

# Velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820) kao plijen u slatkovodnom mikrokozmosu i primjena u nastavi

---

Tramontana, Petra

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:691191>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-25**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Petra Tramontana

**Velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus,  
1820) kao plijen u slatkovodnom  
mikrokozmosu i primjena u nastavi**

Diplomski rad

Zagreb, 2021.

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za evoluciju, simbioze i molekularnu filogenetiku u Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod voditeljstvom prof. dr. sc. Gorana Kovačevića i dr. sc. Damira Sirovine, v. pred. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

## ZAHVALE

Iskreno zahvaljujem mentoru prof. Goranu Kovačeviću na ukazanom povjerenju i poticanju mog stručnog i znanstvenog rasta još od prve godine studija te na svim prilikama i postignućima za koje nisam mislila da bi se mogle ostvariti. Od srca hvala na uloženom trudu i vremenu, savjetima i podršci, kako tijekom cijelog studija, tako i tijekom izrade ovog rada.

Od srca zahvaljujem mentoru dr. sc. Damiru Sirovini na ogromnoj pomoći tijekom izrade ovog rada. Hvala na svakom objašnjenju i velikom strpljenju, dostupnosti za mojih sto pitanja i sumnji u bilo koje doba dana i svakoj riječi ohrabrenja u kriznim trenucima.

Hvala Danieli, mojoj prijateljici i suputnici još od slavnih dana u NSB-u. Jedan kontinent nam je bio malo, kao što je i riječi u koje može stati onaj naš smijeh kroz suze u trenucima kada nam je gorilo pod nogama. Hvala ti na tome, Ameby. Samo mi znamo.

Hvala mojim kolegicama i prijateljicama Anji, Katarini, Ani Mariji i Mateji koje su me od prvog dana otvorenog srca prihvatile u svoj mali krug velikih ljudi. Hvala im što su mi dane na fakultetu i život izvan njega učinile bogatijim.

Hvala Sari i Klari, kolegicama i iskrenim prijateljicama, zbog kojih se nikad nisam osjećala sama jer smo sve lijepe i manje lijepe trenutke tijekom studiranja prolazile zajedno. Bez njih bi sve bilo *ruvinano*.

Hvala Anti, mojoj posebnoj osobi, što oduvijek vjeruje u mene više nego ja sama u sebe. Hvala ti što si moj glas razuma kada je sve nerazumno i moj odmor kad me umore.

Najdublju zahvalnost i ljubav dugujem svojoj obitelji koji su oduvijek bili moj najčvršći oslonac. Hvala mojoj baki Barbari koja je od samog početka mojih studentskih dana bila neiscrpna podrška. Hvala ti što u tebi uvijek imam najtopliji zagrljaj.

Hvala baki Katji što je uvijek bila najponosnija baka u Trogiru i okolici.

Majko, oče i braco, najveća Vam hvala na ljubavi i vjeri u mene. Hvala što su s Vama svi moji neuspjesi neznatni, a sva moja postignuća mnogo veća i bitnija jer sve ono najbolje od sebe, ja čuvam u Vama.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## **Velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820) kao plijen u slatkovodnom mikrokozmosu i primjena u nastavi**

Petra Tramontana

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Na razini slatkovodnih vodenih ekosustava, *Daphnia magna* je često u ulozi plijena kojim se hrane brojni predatori. Slatkovodni zooplankton, kojem pripada *D. magna*, pokazuje široki spektar strategija za obranu od predatora. U ovom radu cilj je istražiti i utvrditi mehanizme obrane, prilagodbe i preživljavanja velike vodenbuhe kao plijena zelenim hidrama, mnogookoj i šiljoglavoj puzavici u slatkovodnom mikrokozmosu te interakcije s prisutnim izoliranim endosimbiotskim algama. Cilj je i utvrditi mogućnost primjene ovog istraživanja u izvannastavnim aktivnostima iz biologije u srednjoj školi. Svaki pokus izveden je u pet replika pri 25 °C i 13,5 °C, i sa sitim i s gladnim životinjama, uz kontrole. Rezultati su pokazali da je u najvećoj mjeri prisutno grupiranje (vizualna magnifikacija) jedinki *D. magna* kao mehanizam obrane od predatorskih napada, a osim toga, uočena je pojava hiperprodukcije jedinki, ubrzano kretanje ("bullet") te zarobljenost i bijeg iz mreže algi i sluzi. Anketnim istraživanjem utvrđeno je da je zastupljenost prirodoslovnog područja u izvannastavnim aktivnostima učenika zagrebačkih gimnazija relativno visoka te da su učenicima najatraktivniji sadržaji koji uključuju mikroskopiranje ili istraživački rad.

(61 stranica, 24 slike, 3 tablice, 72 literaturna navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: predacija, vizualna magnifikacija, hiperprodukcija, ubrzano kretanje, izvannastavne aktivnosti, mikroskopija

Voditelj rada 1: Dr. sc. Damir Sirovina, v. pred.

Voditelj rada 2: Red. prof. dr. sc. Goran Kovačević

Ocjenitelji:

Dr. sc. Damir Sirovina, v. pred

Prof. dr. sc. Goran Kovačević

Izv. prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković

Rad prihvaćen: 7.7.2021.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Division of Biology

Master Thesis

# **Large water flea (*Daphnia magna* Straus, 1820) as a prey in freshwater microcosm and its application in the teaching process**

Petra Tramontana

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

At the level of freshwater aquatic ecosystems, *Daphnia magna* is often in the role of prey that feeds on numerous predators. Freshwater zooplankton, to which *D. magna* belongs, shows a wide range of predator defense strategies. The aim of this thesis is to investigate and determine the mechanisms of defense, adaptation and survival of the large water flea as prey to green hydra and freshwater turbellarians in freshwater microcosm and interaction with the present isolated endosymbiotic algae. The aim is to determine the possibility of applying this research in extracurricular activities in biology in high school. Each experiment was performed in five replicates at 25 °C and 13,5 °C, with fed and hungry animals and controls. The results showed grouping (visual magnification) of *D. magna* individuals as the defense mechanism against predatory attacks, occurrence of hyperproduction of individuals, accelerated movement (“bullet”) and captivity and escape from a net of algae and mucus. The survey showed that the representation of the natural sciences in extracurricular activities of students in Zagreb grammar schools is relatively high and that the most attractive to students are contents that include microscopy or research work.

(61 pages, 24 figures, 3 tables, 72 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central biological library

Keywords: predation, visual magnification, hyperproduction, accelerated movement, extracurricular activities, microscopy

Supervisor 1: Dr. sc. Damir Sirovina, senior lecturer

Supervisor 2: Prof. dr. sc. Goran Kovačević

Reviewers:

Dr. sc. Damir Sirovina, senior lecturer

Prof. dr. sc. Goran Kovačević

Assoc. Prof. dr. sc. Vesna Petrović Peroković

Thesis accepted: 7.7.2021.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Mikrokozmos u ekološkim istraživanjima .....	1
1.2. Predacija – odnos predatora i plijena .....	2
1.3. Velika vodenbuha ( <i>Daphnia magna</i> Strauss, 1820) .....	3
1.3.1. Interakcija <i>Daphnia</i> -alga .....	5
1.4. Zelena hidra ( <i>Hydra viridissima</i> Pallas, 1766) .....	6
1.5. Razred Turbellaria (virnjaci) .....	8
1.6. Izvannastavne aktivnosti iz biologije u školi .....	10
1.7. Cilj istraživanja .....	12
<b>2. MATERIJALI I METODE</b> .....	<b>13</b>
2.1. Pokusni organizmi .....	13
2.2. Eksperimentalni postav mikrokozmosa .....	16
2.3. Anketno istraživanje .....	17
2.4. Statistička obrada podataka .....	18
<b>3. REZULTATI</b> .....	<b>19</b>
3.1. Istraživanje metodom mikrokozmosa .....	19
3.2. Anketno istraživanje o atraktivnosti prirodoslovnog područja te određenih aktivnosti u izvannastavnim aktivnostima i izornoj nastavi .....	35
3.2.1. Rezultati istraživanja odabira izvannastavnih aktivnosti učenika srednjih škola (Zagreba) .....	35
3.2.2. Rezultati istraživanja preferencija nastavnika i učenika prema sadržajima ponuđenim u okviru izvannastavnih aktivnosti iz biologije u srednjim školama .....	35
<b>4. RASPRAVA</b> .....	<b>44</b>
<b>5. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>51</b>
<b>6. LITERATURA</b> .....	<b>52</b>
<b>7. PRILOZI</b> .....	<b>59</b>
<b>8. ŽIVOTOPIS</b> .....	<b>60</b>

## POPIS KRATICA

HV (1) - jedna jedinka zelene hidre (*Hydra viridissima* Pallas, 1766)

HV (5) - pet jedinki zelene hidre (*Hydra viridissima* Pallas, 1766)

PF (1) - jedna jedinka mnogooke puzavice (*Polycelis felina* Dalyell, 1814)

PF (5) - pet jedinki mnogooke puzavice (*Polycelis felina* Dalyell, 1814)

DG (1) - jedna jedinka šiljoglave puzavice (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830)

DG (5) - pet jedinki šiljoglave puzavice (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830)

DM (10) - deset jedinki velike vodenbuhe (*Daphnia magna* Straus, 1820)

CZ - izolirana endosimbiotska zelena alga *Desmodesmus subspicatus* (Chlorophyceae)  
(Chodat) Hegewald et Schmidt



# 1. UVOD

## 1.1. Mikrokozmos u ekološkim istraživanjima

Budući da je ekosustave vrlo teško proučavati u kontroliranim uvjetima zbog njihove veličine i brojnih biotičkih i abiotičkih čimbenika, koji mogu varirati, a koji itekako utječu na ekosustave, bilo je neminovno naći način kako istraživanje ekosustava unijeti u laboratorij u kontrolirane uvjete. Usustavljanjem takvih, veličinom malih i izoliranih simulacija ekosustava u laboratoriju, utvrđen je koncept mikrokozmosa u ekološkim istraživanjima, a američki ekolog Howard Thomas Odum smatra se pionikom u korištenju malih zatvorenih i otvorenih ekosustava (mikrokozmosa). Riječ *mikrokozmos* vuče korijene iz starogrčkog jezika, odnosno iz starogrčkih riječi za malen (grč. μικρός) i svijet (grč. κόσμος). Stoga, kako i sami korijeni riječi kažu, mikrokozmos predstavlja „maleni svijet“, pojednostavljene ekosustave u kontroliranim uvjetima koji se koriste za simulaciju i predviđanje ponašanja organizama unutar prirodnih ekosustava, a istraživanja temeljena na konceptu mikrokozmosa imaju veliku važnost u određivanju uloga određenih organizama u ekosustavu. Reproducibilnost i dobra kontrola eksperimenata (mogućnost kontroliranih uvjeta), glavne su prednosti korištenja mikrokozmosa u ekološkim istraživanjima (Beyers 1963). Uz prednosti, postoje ograničenja i nedostaci upotrebe mikrokozmosa kao što je, npr. ograničen prostor istraživanja, no ipak svako istraživanje metodom mikrokozmosa imaće svoje specifične prednosti i nedostatke ovisno o dizajnu istraživača (Fraser 1999.).

Sustav mikrokozmosa sadržava više različitih vrsta organizama, granice mikrokozmosa su umjetne i nisu prirodno stvorene (mikrokozmos je ograničen stjenkama eksperimentalne posude) te postoji barem djelomična izoliranost eksperimentalnog sustava od vanjskog svijeta u smislu tvari, energije i širenja vrsta (Beyers i Odum 1993). Bitna karakteristika mikrokozmosa je samoorganiziranost sustava. Naime, organizmi koji nastanjuju slična, ali geografski udaljena područja mogu biti stavljeni u mikrokozmos pri čemu se omogućava stvaranje njihove vlastite mreže interakcija. Glavna uloga mikrokozmosa je ta da čine poveznicu između teorije i same prirode pri čemu direktno ne zrcale prirodu, no mogu povećati razumijevanje prirodnih procesa pojednostavljujući njihovu složenost te omogućiti istraživanje prirodnih procesa i ekosustava u kontroliranim uvjetima (Vidican i Sandor 2015). Model mikrokozmosa vrlo je često korišten model u istraživanjima struktura hranidbenih mreža i multitrofičkih interakcija (Have 1993; Diehl i Feiße 2000) te kompeticije, predacije i populacijske dinamike (Lawler i Morin 1993; Morin 1999; Petchey 2000; Walsh i sur. 2006). Osim toga, model mikrokozmosa često se koristi prilikom proučavanja utjecaja određenih

kontaminanata (teških metala, pesticida, herbicida), koje nije sigurno koristiti u prirodnim ekosustavima, na organizme (Matheson 2008). Pokusi prilikom kojih se koristi model mikrokozmosa uvelike pridonose razvoju i testiranju ekoloških teorija, ali i razvoju konkretnih rješenja za globalne ekološke probleme koji su uglavnom posljedica prekomjernog ljudskog iskorištavanja prirodnih resursa.

## 1.2. Predacija – odnos predatora i plijena

Predacija je termin u ekologiji koji opisuje jedan od oblika interakcije među živim organizmima pri čemu jedna vrsta (predator) jede drugu vrstu (plijen). Predator i plijen interreagiraju, čime održavaju prirodnu ravnotežu. Predator vrlo često zauzima vrh hranidbenog lanca, stoga su brzina, vrebavanje plijena iz zasjede, dobar vid i osjet mirisa ili sluha (za uočavanje ili pronalaženje plijena), imunitet na otrov plijena, otrov (za ubijanje plijena) samo neke od prilagodbi koje predator razvija ne bi li bio što efikasniji u svom lovu na plijen (Minelli 2008). Predator konstantno vreba svoj plijen, stoga predacija ima snažan selektivni učinak na plijen. Plijen zbog toga razvija prilagodbe za efikasnije izbjegavanje predatora koje uključuju strukturalne i bihevioralne promjene, a vrlo često su prilagodbe plijena za obranu slične prilagodbama predatora za lov (brzina, otrov, dobar vid i osjet mirisa i sluha, kamuflaža) (Minelli 2008). Iako bi se moglo konstatirati da je predatorstvo štetno, kako za jedinku plijena koja je pojedena, tako i za cijelu populaciju plijena, predatorstvo ne mora jednoznačno imati negativnu konotaciju za populaciju plijena. Jedinke plijena koje su pojedene nisu uvijek slučajne jedinke koje su prve uhvaćene, već su to često jedinke koje su najslabija karika u svojoj populaciji (spore jedinke, jedinke s oštećenjima ili one jedinke koje najslabije doprinose reproduktivnom uspjehu populacije). Nasuprot tomu, jedinke plijena koje nisu pojedene, osjećaju manji međusobni kompeticijski pritisak za ograničene resurse i stvaraju više potomaka pa prema navedenom, predacija ima pozitivan učinak na jedinke plijena koje nisu pojedene (Begon i sur. 2006).

