razna okolišna kolebanja (Rosenberg i Resh, 1993).

Unutar makrozoobentosa, od vodenih kukaca dominiraju pripadnici dvokrilaca (Diptera) čineći gotovo 40% svih vodenih kukaca, a glavni predstavnici ovog reda su akvatičke ličinke (Hilsenhoff, 1991). Ličinke porodice Chironomidae (trzalci) su često najdominantnija i najraznolikija skupina makrozoobentosa jezera umjerenih područja (Wiederholm, 1983). Usporedbom rijeka i jezera, odnosno tekućih i stajaćih vodenih tijela, u jezerima je uočena manja raznolikost svojiti makrobeskralježnjaka. U takvoj strukturalnoj zajednici dominantni predstavnici su Oligochaeta i vrste iz porodice Chironomidae na temelju kojih se može odrediti stupanj trofije jezera, odnosno vrlo često ih možemo naći u onečišćenim vodama s malom koncentracijom otopljenog kisika (Tablica 1) (Web 2; Rašan i Trojko, 2010; Čerba i sur., 2011). Oni su mnogo važniji u plitkim nego dubljim jezerima što dokazuju istraživanja koja pokazuju veći relativni udio zoobentosa u plitkim jezerima (Lindgaard, 1994). Odnosno, dokazano je kako biomasa zooplanktona raste s dubinom jezera, za razliku od biomase zoobentosa (Jeppesen i sur., 1996). Indikatorski organizmi koje možemo pronaći u oligosaprobnim vodama su ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), tulara (Trichoptera) i obalčara (Plecoptera), virnjaci (Turbellaria) i riječni rakovi (Crustacea) (Klobučar i Maquire, 1998). Osim toga, unutar ovih skupina razlikujemo tolerantne

vrste/svojte koje možemo naći na onečišćenim staništima. Nakon metamorfoze iz ličinke u odraslog kukca, jedinke izlijeću iz vode i više nisu vezana za vodena staništa. Osim navedenih skupina, kao bitan dio makrozoobentosa, a time i hranidbenih lanaca, važne su i druge skupine kukaca poput komarčića (Ceratopogonidae), komaraca (Culicidae), braničevki (Simuliidae) i obada (Tabanidae). Ovi beskralježnjaci bentosa u barem jednom dijelu svog životnog ciklusa naseljavaju supstrate poput filamentoznih algi, makrofita i sedimenta u gotovo svim vodenim sustavima (Rosenberg i Resh, 1993). Jedinke reda Odonata (vretenca) su uglavnom karnivori pa njihova brojnost ovisi o prisutnosti ostalih kukaca s kojima se hrane, ali i s prisutnošću vaskularnih biljaka u i oko vodenog tijela.

Na kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice makrozoobentosa utječu ekološki uvjeti, kao i fizikalna (svjetlost, temperatura) te kemijska (količina O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> i hranjivih tvari) svojstva vode (Web 3). Sama raznolikost zajednice makrozoobentosa ovisi i o vegetaciji, odnosno raznolikost je veća što ima više različite vegetacije. Primjerice, na površini bez vegetacije najbrojnije su vrste trzalaca i maločetinaša (čine čak od 74 do 100% od ukupne biomase). U prisutnim naseljima vodene vegetacije uočene su različite svojte makrozoobentosa iz čega se da pretpostaviti da je jedan od uzroka bogatijih zajednica makrozoobentosa u gustim naseljima biljaka korištenje samih biljaka kao zaklona od ribljih predatora (Popijač, 2003). Ujedno, jedan od pokazatelja izrazite važnosti makrozoobentosa je biomasa riba, koja je vrlo često dobro korelirana s biomasom beskralježnjaka bentosa (Hanson i Leggett, 1982). Ako se populacija riba smanji, gustoća i bogatstvo zajednice makrozoobentosa svakako je veća u vodenim sredinama s prisutnim podvodnim biljem nego u području s vrlo malo ili gotovo ništa biljaka (Gilinsky, 1984; Gregg i Rose, 1985). Dakle, ukupna biomasa beskralježnjaka, posebice vodenih kukaca ovisi o količini hrane i prisustvu primarnih nutrijenata te je relativno konstantna (Simić i Simić, 2012). Makrofite će na taj način, osim hrane i kisika, pružati dobar supstrat, odnosno sklonište za jedinke makrozoobentosa (Čerba i sur., 2011). S druge strane, istraživanja pokazuju da pojedine vrste ne ovise o vegetaciji kao izvoru hrane, iako je njihova gustoća puno veća kada je vegetacija prisutna (Diehl, 1988, Čerba i sur., 2011).



Slika 3. Raznolikost predstavnika makrozoobentos: a) Turbellaria; b) Hirudinea; c) Gastropoda; d) Bivalvia; e) Hydrachnidia; f) Crustacea; g) Ephemeroptera; h) Trichoptera; i) Odonata; j) Heteroptera; k) Chironomidae; l) Stratiomyidae (preuzeto i prilagođeno prema: Sertić Perić i Radanović, 2017).

### 1.3. Određivanje kvalitete vode - biološki element kakvoće makrozoobentos

Bez obzira na tip, vodena tijela se svrstavaju u 5 različitih kategorija prema njihovom ekološkom stanju (Tablica 1). Ekološko stanje vodenih tijela određuje se monitoringom bioloških elemenata kakvoće vode i određivanjem osnovnih fizikalno-kemijskih parametara vode. Ocjenjivanjem kakvoće vode uočavaju se promjene stanja, a time i promjene funkcije cijelog ekosustava u odnosu na ono što je referentno, odnosno prirodno (Web 3).

Tablica 1. Kategorije ekološkog stanja vodenih tijela (preuzeto: Web 3).

Kategorije ekološkog stanja	Boja
Vrlo dobro	Plava
Dobro	Zelena
Umjereno	Žuta
Loše	Narančasta
Vrlo loše	Crvena

Prilikom određivanja trofičkog stanja jezera najpouzdanija i najčešće korištena metoda je određivanje broja i bogatstva indikatorskih vrsta. Osim uočavanja antropogenog utjecaja na vodena staništa, promatranje stanja bioraznolikosti je od velike važnosti za pravilno i normalno funkcioniranje nekog ekološkog sustava (Beveridge i sur., 1994).

Smanjenje bioraznolikosti, odnosno nestanak pojedinih vrsta narušava prirodnu ravnotežu, tj. dovodi do smanjenja prirodnih resursa, a takav primjer vezan za vodene ekosustave je smanjenje čiste i pitke vode.

Makrozoobentos se smatra vrlo važnom biološkom komponentom prilikom određivanja kakvoće vode, odnosno procjenjivanja ekološkog stanja lotičkih i lentičkih sustava. Za razliku od drugih skupina vodenih organizama, makrozoobentos karakteriziraju određene prednosti prilikom ocjenjivanja kakvoće vode. Prvenstveno se relativno lako prikupljaju uz pomoć ručnih bentos mreža (ili grabila), široko su rasprostranjeni te veoma brojni, a za mnoge od tih vrsta poznat je stupanj tolerancije prema onečišćenju. Takve karakteristike mogu odmah upućivati na tip staništa u kojem vrste obitavaju. Jedinke su ograničeno pokretne, stoga ne mogu brzo napustiti stanište kada dođe do razvoja nepovoljnih prilika. To dovodi do toga da će se organizmi ili prilagoditi promijenjenim uvjetima ili će vrsta postupno nestati, što nam daje informacije o uvjetima u staništu (Web 3).

#### **1.4. Trzalci - Chironomidae, Diptera**

Porodica trzalaca (Chironomidae), koju čini 11 potporodica i 22 plemena, pripada razredu kukaca (Insecta), redu dvokrilaca (Diptera) odnosno podredu dugoticalaca (Nematocera). Prema Ferrington (2008) razlikujemo ukupno 4147 opisanih vrsta od kojih njih 1258 nalazimo na popisu za Europu. 8 potporodica trzalaca od njih 11 (Buchonomyiinae, Chironominae, Diamesinae, Orthoclaadiinae, Podonominae, Prodiamesinae, Tanypodinae i Telmatogeninae) pronalazimo u Europi.

Trzalci su jedna od najbrojnijih i najšire rasprostranjenih porodica kukaca koju možemo naći u makrozoobentosu nekog slatkovodnog ekosustava. Ove vodene beskralježnjake možemo naći na raznim tipovima staništa, sposobne su popunjavati sve slobodne ekološke niše, kao i prilagoditi se raznim uvjetima, stoga i jesu jedna od najdominantnijih skupina prema kojima se može procijeniti stanje okoliša (Cranston, 1995; Moog, 2002; Milošević i sur., 2014). Osim toga, pomoću njih se može ocijeniti i antropogeni učinak na vodene ekosustave te mogu činiti čak 40% do 50% ukupne biomase nekog ekosustava (Hilsenhoff, 1991; Armitage i sur., 1995; Hamerlik i Brodersen, 2010). Ličinke najčešće nalazimo u kopnenim vodama, no neke vrste toleriraju zaslanjenost brakičnih voda (Cranston, 1995; Moller Pillot, 2009). Otkrivene su i neke morske vrste trzalaca, kao i vrste koje su isključivo kopnene pa obitavaju u humusnim tlima ili na živoj vegetaciji te na

vegetaciji u raspadu (Cranston, 1995). Najkarakterističnija staništa gdje se mogu naći ličinke trzalaca jesu lotički i lentički sustavi radi čega ih se i smatra vodenim beskralježnjacima u subadultnim stadijima. Prema dosadašnjem popisu za Republiku Hrvatsku, veći broj vrsta utvrđen je na području Dinaridske ekoregije za razliku od Panonske ekoregije (Ergović, 2016). Moguće ih je pronaći u barama stvorenima nakon padalina, zatim u Phytotelmata, odnosno vodi u biljkama te u špiljama (Anderson i sur., 2016). Osim toga, pronađene su i na ekstremnom staništu poput fontana predstavljajući urbana vodena tijela važnim izvorom biodiverziteta (Kresonja, 2018). Vrlo su bitan element u mahovinama gdje je utvrđena stabilnost ove zajednice tijekom 10 godina istraživanja (Koh, 2016).

Možemo ih pronaći u uvjetima niske koncentracije otopljenog kisika gdje su vrlo često jedina vrsta kukaca nađena u takvom sedimentu. Mogu živjeti u uvjetima visokog saliniteta kao i u uvjetima visoke koncentracije teških metala (Hassell i sur., 2006; Gillis i sur., 2008). Prilagođeni su životu u području s niskim pH te mogu živjeti i na niskim temperaturama, kao i visokim nadmorskim visinama (Jernelov i sur., 1981; Kohshima, 1984; Sæther i Willassen, 1987). Pronađeni su na nadmorskoj visini od 5600 m, na temperaturi do  $-16^{\circ}\text{C}$  stoga im visoka zaleđena područja ne predstavljaju problem (Kohshima, 1984; Sæther i Willassen, 1987). No, vrste roda *Glyptotendipes*, *Cryptochironomus* i *Parachironomus* neće se naći na nadmorskoj visini većoj od 1000 m (Moller Pillot, 2009). Za područje Antartike je specifična jedna vrsta trzalaca nazvana upravo po tom području *Belgica antarctica* Jacobs. Ova vrsta ima razvijen mehanizam tolerancije na niske temperature. Osim toga, karakteristična je zbog vrlo malog genoma koji se jedno vrijeme smatrao najmanjim genomom pronađenim kod kukaca, manji od najčešćeg eksperimentalnog organizma vinske mušice (*Drosophila melanogaster*) (Cornette i sur., 2015). Po novijem istraživanju iz 2015. godine, najmanja veličina genoma pripada jednoj vrsti trzalaca iz potporodice Orthoclaadiinae, *Clunio tsushimensis* te ju zatim slijedi *Hydrobaenus tsukubalatus* (Orthoclaadiinae) te *Diamesa japonica* iz potporodice Diamesinae sa C-vrijednostima od 0.07 pg, 0.08 pg i 0.08 pg. Vrste roda *Chironomus* imaju najveći genom od svih jedinki iz porodice trzalaca (0.15 pg) (Cornette i sur., 2015).

Zbog života u nepovoljnim ekstremnim uvjetima, ličinke su razvile i mehanizam prelaska u stanje mirovanja. Radi se o stanju dijapauze gdje stadiji ličinki i kukuljica imaju sposobnost smirivanja i zaustavljanja svih procesa u tijelu s ciljem zaštite organizma od nepovoljnih uvjeta od kojih je najčešći niska temperatura u okolišu ili u određenim predjelima visoka temperatura (Grodhaus, 1980). Osim toga, razvijena je gradnja kokona



kao još jedan mehanizam preživljavanja, tj. zaštite od nepovoljnih uvjeta (Danks, 1971; Grodhaus, 1980).

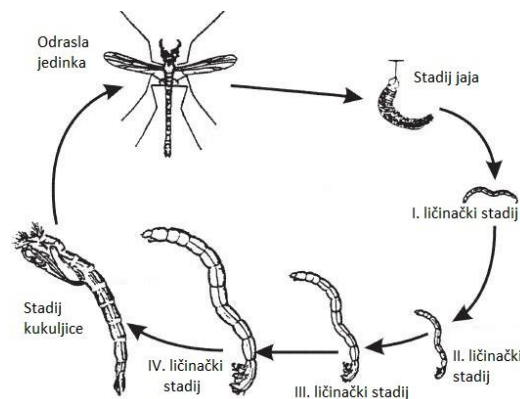
Trzalce prema načinu ishrane možemo podijeliti u nekoliko funkcionalno hranidbenih kategorija: filtratori, predatori, skupljači detritusa, strugači i usitnjivači. Određene vrste (npr. *Chironomus plumosus*) mogu promijeniti način prehrane s obzirom na vrstu sedimenta u kojoj obitavaju ili u različitim razvojnim stadijima, stoga trzalce na neki način možemo smatrati oportunističkim svejedima (Anderson i Sedell, 1979; Hodgkinson i Williams, 1980).

#### **1.4.1. Životni ciklus trzalaca**

Trzalci su holometabolni kukci, odnosno kukci s potpunom preobrazbom. Njihov životni ciklus obuhvaća 4 stadija: jaje, ličinka (lat. *larva*), kukuljica (lat. *pupa*) i odrasla jedinka (lat. *imago*) (Slika 4) (Armitage i sur., 1995). Za njih je karakterističan kratak period života u odraslom stadiju kada se pare, a najduži period života provode u ličinačkom stadiju tijekom kojeg se hrane i time pokušavaju skladištiti maksimalno energije koju će koristiti tijekom odraslog stadija za parenje i daljnju disperziju.

Životni ciklus trzalaca započinje polaganjem jaja. Radi se o procesu nakon kopulacije, koji može trajati od 10 minuta do 1 h. Ženka trzalaca polaže jaja u želatinozni matriks, vrsno specifičnog oblika, najčešće vezan za nekakvu podlogu (biljke, kamenje ili umjetno stvorene podloge) nakon čega ženka završava svoj životni ciklus i ugiba (Nolte, 1993). Period prelaska iz jaja u ličinku može trajati od nekoliko dana do mjesec dana (Hilsenhoff, 1966). Ličinka je samostalna, hrani se, razvija i presvlači, točnije prolazi navedenu preobrazbu ili metamorfozu (Armitage i sur., 1995; Matoničkin i sur., 1999). Stadij ličinke je karakterističan kod trzalaca i razlikuju se od ostalih jedinki podreda dugoticalaca zbog prisutnosti lažnih nožica na prvom prsnom i zadnjem tjelesnom segmentu (Armitage i sur., 1995). Ukupno postoje 4 ličinačka stadija tijekom kojih se jedinke razlikuju po manje/više razvijenim morfološkim karakteristikama, odnosno one jedinke koje pripadaju prvom ličinačkom stadiju imaju manje vidljive morfološke karakteristike (Slika 4). Iznimka je vrsta *Trichotanyptus alaskensis* kod koje je nedavno utvrđen 5. ličinački stadij (Lackmann i Butler, 2017). Stoga, determinacija jedinki se najbolje određuje na ličinkama koje pripadaju četvrtom odnosno petom ličinačkom stadiju zbog najviše izraženih morfoloških karakteristika (Olafsson, 1992). Nakon ličinačkog stadija, slijedi stadij

kukuljice tijekom kojeg kreće period nehranjenja jedinke već se koristi ona uskladištena energija za vrijeme stadija ličinke (Armitage i sur., 1995). Ovaj stadij je karakterističan i vrlo prepoznatljiv zbog uvećanog glavopršnjaka, a kukuljice vrlo često pronalazimo na površini vode kao slobodno-plivajuće organizme (primjerice Tanypodinae) ili u sedimentu na dnu (primjerice Aphroteniinae), a mnoge žive u tuljcima izgrađenima tijekom ličinačkog stadija (Armitage i sur., 1995). Trajanje stadija kukuljice može trajati od otprilike 2 h do nekoliko dana (Vallenduuk i Moller Pillot, 2007). Kukuljica koristi energiju pohranjenu tijekom ličinačkog stadija i ne hrani se (Armitage i sur., 1995). Prilikom prelaska iz stadija kukuljice u odraslu jedinku na površini vode ostaje svlak ili egzuvij (Matoničkin i sur., 1999). Odrasle jedinke žive kraće od jednog dana i isto tako se ne hrane (Vallenduuk i Moller Pillot, 2007).