Na razini vodenih ekosustava, slatkovodni zooplankton vrlo je čest plijen ostalim većim beskralježnjacima i kralježnjacima pa iz tog razloga vrste koje pripadaju slatkovodnom planktonu, kao što su vrste roda *Daphnia* i vrste koljena Rotifera (kolnjaci), pokazuju široki spektar strategija za obranu, kako od taktilnih tako i od vizualnih predatora. Dodson (1984) u svom radu navodi kako su veličina tijela, duljina zatka i čvrstoća karapaksa vrste *Daphnia middendorffiana* Fischer, 1851 strategije obrane od njihovih predatora kopepoda *Hetercope septentrionalis* Juday & Muttkowski, 1915 pri čemu se veličina vrsta roda *Daphnia* često mijenja iz generacije u generaciju kao odgovor na godišnji životni ciklus predatora. Drugi

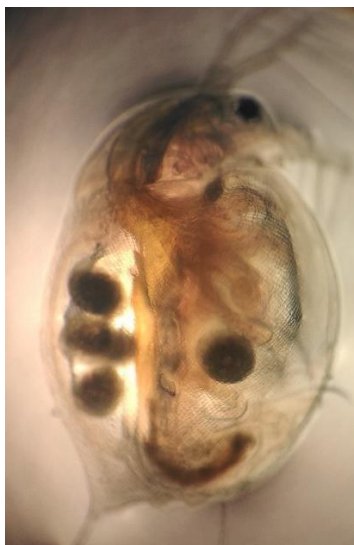
primjer je vodenbuha vrste *Daphnia pulex* Leydig, 1860. Ako je izložena kemijskim podražajima koji signaliziraju prisutnost grabežljivih ličinki mušica roda *Chaoborus*, embriji u ležnom prostoru *D. pulex* će se razvijati u jedinke s obrambenim bodljama koji će smanjiti rizik da će ih predator pojesti (Krueger i Dodson 1981; Minelli 2008). Osim toga, prilagodbe vrsta reda Cladocera (rašljoticalci), kao što su veličina tijela, brzo plivanje prilikom bijega, razvoj izbočenih struktura na tijelu i mirovanje prilikom napada predatora, čine vrste reda Cladocera manje ranjivima na predacijske napade kopepoda *Mesocyclops leuckarti* Claus, 1857. No, njihova učinkovitost u izbjegavanju predatorskih napada može biti i pod utjecajem okolišnih čimbenika (intenzitet svjetlosti, temperatura vode, raspoloživost nutrijenata, koncentracija kisika) (Chang i Hanazato 2003). U prirodi se često događa da se predator i plijen nađu u, tzv. evolucijskoj utrci u naoružanju, odnosno u ciklusu razvijanja prilagodbi i protu-prilagodbi, stoga predacija, kao i kompeticija, ima jak selekcijski pritisak i utjecaj na oblikovanje ekosustava.

### **1.3. Velika vodenbuha (*Daphnia magna* Strauss, 1820)**

Najbrojnija skupina razreda Branchiopoda (škrgonošci) su Cladocera (rašljoticalci) od kojih su najpoznatije vodenbuhe (Daphnidae) kojoj pripada rod *Daphnia*. Vrste roda *Daphnia* dominiraju u slatkovodnom zooplanktonu, a od svih vrsta porodice Daphnidae, *Daphnia magna* Straus, 1820 (Slika 1) je najveća vrsta (5-6 mm) i najlakša za manipulaciju (Adema 1978). Kao što kaže i samo ime reda Cladocera (rašljoticalci), kojem pripada i *D. magna*, jedinke posjeduju duga rašljasta ticala koja im služe za veslanje. Tijelo se sastoji od glavopršnjaka i zatka, a obuhvaćeno je karapaksom koji je dvodijelan, većinom građen od hitina i otvara se i zatvara pomoću mišića s leđne strane. Za plivanje, osim već spomenutih dugih rašljastih ticala, koriste i prsne nastavke. Zadak im je reduciran, a prsa imaju mali broj kolutića (4-6). *D. magna* ima otvoreni krvotok, a srce je loptasto s jednim parom ostija (srčanih otvora) i nalazi se u prednjem dijelu tijela s dorzalne strane.

Živčani sustav je karakteriziran cerebralnim ganglijem koji je smješten blizu crijeva, a pored oka. Na sredini glave smješteno je nauplijevo oko kojim jedinke mogu uočiti smjer i intenzitet svjetla, a osim nauplijevog oka, imaju i sastavljeno oko koje pokreću očni mišići. Jedinke vrste *D. magna* hrane se malim suspendiranim česticama algi i bakterija u vodi, odnosno filtriranjem okolne vode u kojoj žive. Hranu sakupljaju pomoću aparata za filtriranje koji se sastoji od filopoda, odnosno spljoštenih listastih nogu kojima stvaraju strujanje vode. Zbog svoje uloge primarnog potrošača fitoplanktona i ključnog izvora hrane za sekundarne potrošače,

predstavljaju važnu kariku u prehranbenim lancima (Miner i sur. 2012.). U prirodi su često u ulozi plijena kojim se hrane brojni predatori (beskralježnjaci i kralježnjaci). Iz tog razloga, smatra se da je predacija najčešći uzrok smrtnosti vodenbuha u prirodi (Lynch 1980).



**Slika 1.** Velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820). Povećanje 40x

Jedinke vrste *D. magna* razdvojena su spola. Determinacija spola je uvjetovana okolišnim čimbenicima pri čemu se mužjaci pojavljuju rijetko i kao odgovor na okolišne uvjete (Kleiven i sur. 1992). *D. magna* se može razmnožavati partenogenetski i spolno, ovisno o uvjetima okoliša, a u oba slučaja jajašca proizvode matične stanice u ovariju (Zaffagnini 1987). Oplođnjom haploidnih jajašaca nastaju oplođena jajašca iz kojih se ne razvijaju odmah mlade jedinke, nego nastupa razdoblje mirovanja (zimski jaja). Takva jajašca su obično u parovima, zaustavljaju se u fazi blastule i obavijena su žilavom ovojnicom (ephippium) koja ih štiti od isušivanja i omogućava im da prežive nepovoljne uvjete okoliša (Zaffagnini 1987). Jajašca nastala partenogenezom, koja su česta pojava u prirodi, prolaze samo ekvacijsku mejotičku diobu i tako ostaju diploidna, a sama embriogeneza se događa bez oplodnje (Harris i sur. 2012). Embriogeneza partenogenetskih jajašaca odvija se u ležnom prostoru odakle izlaze kao umanjene verzije odraslih jedinki (Zaffagnini 1987). Broj mladih, koje jedinke odraslih *D. magna* produciraju, ovisi o količini dostupne hrane i utjecajima okoliša. U prisustvu predatora koji preferiraju veće jedinke vodenbuha, uočena je viša stopa reprodukcije pri čemu vodenbuhe produciraju jedinke manje veličine kako bi izbjegle predatorske napade (Stibor i Luning 1994). Obrnuta situacija uočena je u prisustvu predatora koji preferiraju jedinke manje veličine. Kao i kod ostalih člankonožaca, rast vrsta roda *Daphnia* usko je povezan s presvlačenjem. Duljina vremena između dva presvlačenja ovisi o temperaturi i može varirati kod odraslih jedinki od >15 dana pri 5 °C do otprilike 2 dana pri 25 °C. Osim o temperaturi, duljina vremena između

dva presvlačenja ovisi o starosti jedinki, stoga se juvenilne jedinke presvlače svaki dan prvih 5 dana starosti pri temperaturama od 25 °C (Porcella i sur. 1969).

*D. magna* vrlo je često korišten organizam u biološkim istraživanjima, a pogodan je test organizam zbog prikladne veličine tijela, lakog održavanja i manipuliranja u laboratorijskim uvjetima, kratkog životnog ciklusa, koji pri temperaturama od 20 °C traje otprilike 8 tjedana, i velike reproduktivne sposobnosti zbog čega je u vrlo kratkom roku dostupan velik broj jedinki (Ten Berge 1978). Iako je *D. magna* široko rasprostranjena u vodenim ekosustavima, poznato je da ne naseljava vodene sustave koji su zagađeni polutantima (Koivisto i sur. 1992) pa je iz tog razloga dobar test organizam za razna ekotoksikološka istraživanja (Bettineti i sur. 2013; Mažuran i sur. 2015; Nagel i sur. 2021). Osim toga, Nikitin i Latypova (2014) u svom su istraživanju pokazali kako se brzina plivanja *D. magna* u prisustvu cijanobakterijskog toksina mikrocistina značajno povećava što se može iskoristiti kao indikator za detekciju nižih koncentracija ovog toksina.

### **1.3.1. Interakcija *Daphnia*-alga**

Aparat za hranjenje toliko je učinkovit da *D. magna* mogu sakupljati bakterije, ali se uz njih hrane i planktonskim algama (Ebert 2005). U prirodi, najveću gustoću populacije *D. magna* obično prati i velika gustoća populacije algi nakon čega slijedi faza bistre vode budući da jedinke vrste *D. magna* učinkovito uklanjaju veći dio fitoplanktona iz vode prehranom. Zahvaljujući prozirnosti tijela *D. magna*, sadržaj crijeva je vrlo lako vidljiv pa je uočljiva zelena boja crijeva nakon hranjenja jedinki zelenim algama (Slika 2). Ishrana algama povezana je i sa spolnim razmnožavanjem *D. magna* pri čemu je u muških jedinki uočeno aktivnije ponašanje pri parenju i uspješnija oplodnja jajašaca u mirovanju nakon prehrane algom vrste *Stephanodiscus hantzschii* Grunow in Cleve & Grunow, 1880 (Choi i sur. 2016). Hadas i sur. (1982) u svom radu navode kako je konzumacija bakterija u *D. magna* jednaka ili čak viša u prisutnosti algi u suspenziji, a konzumacija algi je manja u prisutnosti bakterija u usporedbi s konzumacijom algi bez prisustva bakterija.



**Slika 2.** *D. magna* nakon hranjenja algama. Povećanje 40x

Osim prehrambenih preferencija, kod vrste *D. magna* uočen je utjecaj mineralnih i biokemijskih ograničenja hrane na njihov rast i populacijsku dinamiku pa je tako u svom radu Boersma (2000) pokazao kako je dodatak fosfora algama, kojima su hranjene jedinke *D. magna*, utjecao na njihov rast. Hessen i van Donk (1993) u svom radu navode kako zelena alga *Scenedesmus subspicatus* Chodat. formira cenobije sastavljene od 4 do 8 stanica te duže i čvršće šiljaste nastavke prilikom izloženosti kemijskih tvari koje otpuštaju jedinke *D. magna*. Morfološke promjene uočene u *S. subspicatus* mogu se protumačiti kao antipredatorska strategija koja pomaže većoj otpornosti na predatorske napade zooplanktona koji se njome hrani jer su u tom slučaju stanice algi prevelike da bi ih jedinke *D. magna* konzumirale (Lürling i van Donk 1997).

#### **1.4. Zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766)**

*Hydra viridissima* Pallas, 1766 (zelena hidra) životinja je razreda Hydrozoa (obrubnjaci) koljena Cnidaria (žarnjaci) koju nalazimo u slatkovodnim ekosustavima. Ime je dobila prema Hydri, zmijolikoj vodenoj nemani poznatoj iz grčke mitologije koja je imala veliku sposobnost regeneracije; naime, na mjestu svake dekapitacije, ona bi regenerirala dvije nove glave. Stoga, zbog svoje iznimno dobre sposobnosti regeneracije, *H. viridissima* stoljećima izaziva istraživački interes.

Tijelo *H. viridissima* je radijalno simetrično, valjkasto i šuplje, veličine do oko 10 mm (Slika 3), a u polipoidnom obliku kao sjedilački organizam pričvršćena je za podlogu podnožnom

pločom. S gornje strane tijela (vršni dio) nalazi se usni čunj na kojem su usta okružena zrakasto raspoređenim lovkama. Osim vršnog dijela tijela i podnožne ploče, na tijelu hidre može se uočiti i gastralni dio s pupnom regijom. Stijenka tijela hidre građena je od tri sloja: vanjske jednoslojne epiderme, srednjeg sloja mezogleje i unutarnje jednoslojne gastroderme. Epidermu čine polarizirane epitelno-mišićne stanice između kojih se nalaze žarne stanice (knidociti) koje su osnovno obilježje koljena Cnidaria. Mezogleja je želatinozne konzistencije bez stanica te omogućuje prolaz nutrijenata i migraciju stanica tijekom regeneracije (Žnidarić 1970), a gastroderma sadrži gastrodermalno-mioepitelne, enzimatско-žlijezdane i živčane stanice te okružuje gastrovaskularnu šupljinu u kojoj se odvija izvanstanična probava. Osim izvanstanične probave u gastrovaskularnoj šupljini, probava se odvija i unutarstanično u probavnim vakuolama zimogenih stanica.



**Slika 3.** Zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766). Povećanje 10x

Hidre su predatori i hrane se ličinkama kukaca, bakterijama i račićima. Plijen hvataju lovkama nakon čega ih prinose ustima. Žarne stanice, koje se u velikom broju nalaze u lovkama, imaju ključnu ulogu u obrani i hvatanju plijena izbacujući žarnice na podražaj (Weber i sur. 1987). To hidri daje veliku predatorsku i kompeticijsku prednost nad ostalim slatkovodnim organizmima makrozoobentosa i makrozooplanktona koji su joj potencijalna hrana ili joj potencijalno konkuriraju u kompeticiji za hranjive tvari. Otopljeni kisik iz vode difuzijom dolazi do svih stanica u tijelu, a zbog mrežastog živčanog sustava, hidre na mehanički podražaj reagiraju kontrakcijom cijelog tijela. Razmnožavanje u hidre je u većini slučajeva nespolno, iako se mogu razmnožavati i spolno. Evaginacijom tjelesne stijenke nastaju pupovi koji se, nakon što im se razviju lovke, odvajaju započinjući svoj samostalan život.