Slika 4. Životni ciklus trzalaca (preuzeto i prilagođeno prema: Walker, 1987).

#### 1.4.2. Anatomija i morfologija ličinki trzalaca

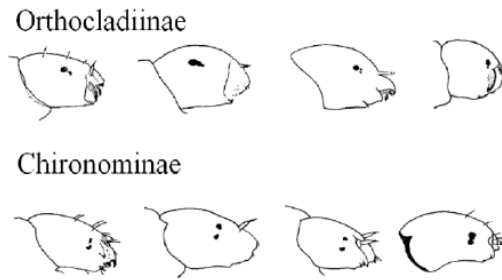
Ličinke trzalaca su jedinke koje imaju duguljasto, segmentirano tijelo sa vrlo dobro razvijenom i neuvlačivom glavenom kapsulom (Slika 5). Tijelo se sastoji od ukupno 12 segmenata: 3 šira torakalna ili prsna te 9 abdominalnih ili trbušnih segmenata. Kod gotovo svih ličinki nalazimo lažne nožice. Prvi torakalni segment sadržava jedan par lažnih nožica, tzv. prednji parapodi. Na posljednjem abdominalnom segmentu se nalaze posteriorne lažne nožice, odnosno stražnji parapodi, i analni tubuli različitih duljina (Slika 5). Može ih biti od jedan do maksimalno tri para te sudjeluju u ionskoj regulaciji (Strenzke i Neumann, 1960). Kod nekih vrsta, pogotovo kod ličinki roda *Chironomus*, prisutni su ventralni tubuli na osmom abdominalnom segmentu, i to najčešće dva para tubula. Za razliku od analnih tubula, abdominalni tubuli su ispunjeni hemolimfom te je time njihova uloga respiratorna. Također, na sedmom segmentu mogu se pronaći lateralni tubuli (Vallenduuk, 2017). Na devetom

segmentu tijela vidljivi su procerci ili analne sete sastavljeni od para tuberkula te iz njih izlaze dlake (Vallenduuk, 2017).



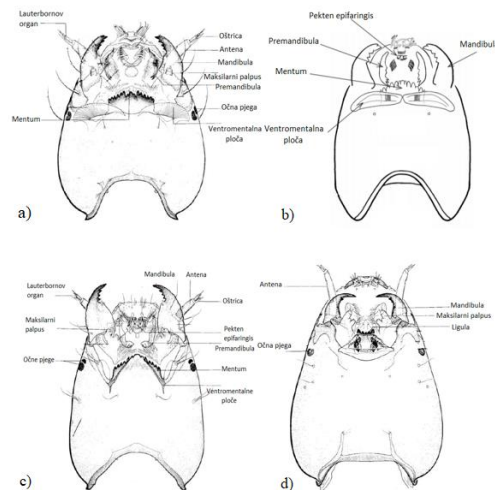
Slika 5. Osnovna građa tijela ličinke trzalaca (potporodica Chironominae) (preuzeto i prilagođeno prema: Epler, 2001).

Građa glaveno kapsule se razlikuje između potporodica i plemena. Na složenoj glavenoj kapsuli ličinke posjeduju oči, tj. očne pjegice, jednostavno pigmentirane regije crne boje čiji broj može biti vrsno specifičan. Osim toga, njihov položaj ima veliku taksonomsku važnost jer je smještaj očnih pjega prvi korak pri determinaciji ličinki. Vrste potporodice Chironominae imaju dva para očnih pjega smještenih jedni ispod drugog, a vrste potporodice Orthoclaadiinae imaju očne pjegice položene jedno ispred drugog (Slika 6) (Nilsson, 1997). Za razliku od njih, kod ličinki iz potporodica Tanypodinae i Diamesinae može se uočiti jedan par očnih pjega. Očne pjegice mogu biti spojene, točnije jako približene, dok kod nekih vrsta pigmentirane regije su odvojene. Na glavenoj kapsuli, osim karakterističnih očiju, ličinke imaju dobro razvijen usni aparat. Mandibule se koriste za hranjenje te se pomiču horizontalno, a sastoje se od jednog dominantnog apikalnog zuba i dva do tri unutrašnja zuba. Osim mandibula, složeni usni aparat čine i premandibule, maksile, mentum, submentum i ventromentalne ploče. Submentum se još naziva i gula, dok mentum čini red zubića po kojima se, ako su neoštećeni, može odrediti rod jedinki. Mentum se sastoji od jednog središnjeg zuba i ponekad 5, češće 6 ili 7 lateralnih zubi. Ponekad se središnji zub može podijeliti na više njih (engl. *bifid*, *trifid*) ili biti engl. *notched* što se vrlo često može pogrešno interpretirati kao dva središnja zuba (Vallenduuk, 2017). Ventromentalne ploče po svojim različitim oblicima, također su jedna vrlo bitna karakteristika prilikom determinacije jedinki (lepezastog oblika – pleme Chironomini, izduženog oblika – pleme Tanytarsini) (Slika 7). Za Tanypodinae je, umjesto mentuma, karakteristična središnja nazubljena ploča ligula i bočni par nazubljenih ploča paraligula.



Slika 6. Razlika u položaju očnih pjega kod ličinki potporodice Orthoclaadiinae i potporodice Chironominae (preuzeto: Nilsson, 1997).

Osim toga, na glavenoj kapsuli nalaze se i antene. One su segmentirane te su najčešće građene od 5 segmenata, no određene vrste su iznimke pa kod njih pronalazimo od minimalno 3 do maksimalno 7 prisutnih segmenata. Prvi segment se zove bazalni segment antene, dok ostali segmenti tvore lat. *flagellum*. Vrh gornjeg, tj. prvog segmenta sadržava oštricu ili engl. *blade*. Drugi segment (ponekad treći) može sadržavati reducirane ili vrlo izražene Lauterbornove organe koji također pomažu prilikom determinacije jedinki (Vallenduuk, 2017).



Slika 7. Usporedba osnovnih dijelova glaveno kapsule kod vrsta: a) potporodice Chironominae: plemo Chironomini; b) potporodice Chironominae: plemo Tanytarsini; c) potporodice Orthoclaadiinae; d) potporodice Tanypodinae (preuzeto i prilagođeno prema: Oliver i Roussel, 1983; Epler, 2014).

### **1.5. Cilj istraživanja**

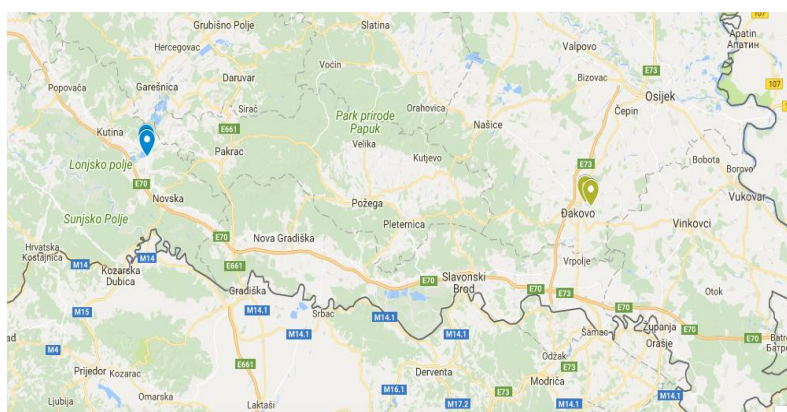
Osnovni cilj je bio utvrditi strukturu zajednice makrobekralježnjaka u litoralnom dijelu lentičkih sustava koji su pod potencijalno jakim antropogenim utjecajem. Uz to, cilj je bio detaljnije proučiti zajednicu ličinki kukaca porodice Chironomidae (trzalci), odnosno utvrditi njen kvalitativni i kvantitativni sastav, s obzirom na njihovu veliku brojnost i bioindikatorsku vrijednost. Ova istraživanja su bila dio projekta – „Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – stajačice Panonske ekoregije“ (voditelj: prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević), te je jedan od važnih ciljeva istraživanja bio odrediti kvalitetu vode na istraživanim lokalitetima primjenom biološkog elementa kakvoće - makrozoobentos.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Područje istraživanja

Područje istraživanja smješteno je na području Panonske ekoregije te uključuje dvije akumulacije „Jošava“ kod Đakova i „Pakra“, odnosno Banovsko jezero u koje se ulijeva rijeka Pakra. Istraživane su vode stajačice, tj. akumulacije čije su površine veće od 0.5 km<sup>2</sup> (tip površinske vode: „Jošava“ – HR-R\_2A, „Pakra“ – HR-R\_4).

Koordinate lokaliteta uzorkovanja su: Jošava-1: 45°19'22.0" N, 18°27'09.1" E, Jošava-2: 45°19'49.6" N, 18°25'57.2" E, Pakra-1: 45°26'16.8" N, 16°53'54.1" E i Pakra-2: 45°25'39.1" N, 16°54'06.5" E (Slika 8, 9 i 10).



Slika 8. Lokaliteti uzorkovanja (dva lokaliteta na akumulaciji „Jošava“ (zeleni markeri) i dva lokaliteta na akumulaciji „Pakra“ – Banovsko jezero (plavi markeri)) (preuzeto: Google maps).

Jezero Jošava je umjetno stvoreno jezero izgrađeno 1963/1964. godine (Web 4). Nalazi se u Osječko-baranjskoj županiji, 2 km sjeveroistočno od grada Đakova na nadmorskoj visini od 93 m te pripada podslivu rijeke Save. Korito potoka Jošava pregrađeno je zemljanom branom gdje se voda ispred brane akumulira, potapa okolna polja te stvara jezero. Izgrađena je zaporna naprava za regulaciju razine vode unutar jezera. Jezero je široko od 100 do 180 m i dugačko oko 3,5 km, a proteže se od željezničkog nasipa Đakovo-Osijek do zemljane brane koja se nalazi otprilike 2 km nizvodno. Duguljastog je oblika (Slika 9), a maksimalna izmjerena dubina u periodu uzorkovanja iznosila je 1,40 m. Proteže se od zapada prema istoku te se u tom smjeru povećava i dubina jezera. Najveća dubina je ipak na sredini jezera gdje se proteže kanal, tj. bivše korito potoka Jošava. Izmjerena srednja dubina

jezera iznosila je 1 m. Područje oko jezera obraslo je trskom i rogozom, uglavnom na rubovima (cca 20%). Također, u vodi je prisutna određena podvodna vegetacija.



Slika 9. Jezero Jošava. Dva lokaliteta uzorkovanja na akumulaciji Jošava kraj Đakova (koordinate: Jošava-1: 45°19'22.0" N, 18°27'09.1" E, Jošava-2: 45°19'49.6" N, 18°25'57.2" E) (preuzeto: Google maps).

Prema Zajednici Športsko Ribolovne Udruge Đakovo (Web 4) 30 godina nakon izgradnje jezera zemljana brana je popravljena, a jezero se koristi prvenstveno za uzgoj riba, time i za sport te rekreaciju. Od najučestalijih riba u jezeru Jošava pronalazimo šarane, štuke, smuđa, soma, babuške, grgeči i amuri (Web 4).

Banovsko jezero se nalazi u mjestu Banova Jaruga, udaljeno 12 km od grada Kutine u Sisačko-moslavačkoj županiji. Umjetno je stvoreno jezero te se ulijeva u rijeku Pakru (Web 5). Također pripada podslivu rijeke Save. Nalazi se na nadmorskoj visini od 104 m, a dugačko je 2 km. Površina mu iznosi 2,73 km<sup>2</sup>, skoro tri puta veća od površine jezera Jošava (Slike 9 i 10) koja iznosi 0,79 km<sup>2</sup>. Izmjerena maksimalna dubina Banovskog jezera tijekom istraživanja iznosila je 6,30 m, a srednja dubina je bila 2,70 m. Kao i na jezeru Jošava, i oko Banovskog jezera se nalaze poljoprivredno obradive površine. Oscilacija vodostaja u periodu od 2011. – 2016. godine za Banovsko jezero iznosila je 380 cm, dok je izmjerena oscilacija vodostaja za 2016. godinu bila 145 cm.



Slika 10. Banovsko jezero. Dva lokaliteta uzorkovanja makrozoobentosa na akumulaciji Pakra (koordinate: Pakra-1: 45°26'16.8" N, 16°53'54.1" E, Pakra-2: 45°25'39.1" N, 16°54'06.5" E) (preuzeto: Google maps).

Samo jezero je bogato kapitalnim šaranima, smuđem, somom i deverikama (Web 5). Zbog mnoštva kapitalnih šarana, jezero najviše služi za ribolov, odnosno sport i rekreaciju, kao i vodoopskrbu.

## 2.2. Terenska i laboratorijska istraživanja

Uzorci makrozoobentosa na akumulaciji „Jošava“ prikupljeni su 31.08.2016. na dvije lokacije navedenog jezera (Slika 9), a na akumulaciji „Pakra“ 09.09.2016., na dva različita lokaliteta Banovskog jezera (Slika 10). Uzorkovanje je obavljeno ručnom makrozoobentos mrežom dimenzije okvira 25 cm x 25 cm (ukupna površina 0,0625 m<sup>2</sup>), veličine pora 500 µm. Na terenu, prikupljeni uzorci su prebačeni iz mreže u plastičnu kantu s vodom u kojoj se pregledavalo veće kamenje i fital uz odvajanje životinja. Ostala makrofauna je par puta ispirana vodom na situ veličine pora 500 µm i tako odvojena od drugog većeg sedimenta. Na području uzorkovanja izmjereni su sljedeći fizikalno-kemijski parametri: temperatura vode, pH vrijednost vode, električna vodljivost, otopljeni kisik te zasićenje kisikom pomoću prijenosnog mini laboratorija. Neki od fizikalno-kemijskih parametara obrađeni su u laboratoriju: ukupna suspendirana tvar (TSS, engl. *total suspended solids*), biološka potrošnja kisika unutar 5 dana (BPK<sub>5</sub>), kemijska potrošnja kisika iz kalijeva permanganata (KPK-Mn), amonijak (NH<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>), nitrati (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), ukupan dušik (TN), ukupan fosfor (TP) i ukupan organski ugljik (TOC).



Svaki lokalitet je uzorkovan na 4 različite dubine (0.25 m, 0.50 m, 0.75 m i 1 m) (Urbanič i sur., 2012), s iznimkom lokaliteta Pakra-2 koji je uzorkovan na dvije dubine (0.25 m i 0.50 m) zbog otežanog uzorkovanja, zbog nagiba obale. Na svakom lokalitetu uzorkovano je 10 uzoraka, ukupno 40 uzoraka.

Prikupljeni uzorci su sačuvani u 96%-tnoj otopini etanola. U laboratoriju su isprani pod mlazom vode na situ veličine pora 500  $\mu$ m. Fauna prikupljena u uzorcima razdvojena je od preostalog sedimenta pomoću pinceta i iglica. Odnosno, prvo su pod lupom (Leica EZ4 (povećanje do 4x, Njemačka) i Leica 230 VAC (povećanje 10.5x do 45x, Njemačka) izdvojene sve pronađene jedinice makrozoobentosa po skupinama u kivete i konzervirani u 70%-tnom etanolu. Ključevi korišteni za determinaciju su: Engelhardt (2003), Kerovec (1986), Nilsson (1996), Nilsson (1997) i Schmid (1993). Zatim su izolirane ličinke trzalaca determinirane do najniže moguće taksonomske kategorije pomoću navedenih lupa i mikroskopa (Carl Zeiss i Olympus BX51) te ključeva za determinaciju: Bitušić i Hamerlík (2014), Brooks i sur. (2007), Cranston (1982), Moller Pillot (2013), Vallenduuk (2017) te Vallenduuk i Morozova (2005).

Prilikom uzorkovanja na lokalitetu Jošava-1, voda nije bila bistra, već zamućena (Slika 11). Na lokalitetu Jošava-2 većinu priobalne vegetacije činila je trska (Slika 12).



Slika 11. Lokalitet Jošava-1 (foto: arhiva projekta)



Slika 12. Lokalitet Jošava-2 (foto: arhiva projekta)

Na lokalitetu Pakra-1 vidljivo je prisustvo makrofita (Slika 13), dok je lokalitet Pakra-2 u potpunosti bez makrofita, no uočeno je prisustvo mulja (Slika 14).



Slika 13. Lokalitet Pakra-1 (foto: arhiva projekta)



Slika 14. Lokalitet Pakra-2 (foto: arhiva projekta)

### 2.3. Obrada podataka

Koncentracija klorofila a izračunata je prema modificiranoj formuli (SCOR-UNESCO, 1996; Strickland i Parsons, 1972):

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/L}) = (11,64 \times A663 - 2,16 \times A645 + 0,10 \times A630) \times v/Vd$$

A663, A645, A630 – vrijednosti izmjerene apsorbance

v (ml) – volumen supernatanta

V (L) – volumen profiltriranog uzorka

d (cm) – širina kivete

Određen je brojčani udio vrsta ličinki trzalaca i njihova dominantnost (Odum, 1971).

Vrlo brojne ili eudominantne vrste – udio: > 10%

Brojne ili dominantne vrste – udio: 5,1 – 10%

Manje brojne ili subdominantne vrste – udio: 2,1 – 5%

Rijetke ili recedentne vrste – udio: 1 – 2%

Vrlo rijetke ili subrecedentne vrste – udio: < 1%

Za određivanje ekološkog stanja vode korišten je program ASTERICS (Verzija 4.04). Za određivanje ocjene ekološkog stanja na temelju makrozoobentosa korišten je modul opće degradacije (OD), također za makrofita (Mihaljević, 2018), tj. indeksi za rijeke prema Metodologiji uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanja omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće (Anonymous, 2016).

Za ocjenjivanje ekološkog potencijala određen je omjer ekološke kakvoće (OEK) za svaki pojedini indeks po formuli:

$$\text{OEK} = \frac{\text{Vrijednost indeksa} - \text{najlošija vrijednost}}{\text{Referentna vrijednost} - \text{najlošija vrijednost}}$$

Odnosno, za broj porodica i Margalef indeks raznolikosti određen je OEK po formuli:

$$\text{OEK} = \frac{\text{OEK rez (vrijednost na postaji)} - \text{OEK min (minimalna vrijednost unutar tipa stajaćice)}}{\text{OEK ref (ekstrapolirana vrijednost)} - \text{OEK min (minimalna vrijednost unutar tipa stajaćice)}}$$

I za postotak jedinki svojte Chironomini po formuli:

$$OEK = 1 + \frac{OEK \text{ rez (vrijednost na postaji)} - OEK \text{ min (minimalna vrijednost unutar tipa stajaćice)}}{OEK \text{ ref (ekstrapolirana vrijednost)} - OEK \text{ min (minimalna vrijednost unutar tipa stajaćice)}}$$

Ukupna ocjena ekološkog potencijala dobije se kao srednja vrijednost OEK sva tri indeksa:

$$OEK = \frac{OEK \text{ N porodica} + OEK \text{ Margalef} + OEK \% \text{ Chironomini}}{3}$$

Nakon izračunavanja, ocjena ekološkog potencijala određuje se prema vrijednostima iz Tablice 2.

Tablica 2. Ocjene ekološkog potencijala prema vrijednosti omjera ekološke kakvoće (OEK) (preuzeto: Mihaljević, 2018).

Vrijednost OEK	Ocjena ekološkog potencijala
0,6 - 1	Dobar i bolji
0,4 - 0,6	Umjeren
0,2 - 0,4	Loš
0 - 0,2	Vrlo loš

Za statističku i grafičku obradu podataka korišten je program Primer 6 (Clarke i Gorley, 2006). Za analiziranje sličnosti, tj. razlika između lokaliteta uzorkovanja, na osnovi brojnosti ličinki trzalaca i makrozoobentosa, korišteni su NMDS tj. nemetričko višedimenzionalno grupiranje (engl. *non-metric multidimensional scaling*) i ANOSIM, analiza sličnosti (engl. *analysis of similarities*), neparametrijski statistički test. U ovom slučaju, korištena je NMDS metoda s transformiranom Bray-Curtis matricom i primjenjenom transformacijom drugi korijen ( $\sqrt{\phantom{x}}$ ). Pri ovoj transformaciji utvrđen je najmanji „stress“, tj. vjerojatnost pravilne ordinacije i interpretacije podataka. Korišten je t-test za određivanje statističke značajnosti razlika koncentracije Chl-a i ostalih fizikalno-kemijskih parametara između akumulacija „Jošava“ i „Pakra“.

Podaci su grafički i tabelarno prikazani pomoću programa Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft Corporation, 2013).

Koordinate lokaliteta uzorkovanja prikazane su uz pomoć Google maps (Google Inc.).

### 3. REZULTATI

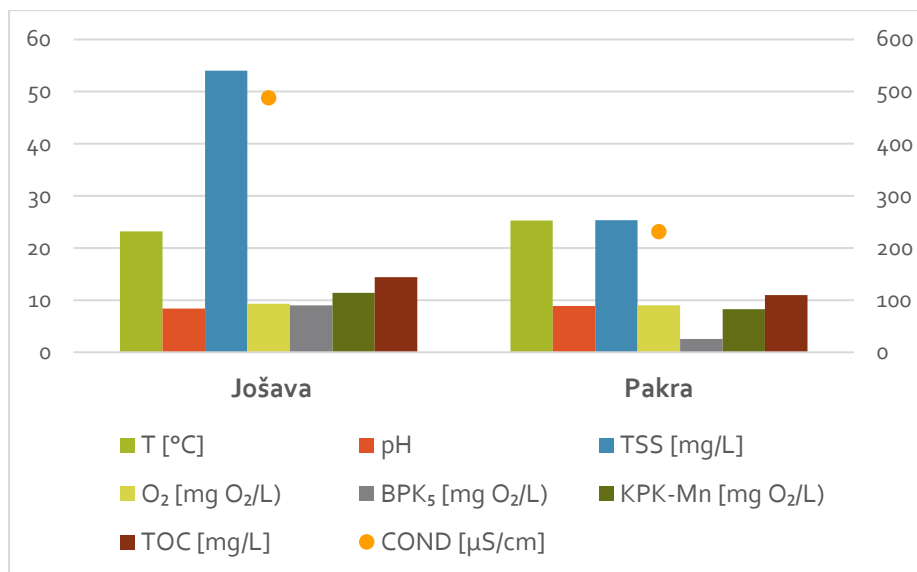
#### 3.1. Fizikalno - kemijski parametri vode

Svi rezultati osnovnih fizikalno-kemijskih parametara vode izmjereni na dan uzorkovanja u akumulacijama „Jošava“ i „Pakra“ prikazani su u Tablici 3, odnosno na Slikama 15 i 16.

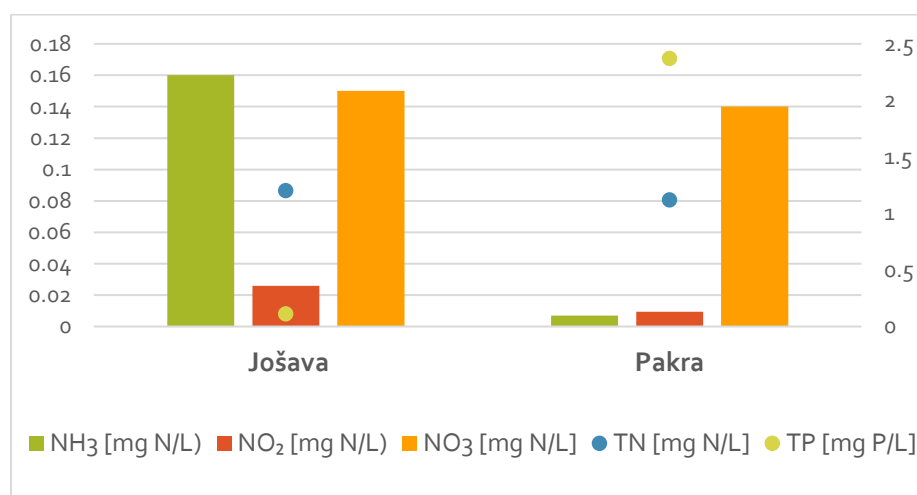
Temperatura vode i pH prikazuju vrlo slične vrijednosti u obje akumulacije, dok je veće odstupanje vidljivo za vrijednosti konduktiviteta koje su dvostruko veće za akumulaciju „Jošava“, kao i vrijednost ukupno suspendiranih tvari (TSS) (Tablica 2, Slika 15). Vrijednosti  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2^-$  i  $\text{NO}_3^-$  su malo veće na lokalitetima Jošave, kao i ukupan dušik ( $1,2 \text{ mgN/L} > 1,12 \text{ mgN/L}$ ) te ukupan organski ugljik (TOC) ( $14,4 \text{ mg/L} > 11 \text{ mg/L}$ ). Koncentracija pronađenog ukupnog fosfora je puno veća na lokalitetima akumulacije „Pakra“ ( $0,11 \text{ mgP/L} < 2,37 \text{ mgP/L}$ ) (Slika 16).

Tablica 3. Rezultati osnovnih fizikalno-kemijskih parametara na lokalitetima akumulacija „Jošava“ i „Pakra“ izmjereni na dan uzorkovanja.

	Temperatura vode (°C)	pH	Električna vodljivost ( $\mu\text{S/cm}$ )	Ukupne suspendirane tvari (mg/L)	Otopljeni kisik ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	BPK <sub>5</sub> ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )	KPK-Mn ( $\text{mgO}_2/\text{L}$ )
"Jošava"	23,2	8,4	488	54	9,3	9	11,4
"Pakra"	25,3	8,9	231	25,31	8,99	2,59	8,26



Slika 15. Osnovni fizikalno-kemijski parametri u akumulacijama „Jošava“ i „Pakra“, izmjereni na dan uzorkovanja 2016. godine.



Slika 16. Koncentracija nutrijenata u akumulacijama „Jošava“ i „Pakra“, izmjereni na dan uzorkovanja 2016. godine.

Vrijednosti klorofila a izmjerene tijekom godine istraživanja, veće su u akumulaciji „Jošava“, a najveća vrijednost izmjerena je u rujnu te je iznosila 111,6 μg/L. Najveća vrijednost klorofila u akumulaciji „Pakra“ uočena je u kolovozu te je iznosila 49,9 μg/L (Tablica 4). T-test je pokazao da postoji statistički značajna razlika u koncentraciji Chl-a prilikom usporedbe ove dvije akumulacije  $t=3,6954$  ( $p = 0,004$ ).

Tablica 4. Izmjerene vrijednosti klorofila (Chl-a) od travnja do rujna 2016. godine na lokalitetima akumulacija „Jošava“ i „Pakra“.

		Travanj/svibanj	Svibanj	Lipanj	Srpanj	Kolovoz	Rujan
„Jošava“	Chl-a ( $\mu\text{g/L}$ )	49,98	41,18	33,99	74,81	84,43	111,6
„Pakra“	Chl-a ( $\mu\text{g/L}$ )	6,11	4,35	12,85	5,7	49,9	2,32

Tijekom 2016. godine, najveća izmjerena koncentracija  $\text{NH}_3$  iznosila je 0,68 mgN/L u 11. mjesecu u akumulaciji „Jošava“, dok je u akumulaciji „Pakra“ najveća bila u listopadu te je iznosila 0,645 mgN/L. Najniža izmjerena koncentracija  $\text{NH}_3$  bila je na lokalitetima akumulacije „Pakra“ i iznosila je 0,01 mgN/L. Najveća izmjerena vrijednost  $\text{NO}_2^-$  na obje akumulacije iznosila je 0,026 mgN/L, ali u različitim mjesecima, dok je najniža iznosila  $< 0,004$  mgN/L. Najveća izmjerena vrijednost  $\text{NO}_3^-$  u akumulaciji „Jošava“ iznosila je 1,65 mgN/L, a u akumulaciji „Pakra“ 0,95 mgN/L. Najmanja izmjerena vrijednost iznosila je  $< 0,13$  mgN/L i to u akumulaciji „Jošava“. Najveća vrijednost ukupnog dušika iznosila je 3,51 mgN/L u akumulaciji „Jošava“ u veljači, dok je u akumulaciji „Pakra“ najveća koncentracija TN iznosila 1,185 mgN/L. Najmanja vrijednost TN izmjerena je na lokalitetima Pakre te je iznosila 0,557 mgN/L. Niske vrijednosti TSS-a su utvrđene u obje akumulacije, gdje je maksimalna vrijednost iznosila 132 mg/L (Pakra), odnosno 48 mg/L (Jošava). Najniža izmjerena vrijednost TSS tijekom godine bila je u akumulaciji „Pakra“. Najveće vrijednosti TOC-a zabilježene su u akumulaciji „Jošava“ (12,1 mg/L). Osim toga, DOC je isto tako veći u svim mjesecima u akumulaciji „Jošava“, a najveći je izmjeren u rujnu sa 11,2 mg/L. Od teških metala, najveća koncentracija arsena je iznosila 11,3  $\mu\text{gAs/L}$ , a bakra 10,5  $\mu\text{gCu/L}$  (Tablica 5).

T-test je utvrdio da postoji statistički značajna razlika između akumulacija za sljedeće parametare:  $\text{NO}_2^-$   $t = 2,812$  ( $p = 0,01$ ); TN  $t = 3,4478$  ( $p = 0,003$ ); organski dušik  $t = 4,443$  ( $p < 0,001$ ); TOC  $t = 5,9694$  ( $p < 0,001$ ) i DOC  $t = 4,6819$  ( $p < 0,001$ ).

Tablica 5. Usporedba određenih fizikalno-kemijskih parametara izmjerenih tijekom 2016. godine na lokalitetima akumulacija Jošava i Pakra (J – Jošava, P – Pakra).

	Veljača		Ožujak		Travanj		Travanj/Svibanj		Svibanj		Lipanj		Srpanj		Kolovoz		Rujan		Listopad		Studeni		Prosinac	
	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P	J	P
<b>Cu (µgCu/L)</b>	2,25	10,5	2,68	4,76	2,71	4,26	2,03	3,11	1,6	1,8	0,98	5,31	<0,7	<0,7	0,88	1,1	4,6	1,69	2,71	2,64	2,24	10,2	1,17	/
<b>As (µgAs/L)</b>	1,03	<1	1,3	<1	1,23	<1	2,18	<1	1,67	1,12	6,22	7,22	11,3	7,81	7,65	6,99	5,1	8,2	3,41	2,54	1,5	1,5	1,31	/
<b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mgN/L)</b>	0,087	0,073	0,092	0,021	0,064	0,195	0,329	0,085	0,439	0,01	0,452	0,124	0,134	0,03	0,13	0,065	0,12	0,212	0,34	0,645	0,68	0,333	0,23	/
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (mgN/L)</b>	<0,007	0,004	0,013	0,013	0,01	0,012	<0,007	<0,004	<0,007	0,009	0,026	<0,004	<0,026	<0,004	<0,026	0,009	<0,026	<0,004	<0,026	0,026	<0,026	0,0161	<0,026	/
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mgN/L)</b>	1,6	0,95	1,65	0,79	0,97	0,45	<0,13	0,407	0,19	0,172	0,151	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	<0,15	0,27	0,32	0,41	0,48	/
<b>TN (mgN/L)</b>	3,51	1,583	2,782	1,185	2,017	1,6	1,281	0,815	1,732	0,557	1,698	1	1,1	0,69	1,4	0,84	1,5	0,88	1,3	0,79	1,8	1,3	1,5	/
<b>Anorganski dušik (mgN/L)</b>	1,687	1,027	1,755	0,824	1,044	0,657	0,329	0,492	0,629	0,191	0,629	0,124	0,134	0,03	0,13	0,074	0,12	0,212	0,34	0,941	1	0,759	0,71	/
<b>Organski dušik (mgN/L)</b>	1,823	0,556	1,027	0,361	0,973	0,943	0,952	0,323	1,103	0,366	1,069	0,876	0,966	0,66	1,27	0,766	1,38	0,668	0,96	0	0,8	0,541	0,79	/
<b>Ortofosfati (mgP/L)</b>	0,01	0,028	<0,005	<0,005	<0,005	0,011	<0,005	<0,005	<0,005	0,019	0,066	0,047	0,058	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,08	0,07	0,063	0,025	0,029	0,018	/
<b>TSS (mg/L)</b>	34	132	37	17	21	6	48	37	42	12	48	20	17	20	7	<4	24	6	19	<4	37	9	32	/



<b>TOC (mg/L)</b>	11,18	7,543	9,742	5,295	7,877	5,3	7,705	4,932	10,27	5,689	9,9	8,2	11,4	6,8	11,4	6,8	12,1	6,9	11,9	5,5	7,31	5,23	7,7	/
<b>DOC (mg/L)</b>	8,323	6,621	6,996	5,247	5,84	4,5	7,266	4,588	8,838	5,2	9,1	7,4	10,1	6,7	10,5	6,6	11,2	6,8	11,1	5,4	7,26	5,2	7,1	/

### 3.2. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice makrozoobentosa u akumulaciji „Jošava“

Popis svih pronađenih taksonomskih skupina beskralježnjaka makrozoobentosa u akumulaciji „Jošava“ nalazi se u Tablici 6. Postotni udjeli najbrojnih skupina makrozoobentosa prikazani su na Slici 17.