Zelena boja tijela hidre potječe od mikroskopskih jednostaničnih fotoautotrofnih algi koje nastanjuju njene gastrodermalno-mioepitelne stanice. U ovom mutualističkom endosimbiotskom odnosu, zelene alge dobivaju zaštitu i stanište u stanicama hidre i koriste produkte metabolizma hidre, a hidra koristi kisik te produkte procesa fotosinteze koji se odvija u zelenim algama. Štoviše, zelene hidre pokazuju veću toleranciju na uvjete gladi od aposimbiotskih hidri koje nemaju algalnih simbionata (Muscatine i Lenhoff 1965). Hidra kao domaćin regulira gustoću svojih simbionata na način da regulira rast i diobu algi te izbacuje ili probavlja višak algi (Fishman i sur. 2008), a svaka gastrodermalna-mioepitelna stanica hidre sadrži 20-40 algi (Habetha i sur. 2003). Ova simbioza je visokospecifična. Jednom uspostavljena endosimbioza s jednom vrstom algi onemogućuje uspostavljanje endosimbioze s drugom vrstom algi unešenom u organizam hidre hranjenjem drugim simbiotskim organizmom ili unošenjem slobodnoživuće vrste alge iz staništa pa tako unešene organizme hidra probavlja (McAuley i Smith 1982). Prisustvo simbiotske alge ima jak utjecaj na spolno razmnožavanje zelene hidre. U većini slučajeva se ženske gonade formiraju samo u prisutnosti simbiotskih algi pa su simbiotske alge uključene u kontrolu spolne diferencijacije zelene hidre (Habetha i sur. 2003). Danas je poznato da je moguće izolirati endosimbiotsku algu iz zelene hidre te održavati njenu stabilnu kulturu u laboratoriju kroz generacije. Endosimbiotske alge izolirane iz zelene hidre *H. viridissima* obuhvaćene su skupinom zajedničkog naziva “*Chlorella zagrebiensis*“ Kovac. & Jelen. (2007) (Kovačević i sur. 2010a). Endosimbiotska alga je jači simbiotski partner u simbiozi hidre i alge (Kovačević i sur. 2010b).

### **1.5. Razred Turbellaria (virnjaci)**

Razred Turbellaria (virnjaci) jedan je od četiri razreda koljena Platyhelminthes (plošnjaci) čije vrste najvećim dijelom žive u vodenim staništima (mora i slatke vode), ali mogu se naći i u vlažnim kopnenim staništima. Većina vrsta razreda Turbellaria ima dorzoventralno spljošteno tijelo dužine od 0,5 mm do 20 mm, a na prednjem dijelu tijela je glava s ticalima i aurikulama na kojima su smještena brojna osjetila. Svrstavaju se u bilateralno simetrične acelomate jer nemaju prave tjelesne šupljine, odnosno prostor između stijenke tijela i unutarnjih organa ispunjena je mezenhimom (parenhimom). Površinu tijela gradi jednoslojna trepetljikava epiderma koja osim zaštitne i pokrovne uloge ima veliku ulogu u kretanju virnjaka, a među epidermalnim stanicama nalaze se različite žljezdane stanice koje luče sluz. Sluz virnjaka ima mnogobrojne funkcije, od sprječavanja isušivanja tijela, izmjene plinova i kretanja do pomoći pri hvatanju i gutanju plijena (Habdija i sur. 2011). Virnjaci su većinom



predatori ili strvinari i hrane se sitnim kolutićavcima, ličinkama mekušaca i kukaca i plantonskim račićima. Probavni sustav im započinje ustima na trbušnoj strani tijela na koje se nastavlja mišićavo ždrijelo čiji se slobodni kraj može izvrnuti kroz usta prilikom hranjenja. Osim toga, crijevo je neprohodno pa kroz usni otvor izbacuju ostatke neprobavljene hrane, a sama probava hrane je prvo ekstracelularna pa intracelularna. Izmjena plinova obavlja se difuzijom preko trepetljikave epiderme. Budući da su amoniotelične životinje, većinu amonijaka eliminiraju iz organizma difuzijom preko površine tijela, a manji dio kroz protonefridije. Mozak im je sastavljen od dva cerebralna ganglija od kojih se pružaju dvije ventrolateralne uzdužne živčane vrpce koje su ljestvičavo međusobno povezane poprečnim komisurama. Virnjaci su većinom hermafroditi, a osim spolno, mogu se razmnožavati i nesporno poprečnim dijeljenjem tijela zahvaljujući svojoj velikoj sposobnosti regeneracije.

U zajednicama dna slatkih voda Hrvatske, virnjaci imaju važnu ekološku ulogu u hranidbenim lancima, a zahvaljujući jednostavnom i jeftinom uzgoju, mogućnosti jednostavnog prikupljanja velikog broja jedinki i niske tolerancije na razne kemijske tvari, vrste razreda Turbellaria (virnjaci) često su korišteni organizmi u raznim ekotoksikološkim istraživanjima (Calevro i sur. 1998; Kalafatić i sur. 2001; Horvat i sur. 2005; Kovačević i sur. 2008).

Iako pripadaju istom redu Tricladida (trocijevci) unutar razreda Turbellaria, mnogooka i šiljoglava puzavica se razlikuju izgledom i ponašanjem.

Mnogooka puzavica (*Polycelis felina* Dalyell, 1814) je slatkovodni organizam dužine tijela oko 15 mm (Slika 4). Naseljava čiste i hladne potoke i jezera Europe, a dobro podnosi i brza strujanja vode (Roca i sur. 1992). Tijelo im je duguljastog oblika s ravnom ventralnom stranom dok je dorzalna strana tijela lagano zaobljena. Obično imaju tamnosmeđu do crnu boju tijela. Na tijelu mnogooke puzavice mogu se razlikovati dva dijela tijela: prednji dio („glava“), koji je odvojen od ostatka tijela blagim suženjem, i stražnji dio („rep“). Kako im samo ime kaže, na prednjem dijelu tijela mnogooke puzavice nalazi se velik broj očela koje imaju osjetnu ulogu, odnosno fotosenzitivne su, ali ne stvaraju sliku.



**Slika 4.** Mnogooka puzavica (*Polycelis felina* Dalyell, 1814). Povećanje 10x

Šiljoglava puzavica (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830) je slatkovodni organizam dužine do 18 mm i širine 3 mm (Vries 1986) (Slika 5). Uobičajeni je stanovnik lentičkih i lotičkih sustava kontinentalne Europe (Beier i sur. 2004), a za razliku od mnogooke puzavice, tijelo šiljoglave puzavice je svijetlije, odnosno blijedo smeđe do bež boje. Na tijelu šiljoglave puzavice mogu se razlikovati dva dijela tijela: prednji dio („glava“), koji je odvojen od ostatka tijela blagim suženjem te je izrazitije trokutastog oblika, i stražnji dio („rep“). Na prednjem dijelu tijela ističe se jedan par ocela u obliku inverznih pigmentnih čašica.



**Slika 5.** Šiljoglava puzavica (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830). Povećanje 10x

### **1.6. Izvannastavne aktivnosti iz biologije u školi**

Osim redovne nastave, koja predstavlja središnji dio obrazovanja učenika, u školama se organiziraju i drugi oblici odgojno-obrazovnog rada s učenicima kao što su dopunski rad, izborna nastava, dodatni rad i izvannastavne aktivnosti (Martinčević 2010). Izvannastavne

aktivnosti u školi su sve one aktivnosti i sadržaji koje učenici samostalno biraju prema vlastitim preferencijama i interesima, a odvijaju se u slobodno izvannastavno vrijeme. Mnoge izvannastavne aktivnosti odvijaju se izvan škole, ali održavanje izvannastavnih aktivnosti u školi ima svoje prednosti, a to su prvenstveno manji gubitak vremena zbog putovanja što je velika prednost i za učenike i za roditelje koji tako imaju obvezu manje, sigurnost koju daje ustanova u kojoj učenici redovito provode mnogo vremena i suradnja s nastavnicima koje učenici već dobro poznaju.

Četiri su temeljna čimbenika bitna za ostvarivanje izvannastavnih aktivnosti: potpora vodstva škole nastavniku-voditelju u provođenju i organizaciji izvannastavnih aktivnosti, samostalnost nastavnika pri izboru programa aktivnosti, uključenost samih učenika u izvannastavne aktivnosti te stručno usavršavanje nastavnika za taj oblik odgojno-obrazovne djelatnosti (Jurčić 2008). Prema tome, jasno je da je odabir sadržaja koji će se ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti bitan za poticanje interesa i uključenosti učenika u izvannastavne aktivnosti.