Ukupno je izolirano 3567 jedinki i 22 različite skupine makrozoobentosa (Tablica 6), a najbrojniji su bili Diptera (dvokrilci) - porodica Chironomidae, odnosno ličinke trzalaca. Na lokalitetu Jošava-1 pronađeno je 13 različitih taksonomskih skupina makrozoobentosa, a na području Jošava-2, 22 skupine.

Ukupno je izolirano 2452 jedinke ličinke trzalaca (68,74 %) i pronađene su kukuljice trzalaca u puno manjem broju u usporedbi s ličinkama (45 jedinki -1,26 %) (Slika 17, Tablica 6). Nakon njih, najbrojnije su bile Oligochaeta sa zastupljenih 16,48 %. Raznokrilci (Heteroptera; Nepomorpha) su zastupljeni s 2,72 % (97 jedinki) i vodengrinje (Hydrachnidia) s 2,58 % (92 jedinke) (Slika 17, Tablica 6).

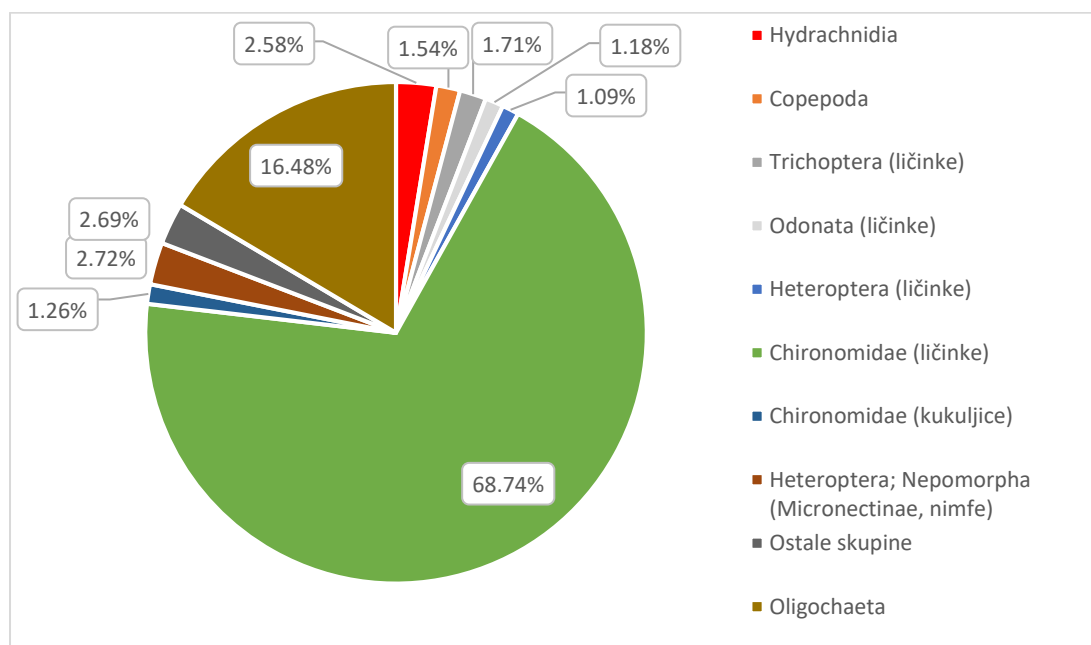
Na Slici 17 u „Ostale skupine“ spadaju pronađene skupine makrozoobentosa na oba lokaliteta Jošave koji su zastupljeni s manje od 1 %, a to su obrubnjaci (Hydrozoa), pijavice (Hirudinomorpha), puževi (Gastropoda), školjkaši (Bivalvia), rakušci (Amphipoda), rašljoticalci (Cladocera), jednakonošci (Isopoda), ljuskari (Ostracoda), ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), kornjaša (Coleoptera; Hydrophilidae), Ephyridae, septičke muhe (Psychodidae), vojničke muhe (Stratiomyidae) i pršilica (Sirphidae), te nimfe raznokrilaca (Heteroptera; Geromorpha) i jedna odrasla jedinka kornjaša (Coleoptera).

Na određenim dubinama na oba lokaliteta Jošave pronađene su jedinke mnogočetinaša (Polychaeta) koji su u Tablici 6 označeni kao „prisutni“. Planktonskih rakovi (Copepoda i Cladocera) su pronađeni na oba lokaliteta. Manji broj jedinki Amphipoda, Isopoda i Ostracoda pronađeno je na području Jošava-2, dok na lokalitetu Jošava-1 nisu uočeni (Tablica 6).

Tablica 6. Sastav zajednice makrozoobentosa u istraživanim akumulacijama utvrđen 2016. godine (oznake predstavljaju J1 – Jošava-1, J2 – Jošava-2, P1 – Pakra-1, P2 – Pakra-2, UK predstavlja ukupni zbroj svih pronađenih jedinki na određenom području).

		J1	J2	P1	P2	Jošava UKUPNO	Pakra UKUPNO
Hydrozoa		/	1	1	/	1	1
Turbellaria		/	/	124	/	/	124
Nematoda		/	/	124	/	/	124
Polychaeta		prisutni	prisutni	prisutni	prisutni	prisutni	prisutni
Oligochaeta		206	382	583	266	588	849
Hirudinomorpha		5	1	/	/	6	/
Gastropoda		8	8	338	33	16	371
Bivalvia		1	3	/	14	4	14
Hydrachnidia		77	15	1018	5	92	1023
Amphipoda		/	1	/	/	1	/
Copepoda		12	43	43	/	55	43
Cladocera		6	24	40	20	30	60
Isopoda		/	1	20	/	1	20
Ostracoda		/	3	/	/	3	/
<b>Insecta (ličinke)</b>							
Ephemeroptera		2	24	38	7	26	45
Trichoptera		41	20	170	4	61	174
Odonata		25	17	62	3	42	65
Megaloptera		/	/	3	/	/	3
Heteroptera		11	28	2978	1354	39	4332
Coleoptera	Hydrophilidae	/	1	/	/	1	/
Diptera	Ceratopogonidae	/	/	/	8	/	8
Diptera	Chironomidae	1429	1023	11 192	7644	2452	18 836
Diptera	Ephydriidae	/	1	/	/	1	/
Diptera	Psychodidae	/	1	/	/	1	/
Diptera	Stratiomyidae	/	1	/	/	1	/
Diptera	Sirphidae	/	1	/	/	1	/
<b>Insecta(kukuljice)</b>							
Diptera	Chironomidae	24	21	130	405	45	535
<b>Insecta(nimfe)</b>							
Heteroptera	Geromorpha	/	2	/	1	2	1
Heteroptera	Nepomorpha (Micronectinae)	2	95	/	16 139	97	16 139

Insecta (odrasli)							
Coleoptera	non det.	/	1	/	/	1	/



Slika 17. Postotni udio taksonomskih skupina beskraljježnjaka makrozoobentosa (udio >1%) u akumulaciji „Jošava“ 2016. godine.

### 3.3. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice makrozoobentosa u akumulaciji „Pakra“

Popis pronađenih skupina makrozoobentosa u uzorcima oba lokaliteta akumulacije „Pakra“ prikazani su u Tablici 6. Udjeli najbrojnih skupina makrozoobentosa prikazani su na Slici 18.

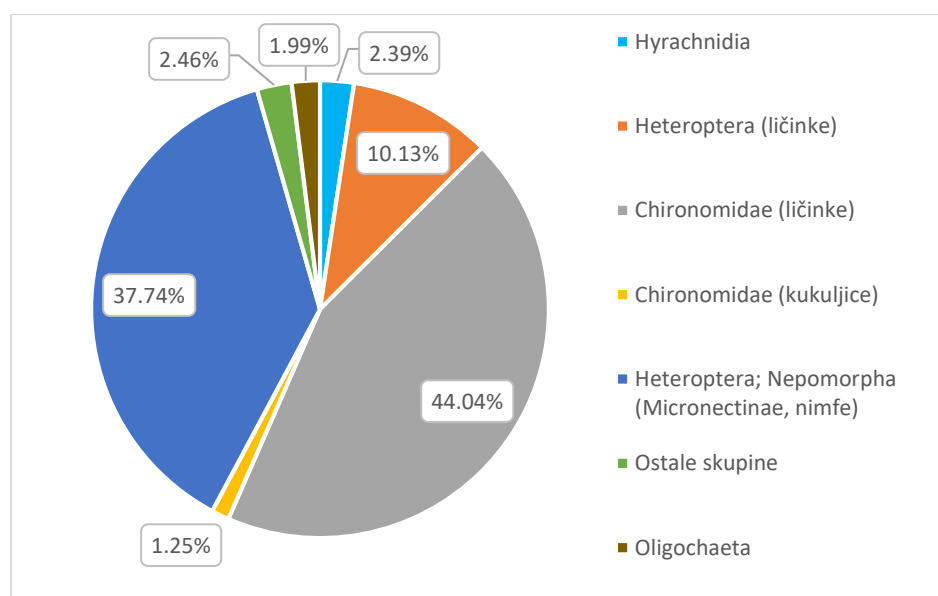
Ukupno je izolirano 42 767 jedinki i 18 različitih skupina makrobeskraljježnjaka, gdje vidljivo dominiraju Diptera (dvokrilci) – ličinke porodice Chironomidae (trzalci) s 44,04 %, odnosno pronađenih 18 836 jedinki (Tablica 6, Slika 18). Na lokalitetu Pakra-1 pronađeno je 16 različitih taksonomskih skupina beskraljježnjaka, a na području Pakra-2, ukupno 12.

Osim ličinki trzalaca, uočena je velika abundancija nimfi raznokrilaca (Heteroptera; Nepomorpha) s udjelom od 37,74 % (16 139 jedinki) (Slika 18). Nakon njih, među brojnije skupine makrozoobentosa spadaju i ličinke raznokrilaca sa udjelom od 10,13 % (4332

jedinke). U puno manjem postotku pronađene su jedinke vodengrinja (Hydrachnidia) i kukuljice trzalaca (Slika 18).

Na Slici 18, u kategoriju „Ostale skupine“, ubrojene su pronađene skupine makrozoobentosa na oba lokaliteta Pakre, koji su zastupljeni s manje od 1 %, a to su obrubnjaci (Hydrozoa), oblići (Nematoda), školjkaši (Bivalvia), Gastropoda (puževi), veslonošci (Copepoda), rašljoticalci (Cladocera), jednakonošci (Isopoda), zatim ličinke vodencvjetova (Ephemeroptera), tulara (Trichoptera), vretenaca (Odonata), muljarica (Megaloptera) i komarčića (Ceratopogonidae) te nimfe raznokrilaca (Heteroptera; Geromorpha).

Na određenim dubinama na oba lokaliteta Pakre pronađene su jedinke mnogočestinaša (Polychaeta) koji su u Tablici 6 označeni kao „prisutni“. Jedinke pijavica (Hirudinomorpha) nisu uočene niti na jednom lokalitetu Pakre, dok su jedinke rašljoticalaca (Cladocera) jedina skupina rakova pronađena na lokalitetu Pakra-2.



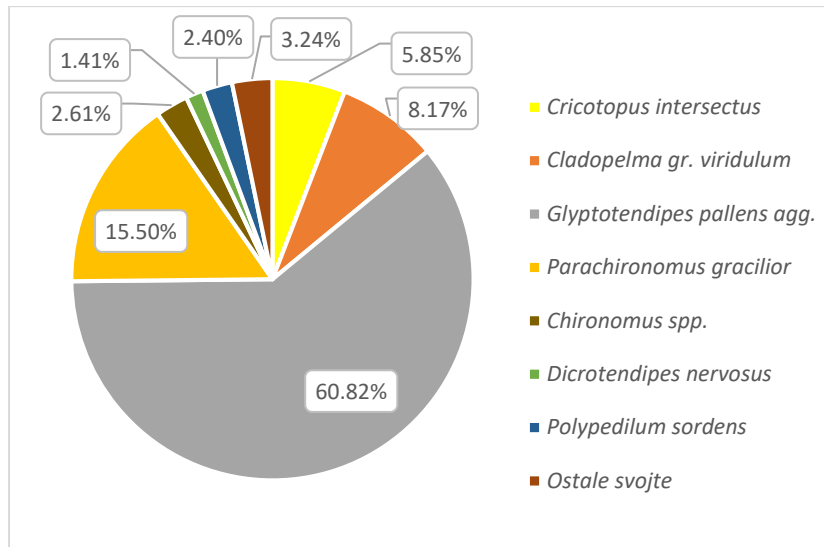
Slika 18. Postotni udio taksonomskih skupina beskralježnjaka makrozoobentosa (udio >1%) u akumulaciji „Pakra“ 2016. godine.

### 3.4. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice ličinki kukaca porodice Chironomidae (trzalci) u akumulaciji „Jošava“

Pronađene su 22 različite svojte ličinki trzalaca svrstane u 3 potporodice: Tanypodinae, Orthoclaadiinae i Chironominae (plemena Chironomini i Tanytarsini). Ukupan broj pronađenih jedinki ličinki trzalaca na lokalitetima akumulacije „Jošava“ je 2425. Na lokalitetu Jošava-1 pronađeno je 14 različitih svojti (1419 izoliranih jedinki), a na lokalitetu Jošava-2 21 svojta (1006 izoliranih jedinki) (Tablica 7).

Eudominantne svojte na lokalitetu Jošava-1 su *Glyptotendipes pallens* agg. i *Parachironomus gracilior* (*P. gr. arcuatus*), odnosno predstavnici plemena Chironomini kojemu pripada najveći broj pronađenih svojti (Slika 19). U svih 10 poduzoraka na lokalitetu Jošava-1 najbrojnija je svojta *Glyptotendipes pallens* agg. pronađena na svim dubinama u svim poduzorcima u vrlo značajnom broju (863 jedinke – 60,82 %), dok je *P. gracilior* zastupljen u nešto manjem broju sa 15,50 % (220 jedinki). Najviše jedinki *G. pallens* agg. pronađeno je na dubini 1, a *P. gracilior* na dubini 3. U dominantne svojte spadaju *Cladopelma gr. viridulum* sa 8,17 % (116 jedinki) i vrsta *Cricotopus intersectus* sa 5,85 % (83 jedinke) (Slika 19).

Ostali predstavnici plemena Chironomini pronađeni na različitim dubinama su *Chironomus* spp. (37 jedinki – 2,61 %), *Cryptochironomus obreptans/supplicans* (11 jedinki – 0,78%), *Dicrotendipes nervosus* (20 jedinki – 1,41 %), *Endochironomus lepidus* (1 jedinka – 0,07 %), *Microchironomus tener* (5 jedinki – 0,35 %) i dva predstavnika roda *Polypedilum*, *P. nubeculosum* (4 jedinke – 0,28 %) te *P. sordens* (34 jedinke – 2,4 %). Osim *C. intersectus*, iz potporodice Orthoclaadiinae pronađeno je i 7 jedinki *C. gr. sylvestris* (0,49 %) te 5 jedinki *Cricotopus (I.)* sp. (0,35 %).



Slika 19. Udio eudominantnih i dominantnih svojti u zajednici trzalaca na lokalitetu Jošava-1.

Na lokalitetu Jošava-1 pronađen je samo jedan predstavnik plemena Tanytarsini *Cladotanytarsus* sp. (13 jedinki – 0,92 %), no nije pronađen niti jedan predstavnik potporodice Tanypodinae.

Na Slici 19 u „Ostale svojte“ ubrojene su spomenute jedinke čija je zastupljenost manja od 1 %.

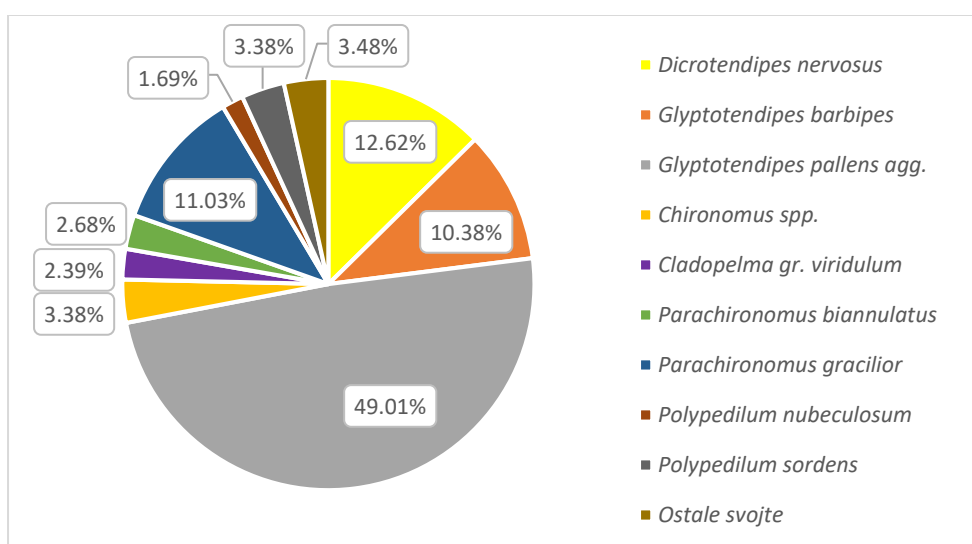
Eudominantne svojte na lokalitetu Jošava-2 su *Glyptotendipes pallens* agg. (49,01 %), *Dicrotendipes nervosus* (12,62 %), *Parachironomus gracilior* (11,03 %) i *Glyptotendipes barbipes* (10,34 %) (Slika 20). Ostale svojte su pronađene u puno manjem broju. Ukupno su pronađene 493 jedinke *G. pallens* agg. koje su pronađene na svim dubinama, a njihova najveća abundancija uočena je na dubini 1. Osim *G. pallens* agg., ukupno 127 jedinki *D. nervosus* je pronađeno na svim dubinama u svim poduzorcima, a najviše ih je bilo zastupljeno na dubini 3. *P. gracilior* zastupljen sa 111 jedinki, nije pronađen jedino na dubini 1 na lokalitetu Jošava-2. Najviše izoliranih jedinki ove svojte pronađeno je na dubini 3. *G. barbipes* je pronađen na prve dvije dubine gdje je većina jedinki izolirana s dubine 1 (98 jedinki od ukupno 104).

Ostali pronađeni predstavnici plemena Chironomini, koji su ujedno pronađeni i na prvom lokalitetu Jošave, su: *Chironomus* spp., *Cladopelma gr. viridulum*, *Cryptochironomus obreptans/supplicans*, *Microchironomus tener* te dvije vrste roda *Polypedilum*, *P. nubeculosum* i *P. sordens* (Tablica 7, Slika 20).

Pronađeni predstavnici potporodice Orthocladiinae u akumulaciji „Jošava“ su *Cricotopus intersectus* (4 jedinke), *C. gr. sylvestris* (6 jedinki) i *Cricotopus (I.) sp.* (7 jedinki). Predstavnici plemena Tanytarsini, *Cladotanytarsus sp.* i *Tanytarsus sp.*, pronađeni su u jako malom broju kao i predstavnici potporodice Orthocladiinae. Sedam jedinki *Cladotanytarsus sp.* pronađeno je na dubini 4, a samo jedna jedinka *Tanytarsus sp.* na dubini 2. Iako ne u značajnom broju, za razliku od lokaliteta Jošava-1 ovdje su pronađeni predstavnici potporodice Tanypodinae: 1 jedinka *Ablabesmia longistyla* te 1 jedinka *Procladius sp.*

Na Slici 20 u „Ostale svojte“ ubrojene su spomenute jedinke čija je zastupljenost manja od 1 %.

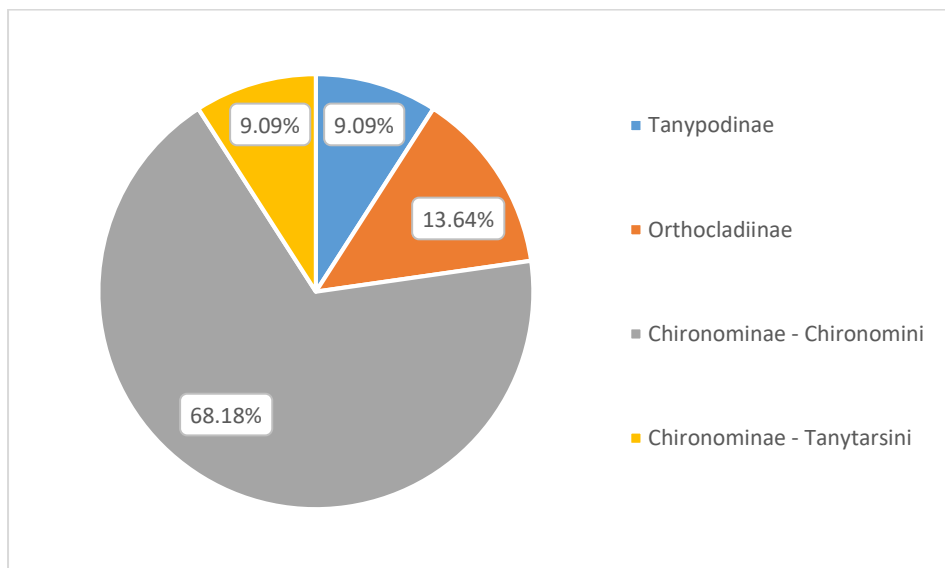
Svojte pronađene na lokalitetu Jošava-2, a nisu prisutne na lokalitetu Jošava-1 su: *Ablabesmia longistyla*, *Procladius sp.*, *Chironomus plumosus agg.*, *Endochironomus albipennis*, *Endochironomus tendens* (gdje su sve svojte zastupljene sa 0,1 %, odnosno pronađena je po 1 jedinka navedenih svojti), *Glyptotendipes barbipes*, *Parachironomus biannulatus* (27 jedinki – 2,68 %) i *Tanytarsus sp.* Na lokalitetu Jošava-1 pronađena je vrsta *Endochironomus lepidus*, dok na lokalitetu Jošava-2 ta vrsta nije uočena (Tablica 7, Slika 20).



Slika 20. Udio eudominantnih i dominantnih svojti u zajednici trzalaca na lokalitetu Jošava-2.



Na lokalitetima akumulacije „Jošava“, najviše je zastupljena potporodica Chironominae, pleme Chironomini sa 68,18 %. Zatim slijedi potporodica Orthoclaadiinae s oko 14 %, dok su potporodica Tanypodinae i pleme Tanytarsini podjednako zastupljeni u nešto manjem postotku (Slika 21).



Slika 21. Udio potporodica i plemena trzalaca uzorkovanih 2016. godine u akumulaciji „Jošava“.

Tablica 7. Taksonomska raznolikost zajednice ličinki trzalaca u akumulaciji „Jošava“.

SVOJTE	J1	J2
<b>Tanypodinae</b>		
1. <i>Ablabesmia longistyla</i> (Fittkau, 1962)	0	1
2. <i>Procladius</i> sp.	0	1
<b>Orthoclaadiinae</b>		
3. <i>Cricotopus</i> ( <i>Isocladius</i> ) <i>intersectus</i> (Staeger, 1839)	83	4
4. <i>Cricotopus</i> gr. <i>sylvestris</i>	7	6
5. <i>Cricotopus</i> (I) sp.	5	7
<b>Chironominae</b>		
<b>Chironomini</b>		
6. <i>Chironomus plumosus</i> agg.	0	1
7. <i>Chironomus</i> spp. (Meigen)	37	34
8. <i>Cladopelma</i> gr. <i>viridulum</i>	116	24
9. <i>Cryptochironomus obreptans/supplicans</i>	11	1
10. <i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger, 1839)	20	127
11. <i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)	0	1
12. <i>Endochironomus lepidus</i> (Meigen, 1830)	1	0
13. <i>Endochironomus tendens</i> (Fabricius, 1775)	0	1
14. <i>Glyptotendipes barbipes</i> (Staeger, 1839)	0	104
15. <i>Glyptotendipes pallens</i> agg.	863	493
16. <i>Microchironomus tener</i> (Kieffer, 1918)	5	4
17. <i>Parachironomus biannulatus</i> (Staeger, 1893)	0	27
18. <i>Parachironomus gracilior</i> ( <i>P.</i> gr. <i>arcuatus</i> )	220	111
19. <i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	4	17
20. <i>Polypedilum sordens</i> (van der Wulp, 1874)	34	34
<b>Tanytarsini</b>		
21. <i>Cladotanytarsus</i> sp.	13	7
22. <i>Tanytarsus</i> sp.	0	1

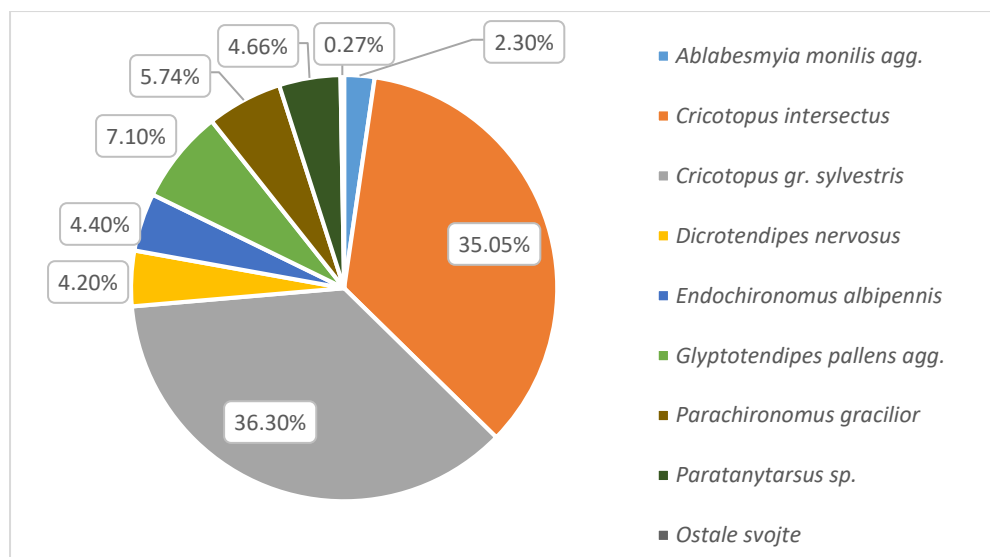
### 3.5. Kvalitativni i kvantitativni sastav zajednice ličinki kukaca porodice Chironomidae (trzalci) u akumulaciji „Pakra“

Ukupan broj pronađenih ličinki trzalaca na lokalitetima akumulacije „Pakra“ na oba lokaliteta je 18 836, a utvrđene su 22 svojte. Na lokalitetu Pakra-1 pronađeno je 13 svojti (11 190 jedinki), a na lokalitetu Pakra-2 pronađeno je 17 različitih svojti (5904 jedinki) (Tablica 8). Na lokalitetu Pakra-1 dominiraju pripadnici potporodice Orthoclaadiinae – *Cricotopus intersectus* i *Cricotopus* gr. *sylvestris* (Slika 22). Lokalitet Pakra-2

karakteriziraju vrste iz potporodice Chironominae poput *Cladotanytarsus* sp. te *Fleuria lacustris* (Slika 23) koja uopće nije prisutna na lokalitetu Pakra-1.

U svih 10 uzoraka na lokalitetu Pakre-1 prisutni su *Cricotopus intersectus* i *Cricotopus* gr. *sylvestris* (iznimka dubina 1, poduzorak 1) i to u vrlo velikom broju. Njihov najznačajniji broj uočen je na dubini 1 u poduzorku 2 gdje je pronađeno 2166 jedinki *C. intersectus* i 1675 jedinki *C. gr. sylvestris* te na dubini 2 u poduzorku 3 determinirane su 1353 jedinke *C. intersectus* i 1160 jedinki *C. gr. sylvestris*. Ukupno je pronađeno 3922 jedinke *C. intersectus* odnosno 35,05 % i 4062 jedinke *C. gr. sylvestris* odnosno 36,30 % koje pripadaju eudominantnim svojstama ove akumulacije. *Paratanytarsus* sp. pronađen je u svakom poduzorku na svakoj dubini (ukupno 521 jedinka – 4,66 %), dok su vrste *Dicrotendipes nervosus* (470 jedinki – 4,20 %), *Endochironomus albipennis* (492 jedinki – 4,40 %), *Glyptotendipes pallens* agg. (794 jedinke – 7,10 %) i *Parachironomus gracilior* (642 jedinke – 5,74 %) pronađeni u 9 od ukupno 10 poduzoraka.

Na grafu (Slika 22) u „Ostale svojte“ ubrojene su jedinke čija je zastupljenost manja od 1 %, a to su *Procladius choreus*, *Psectrocladius* gr. *sordidellus/limbatellus*, *Glyptotendipes barbipes*, *Cladotanytarsus* sp. i *Cladopelma* gr. *virudulum*. Osim *P. choreus*, drugi predstavnik potporodice Tanypodinae pronađen u 8 od 10 uzoraka na lokalitetu Pakra-1 bila je vrsta *Ablabesmyia monilis* agg. zastupljena sa 2,30 % (257 jedinki) (Tablica 8).



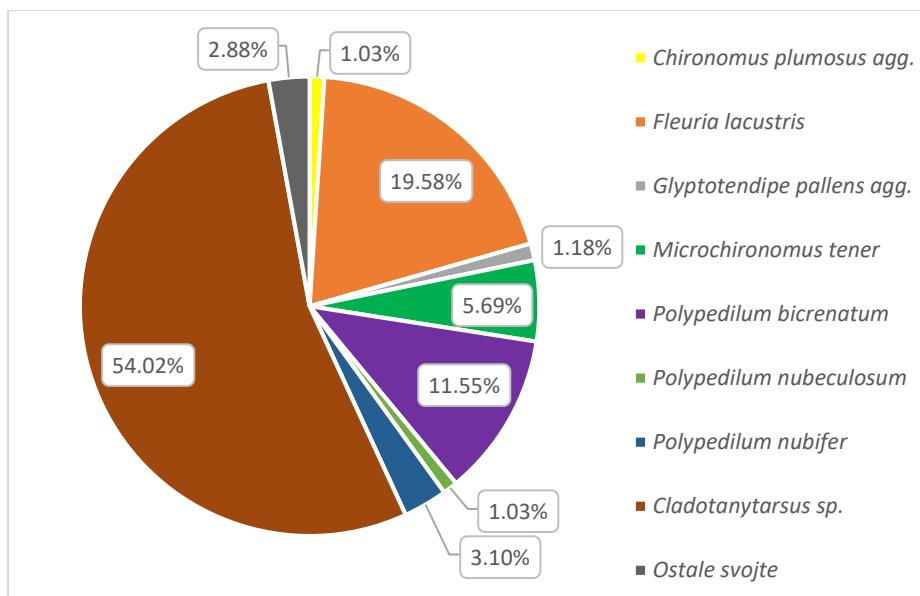
Slika 22. Udio eudominantnih i dominantnih svojti u zajednici trzalaca na lokalitetu Pakra-1.

Eudominantne i dominantne vrste prisutne na svakoj dubini u svakom poduzorku na lokalitetu Pakra-2 su *Cladotanytarus* sp. zastupljeni s 54,02 % (3190 jedinki), *Fleuria lacustris* sa+ 19,58 % (1156 jedinki) i *Microchironomus tener* s 5,69 % (336 jedinki) (Slika 23). Za razliku od lokaliteta Pakra-1, vrste roda *Polypedilum* pronađene su u većini poduzoraka (*P. bicrenatum* – 682 jedinke, *P. nubeculosum* – 61 jedinka, *P. nubifer* – 183 jedinke) što *P. bicrenatum* čini jednom od eudominantnih vrsta ovog područja. Svojta *Glyptotendipes pallens* agg. isto je pronađena na lokalitetu Pakra-2 sa zastupljenih 1,18 % (66 jedinki), ali u manjem udjelu od prvog lokaliteta akumulacije „Pakra“.

Svojta *Paratanytarus* sp. dosta značajan za lokalitet Pakra-1, nije pronađen niti u jednom uzorku na lokalitetu Pakra-2, kao i *Ablabesmiya monilis* agg., a samo jedna jedinka *Parachironomus gracilior* je pronađena na dubini 1. Također, vrste roda *Cricotopus* na lokalitetu Pakra-2 pronađeni su u vrlo malom broju *C. intersectus* (7 jedinki), *C. gr. sylvestris* (15 jedinki) i *Cricotopus* (I.) sp. (3 jedinke). Pronađeno je nešto više jedinki vrste *Procladius choreus* (36 jedinki – 0,61 %), 16 jedinki *Chironomus* spp. (0,27 %) i 4 jedinke *Cryptochironomus obreptans/supplicans* (0,068 %). Vrste poput *Dicrotendipes nervosus* i *Endochironomus albipennis* koje su na lokalitetu Pakra-1 među zastupljenijim vrstama, na lokalitetu Pakra-2 zastupljene u u vrlo malom broju: *D. nervosus* (54 jedinke – 0,91 %) i *E. albipennis* (34 jedinke – 0,58 %) (Tablica 8, Slika 23).