Atraktivnost prirodoslovnog područja među učenicima u školama u cijelom svijetu je u opadanju, a interes učenika za prirodoslovlje znatno opada na prijelazu iz osnovne u srednju školu (Osborne i sur. 2003; Barmby i sur. 2008; Tröbst i sur. 2016). Tome u prilog ide činjenica da je gradivo biologije veoma opširno, odnosno kurikulum je prilično zahtjevan, a na redovitoj nastavi se uglavnom ne stiže prikazati sve privlačno i/ili zanimljivo. Iz tog razloga, organiziranje izvannastavnih aktivnosti iz biologije može poslužiti kao izvrsna nadopuna redovitoj nastavi te može potaknuti interes učenika za prirodoslovnim područjem. U tom slučaju, učenici, koji pokazuju interes za biologiju i biološke koncepte, prema vlastitim interesima i samovoljno mogu birati izvannastavne aktivnosti iz područja biologije kojima bi se trebao njegovati razvoj kritičkog mišljenja i osamostaljivanje kod učenika te dati uvid u proces znanstvenog istraživanja i znanstvenog rada. Usvajanje bioloških koncepata kroz praktični rad omogućava učenicima razvoj vještina i sposobnosti kao što su osmišljavanje i provođenje istraživanja, rješavanje problema, postavljanje znanstvenih pitanja i hipoteza, formuliranje znanstvenih objašnjenja te komunikacija i zastupanje vlastitih znanstvenih zaključaka temeljenih na znanstvenim činjenicama i argumentima (Hofstein i Mamlok-Naaman 2007). Zbog toga je važno da se u kurikulum izvannastavnih aktivnosti uvrsti i takav oblik rada jer izvannastavne aktivnosti mogu imati značajnu ulogu u odabiru zanimanja. Osim što uključivanje u izvannastavne aktivnosti učenicima omogućava da istraže i učvrste svoje interese (Blomfield i Barber 2011), ono im omogućava i da otkriju svoje talente, sposobnosti i

ograničenja. Sva saznanja o sebi i svojim mogućnostima, učenicima mogu biti vrijedne informacije prilikom kasnijeg odabira vlastitog zanimanja.

### **1.7. Cilj istraživanja**

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti i utvrditi mehanizme obrane, prilagodbe i preživljavanja velike vodenbuhe kao plijena u slatkovodnom mikrokozmosu unutar sustava rakovi veslonošci – makrozoobentoski organizmi (virnjaci i hidre) – izolirane endosimbiotske alge. Budući da predacija, kao i kompeticija, ima jak selekcijski pritisak, a time i utjecaj na oblikovanje ekosustava, fokusirajući se na populacijski i evolucijski aspekt istog, pratit ću odnose između konstituenata u postavljenim slatkovodnim mikrokozmosima, s naglaskom na utvrđivanje mehanizama obrane velike vodenbuhe kao plijena, od predatora, i interakcije s prisutnim izoliranim algama. Međusobnim interakcijama organizama unutar slatkovodnog ekosustava stvara se hranidbena mreža, a proučavanjem tih hranidbenih mreža dobiva se uvid u moguću dinamiku slatkovodnih ekosustava koje promatrani organizmi naseljavaju, što ovim radom želim pokazati. Posljedično, cilj je, između ostalih, dobiti jasniju sliku o važnosti i modusu odnosa predator-plijen te uloji velike vodenbuhe u održavanju prirodne ravnoteže slatkovodnih ekosustava, kao i jasniji uvid u interspecijske odnose prisutnih konstituenata mikrokozmosa i moguću dinamiku slatkovodnih ekosustava u kojima možemo pronaći korištene organizme.

Jedan od ciljeva je i utvrditi mogućnost primjene ovog istraživanja u izvannastavnim aktivnostima iz biologije u srednjoj školi. Utvrdit ću što o istome misle nastavnici i koliko se razmišljanja nastavnika i učenika razlikuju s ciljem unapređenja ponude sadržaja iz izvannastavnih aktivnosti iz biologije u srednjim školama te povećanja interesa učenika za prirodoslovno područje.

## 2. MATERIJALI I METODE

### 2.1. Pokusni organizmi

Za ovo istraživanje koristila sam slatkovodne organizme: velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820), zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766), izolirana endosimbiotska alga iz zelene hidre *Desmodesmus subspicatus* (Chlorophyceae) (Chodat) Hegewald et Schmidt, zelena alga *Chlorella vulgaris* Beij. [K&H, 1992], šiljoglava puzavica (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830) i mnogooka puzavica (*Polycelis felina* Dalyell, 1814). Sve navedene slatkovodne organizme koristila sam iz uzgoja Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, a vrsta mnogooka puzavica izolirana je iz prirodnog staništa (Gračanski potok, Zagreb).

Jedinke velike vodenbuhe uzgajane su u uzgojnom akvariju od 60 L i u temperaturnom rasponu od 17 °C do 21 °C uz raspršivač zraka i u odstajaloj vodi (Slika 6). Hranjene su jednom do dva puta tjedno kvascem (suhi ili svježi) te svaki dan algom roda *Chlorella* i ribljom hranom najsitnije granulacije (SAK 00). Također, uzgajane su pod umjetnim halogenim svjetlom (T8, 35 W) fotoperioda 10 sati noć i 14 sati dan.



**Slika 6.** Uzgojni akvarij za velike vodenbuhe

Kultura zelenih hidri u laboratoriju je održavana u staklenim posudama volumena 2 L u aeriranoj akvarijskoj vodi (Slika 7) pri sobnoj temperaturi od 21 °C i difuznom dnevnom svjetlu fotoperioda 10 sati svjetlo i 14 sati mrak. Zelene hidre hranjene su dva puta tjedno ličinkama planktonskog račića vrste *Artemia salina* Linnaeus, 1758, a nakon svakog hranjenja

prebacivane su u čistu aeriranu akvarijsku vodu. Jedinke šiljoglave puzavice održavane su zajedno sa zelenim hidrama u staklenim posudama i na isti način (Slika 7 i 8).



**Slika 7.** Kulture zelene hidre



**Slika 8.** Kultura šiljoglave puzavice izdvojena iz staklene posude sa zelenim hidrama

Jedinke mnogooke puzavice izolirane su iz prirodnog staništa (Gračanski potok, Zagreb) te su održavane u laboratoriju u staklenim posudama volumena 1 L u aeriranoj akvarijskoj vodi (Slika 9). Držala sam ih u hladnjaku na temperaturi od 13,5 °C i hranila jednom tjedno ličinkama planktonskog račića vrste *A. salina*. Sat vremena nakon svakog hranjenja prebacivala sam ih u čistu aeriranu akvarijsku vodu kako bi se uklonili eventualni ostaci probavljene hrane.



**Slika 9.** Kultura mnogooke puzavice

Korištene kulture zelenih algi održavane su standardiziranim metodom u epruvetama dužine 16 cm i promjera 15 mm na sterilnim kosim hranjivim podlogama sastava: 2 g agara, 100 mg  $\text{KNO}_3$ , 1 mL  $\text{MgSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ , 1 mL  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 0,1 mL  $\text{FeCl}_3$  i 100 mL destilirane vode (Pratt 1941; Horvatić i sur. 2000). Alge su rasle u sterilnim uvjetima u klima-komori pri 24 °C i konstantnom osvjetljenju intenziteta  $80 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ , a svaka epruveta je sadržavala 5 mL hranjive podloge pod nagibom od 15°. Svakih 14 dana, alge uzgajane na prethodno opisan način, nacjepljivane su platinastom ušicom na nove hranjive podloge u laminaru u sterilnim uvjetima pri čemu je sadržaj iz svake kontrolne epruvete raspoređivan na pet novih epruveta s novom kosom hranjivom podlogom. Alge su na nove hranjive podloge nanošene "cik-cak" tehnikom ukupne dužine razmaza 10 cm. Epruvete su zatvarane odgovarajućim čepovima te stavljane u iste uvjete rasta u klima-komoru (Kovačević i sur. 2010a) (Slika 10).