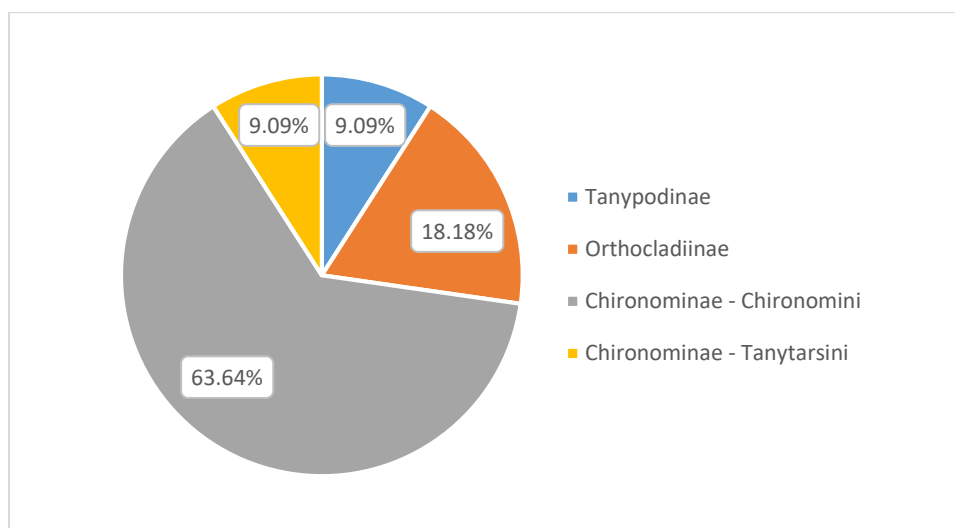
Osim *F. lacustris* i *Microchironomus tener*, niti jedna vrsta roda *Polypedilum* nije pronađena na lokalitetu Pakra-1, dok su na lokalitetu Pakra-2 pronađene tri vrste *Polypedilum bicrenatum*, *P. nubeculosum* i *P. nubifer*. Također, na lokalitetu Pakra-2 pronađene su *Chironomus plumosus* agg. (61 jedinka – 1,03 %), *Chironomus* sp., *Cryptochironomus obreptans/supplicans* i *Cricotopus* (I.) sp. koje nisu uočene na lokalitetu Pakra-1. Na lokalitetu Pakra-2, osim već spomenutih *A. monilis* agg. i *Paratanytarus* sp., nisu pronađene ni *Psectrocladius* gr. *sordidellus/limbatellus*, *Cladopelma* gr. *viridulum* i *Glyptotendipes barbipes* koje su uočene na lokalitetu Pakra-1.

Na grafu (Slika 23) u „Ostale svojte“ ubrojene su navedene jedinke čija je zastupljenost manja od 1 %.



Slika 23. Udio eudominantnih i dominantnih svojti u zajednici trzalaca na lokalitetu Pakra-2.

Na lokalitetima akumulacije „Pakra“ najviše je zastupljena potporodica Chironominae, pleme Chironomini sa 63,64 %. Zatim slijedi potporodica Orthoclaadiinae s oko 18 %, dok su pleme Tanytarsini i potporodica Tanypodinae podjednako zastupljeni u nešto manjem postotku (Slika 24).



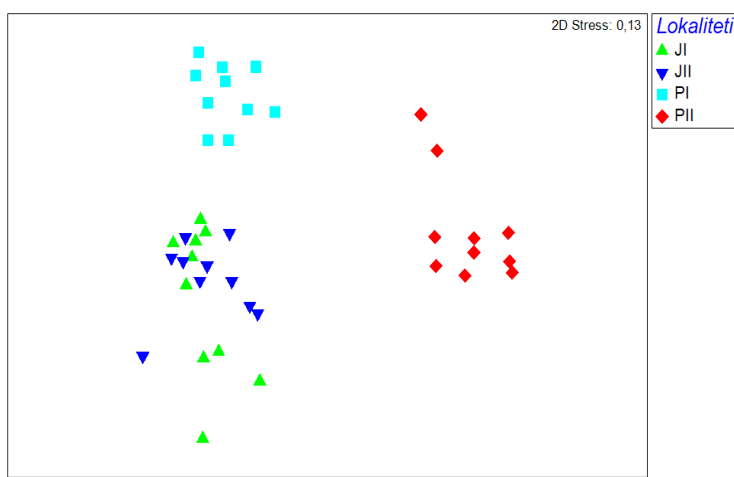
Slika 24. Udio potporodica i plemena trzalaca uzorkovanih 2016. godine u akumulaciji „Pakra“.

Tablica 8. Taksonomska raznolikost zajednice ličinki trzalaca u akumulaciji „Pakra“.

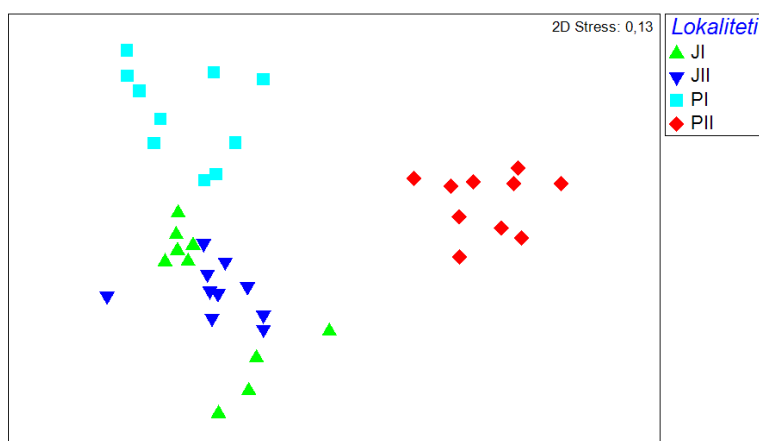
SVOJTE	P1	P2
<b>Tanypodinae</b>		
1. <i>Ablabesmyia monilis</i> agg.	257	0
2. <i>Procladius choreus</i> (Meigen)	1	36
<b>Orthoclaadiinae</b>		
3. <i>Cricotopus (Isocladius) intersectus</i> (Staeger, 1839)	3922	7
4. <i>Cricotopus (Isocladius) gr. sylvestris</i>	4062	15
5. <i>Cricotopus</i> (I) sp.	0	3
6. <i>Psectrocladius gr. sordidellus/ limbatellus</i>	2	0
<b>Chironominae</b>		
<b>Chironomini</b>		
7. <i>Chironomus plumosus</i> agg.	0	61
8. <i>Chironomus</i> spp.	0	15
9. <i>Cladopelma gr. viridulum</i>	1	0
10. <i>Cryptochironomus obreptans/supplicans</i>	0	4
11. <i>Dicotendipes nervosus</i> (Staeger, 1839)	470	54
12. <i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)	492	34
13. <i>Fleuria lacustris</i> (Kieffer, 1924)	0	1156
14. <i>Glyptotendipes barbipes</i> (Staeger, 1839)	22	0
15. <i>Glyptotendipes pallens</i> agg.	794	66
16. <i>Microchironomus tener</i> (Kieffer, 1918)	0	336
17. <i>Parachironomus gracilior</i> (P. gr. <i>arcuatus</i> )	642	1
18. <i>Polypedilum bicrenatum</i> (Kieffer, 1921)	0	682
19. <i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)	0	61
20. <i>Polypedilum nubifer</i> (Skuse, 1889)	0	183
<b>Tanytarsini</b>		
21. <i>Cladotanytarsus</i> sp.	4	3190
22. <i>Paratanytarsus</i> sp.	521	0

### 3.6. Statistička analiza zajednica

Analiza nemetričkog višedimenzionalnog grupiranja (NMDS, engl. *non-metric multidimensional scaling*) provedena je na temelju brojnosti svojiti predstavnika makrozoobentosa (Bray-Curtis matrica sličnosti;  $\sqrt{}$  transformacija) (Slika 25) i na temelju brojnosti ličinki trzalaca (Bray-Curtis matrica sličnosti,  $\sqrt{}$  transformacija) (Slika 26) te ukazuju na razlike u strukturi zajednica između istraživanih akumulacija na lokalitetima uzorkovanja. Razlika je više izražena između lokaliteta u akumulaciji „Pakra“ za obje zajednice.



Slika 25. Prostorna varijabilnost zajednice makrozoobentosa u istraživanim akumulacijama. Graf NMDS analize na temelju brojnosti svojiti makrobekraljeznjaka (oznake predstavljaju 4 lokaliteta na kojima se uzorkovao makrozoobentos: J1 – Jošava-1, J2 – Jošava-2, P1 – Pakra-1, P2 – Pakra-2).



Slika 26. Prostorna varijabilnost zajednice ličinki porodice Chironomidae u istraživanim akumulacijama. Graf NMDS analize na temelju brojnosti svojiti trzalaca (oznake predstavljaju 4 lokaliteta na kojima se uzorkovao makrozoobentos: J1 – Jošava-1, J2 – Jošava-2, P1 – Pakra-1, P2 – Pakra-2).

ANOSIM analiza je potvrdila da postoji statistički značajna razlika između lokaliteta s obzirom na brojnost svojiti makrozoobentosa (ukupni  $R = 0,83$ ;  $p < 0,001$ ) te s obzirom na svojite trzalaca (ukupni  $R = 0,769$ ;  $p < 0,001$ ).

Utvrđene su statistički značajne razlike između svih lokaliteta analizom zajednice makrozoobentosa ( $p < 0,005$ ): J1 i J2 -  $R = 0,203$ ; J1 i P1 -  $R = 0,819$ ; J1 i P2 -  $R = 0,998$ ; J2 i P1 -  $R = 0,936$ ; J2 i P2 -  $R = 0,996$ ; P1 i P2 -  $R = 0,982$ .

Utvrđene su statistički značajne razlike između svih lokaliteta analizom zajednice trzalaca ( $p < 0,005$ ): J1 i J2 -  $R = 0,16$ ; J1 i P1 -  $R = 0,578$ ; J1 i P2 -  $R = 0,994$ ; J2 i P1 -  $R = 0,768$ ; J2 i P2 -  $R = 0,996$ ; P1 i P2 -  $R = 0,992$ .



### 3.7. Ocjena ekološkog stanja i potencijala vode

Ocjena ekološkog potencijala temeljem makrozoobentosa za lokalitet Jošava-1 je **umjeren** (OEK = 0,43), za lokalitet Jošava-2 je **dobar i bolji** (OEK = 0,63), za lokalitet Pakra-1 je **dobar i bolji** (OEK = 0,62) i za lokalitet Pakra-2 je **umjeren** (OEK = 0,4).

Ocjena ekološkog stanja na temelju makrozoobentosa i modula opće degradacije (OD) za lokalitete Jošava-1 i Jošava-2 je **loše** (J1 – OEK = 0,26; J2 – OEK = 0,31), a za lokalitete Pakra-1 i Pakra-2 je **vrlo loše** (P1 – OEK = 0,19; P2 – OEK = 0,14).

Rezultati dobiveni prilikom obrade podataka makrofita uzorkovanih tijekom istih terenskih istraživanja ukazuju sličnu situaciju (Mihaljević, 2018):

Ocjena ekološkog potencijala temeljem makrofita za akumulaciju „Jošava“ je **vrlo loš** (OEK = 0), a za akumulaciju „Pakra“ je **umjeren** (OEK = 0,45).

Ocjena ekološkog stanja na temelju makrofita i modula opće degradacije (OD) za akumulaciju „Jošava“ je **vrlo loše** (OEK = 0,00) i za akumulaciju „Pakra“ je **loše** (OEK = 0,34).

## 4. RASPRAVA

Akumulacije „Jošava“ i „Pakra“ zbog svojih sličnih karakteristika predstavljaju dobra područja za uspoređivanje dobivenih rezultata. Radi se o umjetnim vodenim tijelima koja se nalaze na nizinskom području, tj. području Panonske ekoregije. U obje akumulacije jedan od dva istraživana lokaliteta ima prirodnu, a drugi umjetnu podlogu. Unatoč tome, ova vodena tijela imaju i različite karakteristike u smislu srednje i maksimalne dubine, volumena ili primjerice sedimenta. Osim toga, istraživanja ovih akumulacija mogu biti od posebnog značaja zbog blizine poljoprivrednih površina i njihovog utjecaja na zajednice vodenih organizama i kvalitetu vode.

Akumulacija „Jošava“ pripada nizinskim malim i vrlo plitkim akumulacijama u miješanoj silikatno karbonatnoj podlozi, dok akumulacija „Pakra“ pripada nizinski srednje velikoj i vrlo plitkoj akumulaciji u silikatnoj podlozi (Mihaljević, 2018).

Vrijednosti  $\text{NH}_3$  i  $\text{NO}_3^-$  su veće u akumulaciji „Jošava“ za razliku od vrijednosti  $\text{NO}_2^-$  i ukupnog dušika, no količina pronađenog ukupnog fosfora je puno veća u akumulaciji „Pakra“ (Slika 16).  $\text{NH}_3$  u velikim koncentracijama može biti toksičan za pojedine beskralježnjake (Hickey i Vickers, 1994). Blizina poljoprivredno obradivih površina može objasniti ovaj porast različitih oblika dušika i fosfora u obje akumulacije. Za akumulaciju „Pakra“ površina s intenzivnom poljoprivredom iznosila je 23.26 %, a ekstenzivnom 16.17 %, dok je za akumulaciju „Jošava“ površina s intenzivnom poljoprivredom iznosila 86,46 %, a s ekstenzivnom 2,31 %. Otprilike posljednjih 100 godina povećava se antropogeni utjecaj na slatkovodne ekosustave što rezultira prekomjernim opterećenjem nutrijentima. Sredinom 19. stoljeća sve se više počinju koristiti gnojiva, posebno na bazi fosfora (Ryan i sur., 2012). U slatkovodnim ekosustavima fosfati i nitrati su primarni nutrijenti ključni za autotrofnu produkciju. Povećanjem koncentracija tih nutrijenata dolazi do povećane primarne produkcije, odnosno fosfor, kao i dušik, potiču rast suspendiranih algi pri čemu kroz vrijeme zbog njihovog prekomjernog razvoja može doći do odumiranja biljaka i drugih organizama (Moss, 1998). Stoga, velike koncentracije nutrijenata, koji dospijevaju na razne načine do slatkovodnih ekosustava, mogu predstavljati veliki rizik za taj ekosustava (Ryan i sur., 2012).

S obzirom na to da je Chl-a pokazatelj primarne produkcije, za vrijeme razvoja fitoplanktona u vodenim ekosustavima dolazi do smanjenja koncentracije ortofosfata. I tijekom ovog istraživanja utvrđeno je da su vrijednosti ova dva parametra obrnuto

proporcionalne. Sve izmjerene vrijednosti Chl-a za akumulaciju „Jošava“ su iznad 30 µg/L (maksimalna izmjerena vrijednost iznosila je 111,6 µg/L u rujnu) ukazuju na eutrofno stanje ove akumulacije. Prema Stević (2001), najveća koncentracija Chl-a u jezeru Jošava također je izmjerena u rujnu te je iznosila 86,19 µg/L. Radi se o nešto manjoj vrijednosti, no i ona već 2001. godine ukazuje na eutrofno stanje jezera. Prema najnovijem istraživanju (Nikolašević, 2018), najniža utvrđena vrijednost koncentracije Chl-a za jezero Jošava izmjerena na 4 različite lokacije tijekom ožujka i travnja 2018. godine iznosila je 37,89 µg/L. Najveća izmjerena koncentracija Chl-a iznosila je 152,72 µg/L ukazujući na hipertrofno stanje u travnju 2018. godine (OECD, 1982). Razlika u koncentraciji Chl-a tijekom godina može biti posljedica različitog sastava fitoplanktona (Felip i Catalan, 2000), a time i zbog hranidbenog pritiska zooplanktona čija prisutnost, odnosno odsutnost, ovisi o predatorima, tj. ribama, te sezonskim promjenama životnih ciklusa (Muylaert i sur., 2005). Povećane koncentracije nutrijenata koje su dospjele u vodeno tijelo, zbog blizine poljoprivrednih površina, utjecale su na primarnu produkciju, tj. na sve veći razvoj fitoplanktona te time i na povećanje vrijednosti Chl-a iz godine u godinu. Osim što Chl-a ukazuje na visok stupanj trofije, vrijednosti TP vidljivo pokazuju isto (OECD, 1982). Akumulacija „Pakra“ sa izrazito manjim vrijednostima klorofila koje su iznosile u većini mjeseci do 8 µg/L ukazuju na mezotrofno stanje (OECD, 1982). Iznimka su lipanj (12, 85 µg/L) i kolovoz 2016. godine (49,9 µg/L) gdje navedene vrijednosti označavaju eutrofno stanje akumulacije „Pakra“ tijekom tih mjeseci stoga je ekološki potencijal umjeren (Mihaljević, 2018).