**Slika 10.** Kulture izoliranih endosimbiotskih algi



## 2.2. Eksperimentalni postav mikrokozmosa

Pokuse sam izvodila u ekperimentalnim staklenim posudama (kristalizirkama) volumena 60 mL pri čemu sam prilikom postave svakog mikrokozmosa u kristalizirke dodavala po 50 mL aerirane vode (Slika 11). Prilikom postave pokusa odnose unutar sustava rakovi veslonošci – makrozoobentoski organizmi (virnjaci i hidre) – izolirane endosimbiotske alge promatrala sam su u dva temperaturna režima: 25 °C i fotoperiod 8 sati dan/16 sati noć i 13,5 °C u mraku, i korištenjem i gladnih i sitih životinja pri čemu sam sitim životinjama smatrala životinje hranjene neposredno prije pokusa, a gladnim životinjama one čije je zadnje hranjenje bilo minimalno tri dana prije postave pokusa. Svaki postav pokusa izradila sam u pet replika uzoraka, a rezultate sam pratila neposredno nakon postave pokusa te 1 sat, 8 sati i 24 sata nakon postave pokusa dok su u ovom diplomskom radu prikazani rezultati nakon 1 i 24 sata.

Promatrani međudnosi navedenih pokusnih organizama prikazani su u Tablici 1.

**Tablica 1.** Promatrani međudnosi pokusnih organizama u mikrokozmosu pri dva temperaturna režima uz dodatak i sitih i gladnih predatora u omjerima 1:1 i 5:5 jedinki te deset jedinki plijena

sustav DM + hidra	sustav DM + virnjak (+alga)		sustav DM +hidra + virnjak
HV + DM	PF + DM	DG + DM	HV + PF + DM
	PF + DM + CZ	PF + DG + DM	HV + DG + DM
<b>kontrole</b>			<b>sustav DM + alga</b>
DM	CZ		DM + CZ

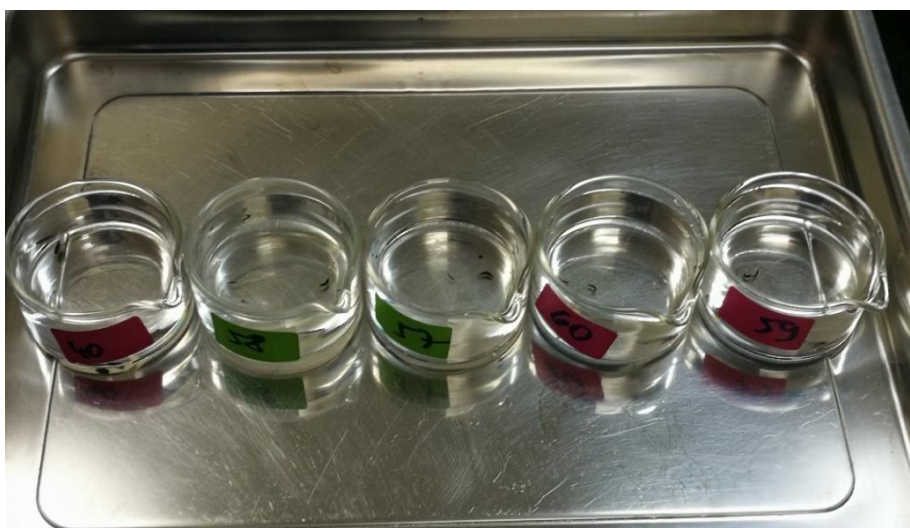
Pokuse sam izvodila na način da sam u svakom postavu mikrokozmosa hidre i virnjake dodavala kapaljkom u omjerima 1:1 i 5:5 jedinki, a plijen (vodenbuha) dodavala sam kapaljkom po 10 jedinki po mikrokozmosu u 50 mL aerirane vode. U slučaju eksperimentalnih postava koji uključuju dodatak algi, suspenzije algi sam radila tako da sam u 10 mL aerirane vode metalnom spatulom dodala četvrtinu sadržaja algi iz uzgojne epruvete. Cijelu suspenziju sam homogenizirala miješanjem spatulom ne mijenjajući smjer miješanja nakon čega sam suspenziju algi dodala u kristalizirku volumena 60 mL koju sam, u tom slučaju, prethodno napunila s 40 mL aerirane vode.





**Slika 11.** Pribor i materijali za postav mikrokozmosa

Uz postavljanje kontrola, pripravljene staklene eksperimentalne posude, na način kako je opisano prethodnim tekstom, stavljala sam na pladnjeve i izlagala uvjetima pokusa (Slika 12).



**Slika 12.** Postav mikrokozmosa s jednim međuodnosom pokusnih životinja u pet replika

### 2.3. Anketno istraživanje

Kako bi se što bolje utvrdilo koliko bi, prema mišljenju učenika i nastavnika koji izvode izvannastavne aktivnosti iz biologije u srednjim školama, ovakvo ili slično istraživanje moglo biti dobar temelj za izvođenje izvannastavnih aktivnosti u školi, koristila sam anonimno anketiranje. Od ukupnog uzorka anketiranih učenika i nastavnika, uzimala sam u obzir samo potpuno ispunjene ankete pa je to u konačnici dalo broj od 90 učenika trećih razreda triju gimnazija u Zagrebu i 40 nastavnika i nastavnica biologije u zagrebačkim gimnazijama.

Gimnazije su odabrane jer je zastupljenost biologije, a posljedično i izborne nastave iz biologije u strukovnim školama vrlo mala, a kada postoji svodi se uglavnom na jednu nastavnu godinu. Za analizu stavova učenika i nastavnika korištena je Likertova skala na kojoj su mogli odabrati odgovore na postavljene tvrdnje o različitim tipovima aktivnosti graduirano od „Sigurno ne bih/bi“ preko „Možda bih/bi“ i „Vjerojatno bih/bi“ do „Sigurno bih/bi“, pri čemu je većina pitanja sastavljena tako da je moguća direktna usporedba učeničkih i nastavničkih odgovora. Pojedina pitanja u anketama su bila otvorenog tipa, dok su neka nudila odgovore na izbor ispitaniku. Ispitanici su ankete popunjavali putem online obrasca (Google Forms). Učenička anketa (Prilog 1.) i nastavnička anketa (Prilog 2.) navedene su u prilogu.

#### **2.4. Statistička obrada podataka**

Kako bi se dobiveni rezultati mogli što bolje analizirati i na temelju njih donijeti konkretni zaključci, u istraživanju sam primjenila neke od osnovnih statističkih metoda. Jedna od osnovnih metoda analize je aritmetička sredina, tj. srednja vrijednost koja se dobije tako što se zbroj vrijednosti promatranog parametra podijeli s brojem zbrajanih vrijednosti promatranog parametra. Osim toga, izračunavala sam i standardnu devijaciju koja označava mjeru raspršenosti podataka u skupu pa se na temelju toga može odrediti koliko je odstupanje podataka od izračunate srednje vrijednosti. Obje vrijednosti izračunala sam u računalnom programu STATISTICA 13.0 prema navedenim formulama:

$$a = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n} \text{ za srednju vrijednost i } s = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x - a)^2} \text{ za standardnu devijaciju.}$$

Za statističku obradu podataka dobivenih korištenjem metode mikrokozmosa korišten je programski paket STATISTICA 13.0. Potencijalna razlika između skupina utvrđena je analizom varijance i Tukey testom. Statistička značajnost u svim korištenim metodama je svedena na  $p < 0,05$ .