Bakar pripada teškim metalima i iako je neophodan za ljudsko zdravlje, može biti vrlo otrovan (Fu i Wang, 2011). Visoke vrijednosti bakra se mogu objasniti zbog korištenja bakra kao jednog od mogućih sastojaka pojedinih insekticida i fungicida koji su se mogli koristiti za tretiranje poljoprivrednih površina u blizini te tako dospjeti do vodenih ekosustava. Neki od primjera fungicida na bazi bakra su CHAMPION (WG 50, FLOW SC), CUPRABLAU-Z, NORDOX 75 WG, KUPROPIN, MODRA GALICA, BORDOŠKA JUHA (20 WP – MANICA, CAPPARO 20 WP) i drugi (Eko Liburnia, 2016). Jedan od poznatijih insekticida je MODRO ULJE s parafinskim uljem i bakrovim oksidom kao glavnim djelatnim tvarima (Eko Liburnia, 2016). Maksimalno dozvoljena koncentracija bakra u vodi za piće prema Svjetskoj zdravstvenoj organizaciji (WHO, engl. *World Health Organization*) iznosi 2 mg/L, a prema Direktivi Europske komisije o vodi za piće (EU, engl. *European Commission, drinking water directive*) iznosi 0,1 – 3 mg/L (Đukić, 2015). Karakterizira ga visoka topivost u vodi te nakon ulaska u hranidbeni lanac, akumulacijom u

velikim koncentracijama u ljudskom tijelu može uzrokovati razne zdravstvene probleme (Kurniawan i sur., 2006). Prema ekotoksikološkom stajalištu, izloženost većim koncentracijama arsena veća je prijetnja za ljudsko zdravlje od izloženosti bakru (Baysal i sur., 2013). Dozvoljena koncentracija arsena prema WHO i EU iznosi 0,01 mg/L (Đukić, 2015).

Razloga za mutnoću, koja je povezana s prisutnošću suspendiranih tvari, je mnogo, počevši od vanjskih klimatskih utjecaja poput velike količine padalina do neodgovornog ponašanja čovjeka kao što je ispuštanje otpadnih voda u blizini izvora (Web 6). U ovom slučaju, prisutnost poljoprivrednih zemljišta u blizini jezera također može doprinijeti zamućenosti vode, odnosno povećanju nivoa taloga koji će u vodena tijela otići tijekom vremenskih nepogoda. Vrlo mala prozirnost u akumulaciji „Jošava“ utjecala je na to da makrofiti nisu uopće razvijeni stoga je ekološki potencijal s obzirom na makrofite vrlo loš, dok je u akumulaciji „Pakra“ umjeren s obzirom na pronađenu makrofitsku vegetaciju (Mihaljević, 2018). Ukupna ocjena ekološkog stanja na temelju makrofita i modula opće degradacije za oba lokaliteta „Jošave“ je vrlo loše, a za oba lokaliteta „Pakre“ je loše (Mihaljević, 2018).

Proučavanje strukturalnih zajednica makrozoobentosa može ukazati na hidromorfološke promjene ekosustava (Poikane i sur., 2016) te ih u stajaćim vodama s velikom produkcijom većinom čine Oligochaeta i Chironomidae (van der Berg, 1999; Mackie, 2001). Obje skupine su pronađene na oba lokaliteta proučavanih akumulacija. Ukupna ocjena ekološkog stanja na temelju makrozoobentosa i modula opće degradacije za oba lokaliteta Jošave je loše, a za oba lokaliteta Pakre vrlo loše (Mihaljević, 2018). Ukupna ocjena ekološkog potencijala na temelju makrozoobentosa za lokalitete Jošava-1 i Pakra-2 je umjeren, a za lokalitete Pakra-1 i Jošava-2 je dobar i bolji (Mihaljević, 2018).

Uočen je mulj na lokalitetima Jošave što bi se moglo povezati s manje raznolikim sastavom makrozoobentosa, a time i ličinki trzalaca, kao i njihovim manjim kvantitativnim sastavom za razliku od akumulacije „Pakra“.

Trzalci (Chironomidae) su jedna od najdominantnijih skupina u slatkovodnim ekosustavima (Cranston, 1995; Moog, 2002; Milošević i sur., 2014) te su i u ovim akumulacijama pronađene u najvećem broju, u odnosu na ostale skupine makrozoobentosa. U ovom istraživanju ukupno je identificirano 13 svojti i 16 vrsta koje svrstavamo u 3 potporodice i 2 plemena: Chironominae (Chironomini i Tanytarsini), Orthocladiinae i

Tanypodinae. Vrlo vjerojatno povoljna temperatura u sezoni, količina organske tvari odnosno dostupnost hranjivih tvari, kao i dovoljna koncentracija kisika kao najbitniji parametri, uz manji broj predatora, utjecali su na razvijanje ličinki ovih kukaca, kao i na održavanje njihove stabilne zajednice (Moller Pillot, 2009; Moller Pillot, 2013). Predatori poput riba utječu na sastav i brojnost zajednice Chironomidae, ali i Odonata i Heteroptera mogu regulirati brojnost ličinki, možda čak i bolje od samih riba (Prejs i sur., 1997). U akumulaciji „Pakra“, na oba lokaliteta, posebno na lokalitetu Pakra-2, je pronađen velik broj jedinki Heteroptera. Osim navedenog, jedan od glavnih razloga velike brojnosti i raznolikosti zajednice Chironomidae je njihov različit način ishrane i mogućnost prilagodbe ishrane s obzirom na uvjete ekosustava (Armitage i sur., 1995; Nilsson, 1997). Neke vrste konzumiraju značajne količine svježih makrofita, dok se druge jedinke hrane raspadajućim biljkama odnosno nekakvim detritusom. Osim dostupnosti hrane, mnogi beskralježnjaci borave u naseljima biljaka radi zaklona od predatora (Kornijow i sur., 1995).

Na lokalitetima akumulacije „Jošava“ dominirali su *Glyptotendipes pallens* agg. i *Parachironomus gracilior* (*Parachironomus* gr. *arcuatus*) na lokalitetu Jošava-1, a na lokalitetu Jošava-2 uz te dvije svojte, eudominantne vrste su još bile i *Dicrotendipes nervosus* te *Glyptotendipes barbipes*. Veća raznolikost svojti uočena je na lokalitetu Jošava-2, iako je broj izoliranih jedinki bio manji, što ukazuje na bolje životne uvjete za organizme. Svojta *G. pallens* agg. može živjeti u manjim i većim vodenim tijelima bogatim kisikom, a ako je voda zagađena, veća je vjerojatnost veće abundancije vrste *G. barbipes* (Moller Pillot, 2009). Jedinke izbjegavaju anaerobni mulj i glinu što opravdava činjenicu da je većina jedinki ove svojte pronađena upravo na dubini 1 (0.25 m). Vrsta *P. gracilior* se češće može pronaći na biljnim i čvrstim supstratima, nego na glinenom i muljevitom dnu (Mackey, 1976; Moller Pillot, 2009). Na manjim dubinama navedena svojta pronađena je u većem broju za razliku od dubine 4 (1 m) gdje uopće nije pronađena ili je uočena u vrlo malom broju.

U akumulaciji „Pakra“ dominirale su svojte iz potporodice Orthoclaadiinae (*C. intersectus* i *C. gr. sylvestris*) te vrste iz potporodice Chironominae (*Fleuria lacustris* i *Cladotanytarsus* sp.). Na lokalitetu Pakra-1 gdje su dominirale vrste roda *Cricotopus* pronađene su makrofite, a za ličinke tih vrsta poznato je da žive na mikrostaništima bogatim makrofitama, posebice svojta *C. gr. sylvestris* koja je karakteristična za eutrofna jezera (Darby, 1962; Menzie, 1981; Armitage i sur., 1995; Čerba i sur., 2010; Moller Pillot, 2013). Makrofite predstavljaju izrazito važno stanište za raznoliku faunu beskralježnjaka stvarajući povoljne uvjete za život u vodenom ekosustavu (Bogut i sur., 2010), stoga kvantitativni

sastav ličinki trzalaca akumulacije „Pakra“, posebice lokalitet Pakra-1 za razliku od oba lokaliteta „Jošave“, može se objasniti prisutnošću makrofita. Odnosno, na lokalitetima „Jošave“ nije uočena velika abundancija vrsta roda *Cricotopus* što se može povezati s nedostatkom makrofita ili mogućom kompeticijom za hranu i/ili prostor (Armitage i sur., 1995; Čerba i sur., 2011).

Osim toga, *C. intersectus*, kao i *C. sylvestris* smatraju se stanovnicima velikih stajaćih voda te ih najčešće pronalazimo u vodi čiji pH iznosi više od 7,5 i 8 što odgovara izmjerenoj vrijednosti ove akumulacije. Vrijednosti pH su vrlo često u korelaciji s količinom organske i anorganske tvari kao potencijalnih izvora hrane. Odnosno, nakupljanje amonijaka i time promjena pH u lužinu čini primjerice detritus za neke jedinke manje pogodnim za hranjenje, a time i za naseljavanje takvog mikrostaništa (Moller Pillot, 2013). Također, ranija istraživanja upućuju na to da su brojniji u plićim dijelovima vodenih tijela (Moller Pillot, 2013) te iz dobivenih podataka uočavamo da je njihov najveći broj uzorkovan na dubini 1 (0.25 m) i dubini 2 (0.5 m). Na preostale dvije dubine (0.75 m i 1 m) jedinke su pronađene, ali u puno manjem broju. Tijekom ljeta, populacija *C. sylvestris* može jako narasti u vrlo kratkom periodu ako je prisutna hrana u vrlo velikim količinama. To se događa na područjima na kojima nema pretjeranih valova ili brzih struja (Moller Pillot, 2013). Svoje iz potporodice Orthocladiinae ujedno dominiraju u akumulaciji „Pakra“ gdje je izmjerena velika koncentracija otopljenog arsena i bakra. Poznato je da su neke vrste iz ove potporodice otpornije na teške metale za razliku od vrsta iz potporodice Chironominae (Moller Pillot, 2013).

Na lokalitetu Pakra-2, dominacija vrste *Fleuria lacustris* uz *Cladotanytarsus* sp. je očekivana radi uočene veće količine mulja. Prema Moller Pillot (2009), vidljivo je da se ličinke *F. lacustris* većinom nalaze u organskom mulju stajaćica te u vodi čiji je pH veći od 7.5. *Cladotanytarsus* sp. je najbrojnija svojta pronađena na lokalitetu Pakre-2, a navedeni rod ima širok raspon staništa. Prilagođen je životu u većim rijekama, jezerima, brakičnim vodama, potocima, čak i izvorima vruće vode (Wiederholm, 1983). Zbog toga, samo na osnovi brojnosti na razini roda, nije moguće donijeti točan zaključak o stanju ovog ekološkog sustava.

Većina pronađenih vrsta/svojti trzalaca u obje akumulacije ukazuje na to da su ova vodena tijela prema stupnju trofije eutrofna. Vrste roda *Cricotopus*, kao i vrste roda *Glyptotendipes* karakteristične su za eutrofne i hipertrofne vodene ekosustave (Brodersen i

sur., 2001; Čerba i sur., 2011; Moller Pillot, 2013), a *Fleuria lacustris* i *Cladotanytarsus* sp. za eutrofne vode (Moller Pillot, 2009). Vrsta poput *Dicrotendipes nervosus*, eudominantna na jednom lokalitetu Jošave, može se naći i u mezotrofnim i eutrofnim vodama (Moller Pillot, 2009).

## 5. ZAKLJUČAK

Makrozoobentos i ličinke trzalaca važni su bioindikatori kakvoće vode. S obzirom na rezultate izmjerenih okolišnih parametara vode te dobivene ocjene ekoloških stanja temeljem sastava makrozoobentosa, utvrđen je antropogeni utjecaj na zajednice obje akumulacije. Ukupna ocjena ekološkog stanja na temelju makrozoobentosa i modula opće degradacije za oba lokaliteta Jošave je loše, a za oba lokaliteta Pakre vrlo loše. Ukupna ocjena ekološkog potencijala na temelju makrozoobentosa za lokalitete Jošava-1 i Pakra-2 je umjeren, a za lokalitete Pakra-1 i Jošava-2 je dobar i bolji. Blizina poljoprivrednih površina predstavlja potencijalnu opasnost da veće količine nutrijenata te metali kao što je bakar, dospiju do ovih vodenih tijela i na taj način predstavljaju veliki rizik za te ekosustave.

Na lokalitetima akumulacija „Jošava“ i „Pakra“ utvrđena je dominantnost zajednica ličinki porodice Chironomidae (trzalci). Ukupno je zabilježeno 13 svojti i 16 vrsta ličinki trzalaca koje pripadaju u 3 potporodice. *Cladotanytarsus* sp., *Cricotopus intersectus*, *C. gr. sylvestris*, *Dicrotendipes nervosus*, *Fleuria lacustris*, *Glyptotendipes barbipes*, *Glyptotendipes pallens* agg., *Parachironomus gracilior* i *Polypedilum bicrenatum* su bile dominantne svojte, različite zastupljenosti na pojedinom lokalitetu. Pronađene svojte trzalaca u obje akumulacije ukazuju na to da su prema stupnju trofije ova vodena tijela eutrofna, ali postoje razlike u mikrostaništima koje jedinke ovih svojti preferiraju.



## 6. LITERATURA

- Anderson, N.H. i Sedell, J.R. (1979) Detritus processing by macroinvertebrates in stream ecosystems. *Annual review of Entomology* 24.1: 351-377.
- Andersen, T., Baranov, V., Hagenlund L.K., Ivković, M., Kvifte, G.M., Pavlek, M. (2016) Blind Flight? A New Troglobiotic Orthoclad (Diptera, Chironomidae) from the Lukina Jama–Trojama Cave in Croatia. *PloS one* 11.4.
- Anonymus (2016) Metodologija uzorkovanja, laboratorijskih analiza i određivanje omjera ekološke kakvoće bioloških elemenata kakvoće. 1 – 249 str.
- Armitage, P.D., Cranston, P.S., Pinder, L.C.V. (1995) *The Chironomidae: Biology and Ecology of Non-biting Midges*. London: Chapman & Hall, Print 14: 152-158 pp.
- Armitage, P.D., Pinder, L.C., Cranston, P. (1995) *The Chironomidae: biology and ecology of non-biting midges*. Springer Science & Business Media, 570 pp.
- Baysal, A., Ozbek, N., Akman, S., (2013) Determination of Trace Metal sin Waste Water and Their Removal Process, *Waste Water-Treatment Technologies and Recent Analytical Developments*. Fernando Sebastian García Einschlag and Luciano Carlos 7: 146- 171.
- Beveridge, M.C.M., Ross, L.G., Kelly, L.A. (1994) Aquaculture and biodiversity. *Ambio* 23: 497–502.
- Bitušik, P. i Hamerlik, L. (2014) Príručka na určovanie lariev pakomárov (Diptera: Chironomidae) Slovenska. Časť 2. Tanypodinae. (Identification key for Chironomidae of Slovakia. Part 2. Tanypodinae). Belianum, Vydavateľstvo Univerzity Matej Bela v Banskej Bystrici.
- Bogut, I., Čerba, D., Vidaković, J., Gvozdić, V. (2010) Interactions of weed-bed invertebrates and *Ceratophyllum demersum* stands in a floodplain lake. *Biologija* 65/1: 113-121.
- Brodersen, K.P., Odgaard, B., Vestergaard, O., Anderson, N.J. (2001) Chironomid stratigraphy in the shallow and eutrophic Lake Sobygaard, Denmark: Chironomid-Macrophyte cooccurrence. *Freshwater Biology* 46: 253–267.

- Brooks, S.J., Langdon, P.G., Heiri, O. (2007) The identification and use of palaeartic Chironomidae larvae in palaeoecology. QRT Technical Guide No. 10: 276 pp.
- Clarke, K.R. i Gorley, R.N., (2006) PRIMER V6: User Manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK.
- Cornette, R., Gusev, O., Nakahara, Y., Shimura, S. (2015) Chironomid midges (Diptera, Chironomidae) show extremely small genome sizes. *Zoological science* 32(3): 248-254.
- Cranston, P.S. (1982) A key to the larvae of the British Orthoclaadiinae (Chironomidae). Freshwater Biology Association Scientific Publication 45: 1-152.
- Cranston, P.S. (1995) Introduction. *U: Armitage PD, Cranston PS, Pinder LCC(eds). The Chironomidae: Biology and ecology of non-biting midges.* Chapman and Hall, London 11-31 pp.
- Čerba, D., Mihaljević, Z., Vidaković, J. (2010) Colonisation of temporary macrophyte substratum by midges (Chironomidae: Diptera). *EDP Sciences* 181 -190 str.
- Čerba, D., Mihaljević, Z., Vidaković, J. (2011) Colonisation trends, community and trophic structure of chironomid larvae (Chironomidae: Diptera) in a temporal phytoplankton assemblage. *Hydrobiologia* 179.3: 203-214.
- Danks, H. (1971) Overwintering of some north temperate and Arctic Chironomidae: II. Chironomid biology. *The Canadian Entomologist* 103: 1875-1910.
- Darby, R.E. (1962) Midges associated with California rice fields, with special reference to their ecology (Diptera: Chironomidae). *Hilgardia* 31: 1–206.
- Diehl, S. (1988) Foraging efficiency of three freshwater fishes: effects of structural complexity and light. *Oikos* 53: 207-214.
- Đukić, A. B. (2015) Adsorpcija iona teških metala iz vodenih otopina na kompozitu montmorillonit/kaolinit glina-titan(IV)oksid. Doktorski rad, Fakultet za fizikalnu kemiju, Beograd.
- Eko Liburnia. (2016) Lista sredstava prihvatljivih u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji 2016. 1- 25 str.
- Engelhardt, W. (2003) Was lebt im Tümpel, Bach und Weiher? Stuttgart, Kosmos.

- Epler, J.H. (2001) Identification manual for the larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina: A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida. Special Publication SJ2001-SP13. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District, Palatka, 526 pp.
- Ergović, V. (2016) Raznolikost trzalaca (Diptera, Chironomidae) u Republici Hrvatskoj. Diplomski rad, Odjel za biologiju - Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, 1 – 71 str.
- Felip, M., Catalan, J. (2000) The relationship between phytoplankton biovolume and chlorophyll in a deep oligotrophic lake: decoupling in their spatial and temporal maxima. *Journal of Plankton Research* 22(1): 91-106.
- Ferrington, L.C. (2008) Global diversity of non biting midges (Chironomidae; Insecta-Diptera) in freshwater. *Hydrobiologia* 595: 447-455.
- Fu, F. i Wang, Q. (2011) Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review. *Journal of Environmental Management* 92: 407-418.
- Gilinsky, E. (1984) The role of fish predation and spatial heterogeneity in determining benthic community structure. *Ecology* 65: 455-468.
- Gillis, P.L. i Wood, C.M. (2008) The effect of extreme waterborne cadmium exposure on the internal concentrations of cadmium, calcium, and sodium in *Chironomus riparius* larvae. *Ecotoxicology and environmental safety* 71.1: 56-64.
- Gregg, W.W. i Rose, F.L. (1985) Influences of aquatic macrophytes on invertebrate community structure, guild structure, and microdistribution in stream. *Hydrobiologia* 128: 45-56.
- Grimm, N.B., Faeth, S.H., Golubiewski, N.E., Redman, C.L. (2008) Global change and the ecology of cities. *Science* 319: 756.
- Grodhaus, G. (1980) A estivation chironomia larvae associated with vernal pools. *U: Murray D. (ed.) Chironomidae. Ecology, systematics, cytology and physiology. Pergamon Press, New York* 315-322 pp.
- Hanson, J. M. i Leggett, W. C. (1982) Empirical prediction of fish biomass and yield. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 39: 257-263.

- Hassell, K.L., Kefford, B.J., Nugegoda, D. (2006) Sub-lethal and chronic salinity tolerances of three freshwater insects: *Cloeon* sp. and *Centroptilum* sp.(Ephemeroptera: Baetidae) and *Chironomus* sp.(Diptera: Chironomidae). *Journal of Experimental Biology* 209.20: 4024-4032.
- Hickey, C.W. i Vickers, M.L. (1994) Toxicity of ammonia to nine native New Zealand freshwater invertebrates species. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 26: 292-298.
- Hilsenhoff, W.L. (1966) The biology of *Chironomus plumosus* (Diptera: Chironomidae) in Lake Winnebago, Wisconsin. *Annals of the Entomological Society of America* 59: 465-73.
- Hilsenhoff, W.L. (1991) Diversity and classification of insects and Collembola. Ecology and classification of North American freshwater invertebrates. Academic Press, San Diego, California, USA: 911.
- Hodkinson, I.D. i Williams, K.A. (1980) Tube formation and distribution of *Chironomus plumosus* L. (Diptera: Chironomidae) in a eutrophic woodland pond, U: Murray DA. *Chironomidae: Ecology, Systematics, Cytology and Physiology*. Pergamon Press, Oxford 331 pp.
- Hutchinson, G.E. i Loffler, H. (1956) The thermal classification of lakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 42: 84 – 86.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Pedersen, L. J. Jensen, L. (1996) Top-down control in freshwater lakes with special emphasis on the role of fish, submerged macrophytes and water depth. *Hydrobiologia* 342: 151-164.
- Jernelöv, A., Nagell, B., Svenson, A. (1981) Adaptation to an acid environment in *Chironomus riparius* (Diptera, Chironomidae) from Smoking Hills, NWT, Canada. *Ecography* 4.2: 116-119.
- Johannsen, O.A. (1969) Aquatic Diptera. Entomological Reprint Specialists, East Lansing, MI. 5 parts.
- Kerans, B.L. i Karr, J.R. (1994) A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley. *Ecological Applications* 4: 768-785.

Kerovec, M. (1986) Priručnik za upoznavanje beskralješnjaka naših potoka i rijeka. SNL 1 – 127 str.

Kerovec, M. (1988) Ekologija kopnenih voda. Mala ekološka biblioteka, Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb, 75 str.

Kerovec, M., Meštrov, M., Mrakovčić, M., Tavčar, V., Plenković, Moraj A., Hršak, V., Ternjej, I., Mihaljević, Z., Bartovsky, V. (2000) Biološko-ekološka obilježja akumulacije Ponikve na otoku Krku tijekom 1997/98. godine. Studija, Biološki odjel PMF-a, Zagreb, 47 str.

Klobučar, G. I. V. i Maguire, I. (1998) „Ključ za identifikaciju slatkovodnih beskralješnjaka“ Hrvatsko ekološko društvo, Zagreb.

Koh, M. (2016) Struktura i dinamika zajednice ličinki trzalaca (Chironomidae, Diptera) u slivu rijeke Dobre. Diplomski rad, Odjel za biologiju – Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, 1-50 str.

Kohshima, S. (1984) A novel cold-tolerant insect found in a Himalayan glacier. 225-227 pp.

Kornijow, R., Gulati, R. D., Ozimek, T. (1995) Food preferences of freshwater invertebrates: Comparing fresh and decomposed angiosperm and a filamentous alga. *Freshwater Biology* 33: 205-212.

Kresonja, M. (2018) Urbana vodena staništa, zanemareni izvori bioraznolikosti – usporedba zajednica trzalaca (Chironomidae, Diptera) u fontanama, bajerima i rijeci Dravi. Diplomski rad, Odjel za biologiju – Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, 1-74 str.

Kurniawan, T. A., Chan, G. Y. S., Lo, W. H., Babel, S. (2006) Physico-chemical treatment techniques for wastewater laden with heavy metals. *Chemical Engineering Journal* 118: 83-98.

Lackman, A.R. i Butler, M.G. (2017) Breaking the rule: Five larval instars in the podomine midge *Trichotanytus alaskensis* Brundin from Barrow, Alaska. *Journal of Limnology*, Vol.77 No 1s.

Lee, J.O., Hershey, A.E. (2000) Effects of aquatic bryophytes and long-term fertilization on arctic stream insects. *Journal of the North American Benthological Society* 19.4: 697-708.

- Lindegaard, C. (1994) The role of zoobenthos in energy flow in two shallow lakes. *Hydrobiologia* 275/276: 313-322.
- Mackie, G.L. (2001) *Applied Aquatic Ecosystem Concepts*. Kendall/ Hunt Publishing Company, 744 pp.
- Matoničkin, I., Habdija, I., Primc-Habdija, B. (1999) *Beskralješnjaci, biologija viših avertebrata*. Školska knjiga, Zagreb, ISBN 953-0-30824-8.
- Menzie, C.A. (1981) Production ecology of *Cricotopus sylvestris* (Fabricius) (Diptera: Chironomidae) in a shallow estuarine cove. *Limnology and Oceanography* 26: 467–481.
- Merritt, R. W. i Cummins, K. W. (1996) *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Third Edition, Kendall-Hunt Publishing Company, Dubuque, 862 pp.
- Mihaljević, Z., Kerovec, M., Gottstein, S., Špoljar, M., Popijač, A., Miliša, M., Gligora, M., Žganec, K., Previšić, A., Ivković, M., Sertić, M., Stanković, I., Kralj, K., Jelenčić, M., Bartovsky, V. (2011) Testiranje bioloških metoda ocjene ekološkog stanja (Okvirna direktiva i vodama, 2000/60/EC) u reprezentativnim slivovima Panonske i Dinaridske ekoregije. Elaborat, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- Mihaljević, Z. (2018) Klasifikacijski sustav ekološkog potencijala za umjetna i znatno promijenjena tijela površinskih voda – I. Dio: Stajačice Panonske ekoregije. Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1-206 str.
- Milošević, D., Stojković, M., Čerba, D., Petrović, A., Paunović, M., Simić, V. (2014) Different aggregation approaches in the chironomid community and the threshold of acceptable information loss. *Hydrobiologia*.
- Moller Pillot, H. (2009) *Chironomidae larvae, Biology and ecology of the Chironomini*. KNNV Publishing, Zeist.
- Moller Pillot, H. (2013) *Chironomidae larvae, Biology and ecology of the aquatic Orthocladiinae*. KNNV Publishing, Zeist.
- Moog, O. (2002) *Fauna Aquatica Austriaca.-Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land-und Forstwirtschaft. Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna*.
- Moss, B. (1998) *Ecology of Fresh Waters: Man and Medium, Past to Future*. 3rd edition, Blackwell Science, Oxford.

- Moss, B. (2010) *Ecology of Fresh Waters – a view for the 21th century*, 4th edition, Wiley-Blackwell Publication, 1-482 pp.
- Muylaert, K., Declerck, S., Van Wichelen, J., De Meester, L., Vyverman, W. (2005) An evaluation of the role of daphnids in controlling phytoplankton biomass in clear water versus turbid shallow lakes. *Limnologica* 36: 69-78.
- Nikolašević, R. (2018) Antropogeni utjecaji na fitoplankton jezera Jošava. Završni rad, Odjel za biologiju, Sveučilište J.J.Strossmayera u Osijeku, 1-35 str.
- Nilsson, A. (1996) *Aquatic Insects of North Europe, Volume 1*. Apollo Books, Stenstrup.
- Nilsson, A. (1997) *Aquatic Insects of North Europe, Volume 2*. Apollo Books, Stenstrup.
- Nolte, U. (1991) Seasonal dynamics of moss-dwelling chironomid communities. *Hydrobiologia*, 222: 197-211.
- Nolte, U. (1993) Egg masses of Chironomidae (Diptera). A review, including new observations and a preliminary key. *Entomologica Scandinavica Supplement* 43:5–75.
- Odum, E.P., Gary W.B. (1971) *Fundamentals of ecology. Vol. 3*. Philadelphia: Saunders.
- OECD. (1982) *Eutrophication of waters, monitoring, assessment and control*. OECD Publication, Paris, 154 pp.
- Olafsson, J.S. (1992) A comparative study on mouthpart morphology of certain larvae of Chironomini (Diptera: Chironomidae) with reference to the larval feeding habits. *Journal of Zoology, London*: 228: 183-204.
- Oliver, D.R. i Roussel, M.E. (1983) *The insects and arachnids of Canada. Part 11. The genera of larval midges of Canada, Diptera: Chironomidae*. Minister of Supply and Services.
- Poikane, S., Johnson, R.K., Sandin, L, Schartau, A. K., Solimini, A. G., Urbanič, G, i sur. (2016) Benthic macroinvertebrates in lake ecological assessment: a review of methods, intercalibration and practical recommendations. *Science of the Total Environment* 543: 123-134.
- Popijač, A. (2003) Makrozoobentos i trofička obilježja akumulacija Jezero i Ponikve na otoku Krku. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1-106 str.

- Prejs, A., Koperski, P., Prejs, K. (1997) Food-web manipulation in small, eutrophic Lake Wirbel, Poland: The effect of replacement of key predators on epiphytic fauna. *Hydrobiologia* 342–343: 377–381.
- Rašan, M. i Trojko, K. (2010) „Čovjek i okoliš“, Ćorić S. (ur.). *Biologija*, udžbenik iz biologije za srednju ekonomsku školu, Školska knjiga, Zagreb, 182 – 185 str.
- Rosenberg, D. M. i Resh, H. V. (1993) *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Chapman & Hall, New York 488 pp.
- Ryan, J., Ibrikci, H., Delgado, A., Torrent, J., Sommer, R., Rashid, A., (2012) Significance of phosphorus for agriculture and the environment in the West Asia and North Africa Region, *Advances in Agronomy*. Vol.114, Elsevier Incorporated.
- Sæther, O.A., Willassen, E. (1987) 4 new species of *Diamesa* Meigen, 1835 (Diptera, Chironomidae) from the glaciers of Nepal. *Entomologica Scandinavica*: 189-203.
- Scheffer, M. (1998) *Ecology of Shallow Lakes*. Chapman & Hall, London, 357 pp.
- Schmid, P.E. (1993) A key to the larval Chironomidae and their instarts from Austrian Danube Region streams and rivers, Part I: Diamesinae, Prodiamesinae and Orthocladiinae. *Wasser und Abwasser: Suppl 3*: 1-514.
- SCOR-Unesco Working Group 17 (1966) Determination of photosynthetic pigments, in: Unesco (Ed.) *Monographs on Oceanographic Methodology 1. Determination of photosynthetic pigments in sea-water*. Unesco, Paris 11-18.
- Sertić Perić, M. i Radanović, I. (2017) Urbani potoci – pristupačna staništa za provedbu ekoloških istraživanja u nastavi Prirode i Biologije. *Education Biology* 3,1: 106-126.
- Simić, S.B., Simić, V.M. (2012) *Ekologija kopnenih voda (Hidrobiologija I)*. Beograd: Biološki fakultet; Kragujevac: Prirodno- matematički fakultet (Zemun: Alta Nova), 291 str.
- Stanković, S. (1961) *Ekologija životinja*. Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd 420 str.
- Stević, F. (2001) *Fitoplankton akumulacije Jošava kod Đakova*. Diplomski rad, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Pedagoški fakultet, Osijek.



- Strenzke, K. i Neumann, D. (1960) Die Variabilität der abdominalen Körperan- hänge aquatischer Chironomiden larven in Abhängigkeit von der Ionenzusam- mensetzung des Mediums. Biologisches Zentralblatt 79: 199-225.
- Strickland, J. D. i Parsons, T. R. (1972) A practical handbook of seawater analysis. Fisheries Research Board of Canada 167: 185-192.
- Urbanič, G., Petkovska, V., Pavlin M. (2012) The relationship between littoral benthic invertebrates and lakeshore modification pressure in two alpine lakes. Fundamental and Applied Limnology Vol. 180/2: 157-173.
- Vallenduuk, H.J. (2017) Chironomini larvae of western European lowland (Diptera: Chironomidae) Keys with notes to the species. Dinkelscherben, Eric Mauch Verlag.
- Vallenduuk, H.J. i Moller Pillot, H. (2007) Chironomidae larvae of the Netherlands and Adjacent Lowlands: General ecology and Tanypodinae. KNNV Publishing, Zeist 143 pp.
- Vallenduuk, H.J. i Morozova, E. (2005) *Cryptochironomus*: An identification key to the larvae and pupal exuviae in Europe. Lauterbornia 55: 1-22.
- Van der Berg, M.S. (1999) Charophyte colonization in shallow lakes. Processes, ecological effects and implications for lake management. Thesis Vrije Universiteit Amsterdam. Drukkerij, Deventer 138 pp.
- Walker, I.R. (1987) Chironomidae (Diptera) in paleoecology. Quaternary Science Reviews 6: 29-40.
- Wetzel, R.G. (2001) Limnology: Lake and River Ecosystems. 3rd edition, Academic Press, San Diego 1006 pp.
- Wiederholm, T. (1983) Chironomidae of the Holarctic region: keys and diagnoses. Publishing House of the Swedish Research Councils, Stockholm 1 - 457 pp.

## WEB IZVORI

Web 1.

<https://www.e-sfera.hr/dodatni-digitalni-sadrzaji/1831e508-f01e-49b3-8c47-f79c20f73a2b/>

(pristupljeno: 07.07.2019.)

Web 2.

<https://socratic.org/questions/what-is-the-main-difference-between-oligotrophic-and->

[eutrophic-lakes](https://socratic.org/questions/what-is-the-main-difference-between-oligotrophic-and-) (pristupljeno: 25.08.2019.)

Web 3.

[https://www.voda.hr/sites/default/files/metodologija\\_uzorkovanja\\_laboratorijskih\\_analiza\\_i\\_odredivanja\\_omjera\\_ekoloske\\_kakvoce\\_bioloskih\\_elementa\\_i\\_odluka.pdf](https://www.voda.hr/sites/default/files/metodologija_uzorkovanja_laboratorijskih_analiza_i_odredivanja_omjera_ekoloske_kakvoce_bioloskih_elementa_i_odluka.pdf)

(pristupljeno: 28.06.2019.)

Web 4.

[http://zsru-djakovo.hr/?page\\_id=47](http://zsru-djakovo.hr/?page_id=47) (pristupljeno: 01.07.2019.)

Web 5.

<http://www.zabok-ribolov.com/index.php/component/content/article/9-jezera/168-banova-jaruga> (pristupljeno: 01.07.2019.)

Web 6.

<http://www.nzjz-split.hr/index.php/2-uncategorised/199-mutnoca-vode-i-zdravstveni-rizik>

(pristupljeno: 25.08.2019)