Za provedbu statističke analize odabranih pitanja iz ankete, odgovorima Likertove skale pridružila sam brojeve od jedan do četiri s time da je jedan odbijanje, a četiri apsolutno prihvaćanje neke aktivnosti. Statističku usporedbu, tj. statističku značajnost razlika, izračunala sam provedbom t-testa u programu STATISTICA 13.0 uz vrijednost  $p \leq 0,05$ .

### 3. REZULTATI

#### 3.1. Istraživanje metodom mikrokozmosa

**U kontrolnom postavu pokusa s velikom vodenbuhom**, trenutno nakon dodatka vodenbuha u sustav, sve vodenbuhe su bile pokretne i ponašale su se kao i u uzgojnom akvariju. Nakon izloženosti od 1 h, u svih pet replika pri 25 °C i pri 13,5 °C jedinke velikih vodenbuha su sve bile žive i pokretne. Nakon izloženosti od 24 h, i pri 25 °C i pri 13,5 °C u četiri replike su sve jedinke vodenbuha bile žive i pokretne. U jednoj replici pri svakoj od navedenih temperatura je bilo devet živih i pokretnih vodenbuha te jedna mrtva vodenbuha.

**U postavu pokusa s izoliranom endosimbiotskom algom *Desmodesmus subspicatus***, trenutno nakon dodatka suspenzije algi u sustav, alge su bile homogeno raspršene po eksperimentalnoj posudi. Nakon izloženosti od 1 h u svih pet replika je suspenzija algi bila homogeno raspršena pri temperaturi 25 °C i pri 13,5 °C. Nakon izloženosti od 24 h, u pet replika pri 13,5 °C su bile vidljive niti algi na dnu, tj. blaga formacija mreže, a pri 25 °C u svih pet replika je bila vidljiva pojava intenzivnije mreže.

**U postavu pokusa s velikom vodenbuhom uz dodatak zelene hidre** kao predatora, trenutno nakon dodatka zelene hidre u sustav, životinje su se ponašale kao i u uzgojnim akvarijima. Nakon izloženosti od 1 h u slučaju kada su zelene hidre stavljene u pokus gladne samo u jednoj replici pri 25 °C i s pet hidri u sustavu je bilo uočeno grupiranje jedinki vodenbuha. Nakon izloženosti od 24 h u slučaju kada su zelene hidre stavljene u pokus gladne, u dvije replike pri 13,5 °C i s jednom hidrom u sustavu je bilo uočeno grupiranje jedinki vodenbuha. U istom slučaju pri 25 °C, grupiranje jedinki vodenbuha je bilo uočeno u dvije replike s jednom hidrom u sustavu te u četiri replike s pet hidri u sustavu.

**U postavu pokusa s velikom vodenbuhom uz dodatak šiljoglave puzavice** kao predatora, trenutno nakon dodatka šiljoglave puzavice u sustav, životinje su se ponašale kao i u uzgojnim akvarijima. Grupiranje jedinki vodenbuha je, u slučaju sitih šiljoglavih puzavica, bilo uočeno nakon izloženosti od 24 h i to u tri replike pri 13,5 °C s jednom šiljoglavom puzavicom, tri replike pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom i jednom replikom pri 25 °C s pet šiljoglavih puzavica. Kad su šiljoglave puzavice u pokus stavljene gladne, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u četiri replike pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom te u pet replika pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s pet šiljoglavih puzavica za slučaj kratkotrajne izloženosti od 1 h. Nakon izloženosti od 24 h, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u tri replike pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom te u tri replike pri 13,5 °C s pet šiljoglavih puzavica u sustavu.

**U postavu pokusa s velikom vodenbuhom uz dodatak mnogooke puzavice** kao predatora, trenutno nakon dodatka mnogooke puzavice u sustav, životinje su se ponašale kao i u uzgojnim akvarijima. Grupiranje jedinki vodenbuha je, u slučaju sitih mnogookih puzavica stavljenih u pokus, bilo uočeno nakon izloženosti od 1 h u tri replike pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom te u dvije replike pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica u sustavu (Slika 13). Nakon izloženosti od 24 h pojava grupiranja je bila prisutna u jednoj replici pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom te jednoj replici pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica. Kada su mnogooke puzavice u pokus stavljene gladne, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u tri replike pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom te u tri replike pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica za slučaj izloženosti od 1 h. Nakon izloženosti od 24 h, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u četiri replike pri 13,5 °C i dvije replike pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom te u jednoj replici pri 13,5 °C i četiri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica u sustavu.



**Slika 13.** Velika vodenbuha uz dodatak mnogooke puzavice kao predatora. Grupirane jedinke vodenbuha su zaokružene.

**U postavu pokusa s velikom vodenbuhom uz dodatak šiljoglave puzavice i zelene hidre** kao predatora, trenutno nakon dodatka predatora u sustav, u slučaju sitih predatora, šiljoglave puzavice su se intenzivno kretale po eksperimentalnim posudama i hvatale vodenbuhe. U slučaju gladnih predatora, šiljoglave puzavice su se intenzivno kretale po eksperimentalnim

posudama i hvatale vodenbuhe, a zelene hidre su lovkama hvatale ili držale vodenbuhe. Nakon izloženosti od 1 h, kada su šiljoglave puzavice i zelene hidre u pokus stavljene site, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u tri replike pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom te u jednoj replici pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s pet šiljoglavih puzavica i zelenih hidri. Nakon izloženosti od 24 h, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u dvije replike pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom te u jednoj replici pri 13,5 °C s pet šiljoglavih puzavica i zelenih hidri u sustavu. U slučaju gladnih šiljoglavih puzavica i zelenih hidri stavljenih u pokus, nakon izloženosti od 1 h bila je uočena pojava grupiranja jedinki vodenbuha u četiri replike pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom te u pet replika pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s pet šiljoglavih puzavica i zelenih hidri. Grupiranje je, nakon izloženosti od 24 h, bilo uočeno u tri replike pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom. Hiperprodukcija jedinki vodenbuha, kada su predatori siti stavljeni u pokus, bila je uočena u jednoj replici pri 13,5 °C s jednom šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom nakon izloženosti od 1 h. Kada su predatori stavljeni u pokus gladni, hiperprodukcija jedinki vodenbuha bila je uočena u dvije replike pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom nakon izloženosti od 1 h. U slučaju izloženosti od 24 h, hiperprodukcija je bila uočena u jednoj replici pri 13,5 °C i pri 25 °C s jednom šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom u sustavu.

**U postavu pokusa s velikom vodenbuhom uz dodatak mnogooke puzavice i zelene hidre** kao predatora, trenutno nakon dodatka predatora u sustav, životinje su se ponašale kao i u uzgojnim akvarijima. Kada su mnogooke puzavice i zelene hidre u pokus stavljene site, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u dvije replike pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i zelenom hidrom te u jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i zelenih hidri za slučaj izloženosti od 1 h. Nakon izloženosti od 24 h, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u četiri replike pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i zelenom hidrom te u jednoj replici pri 13,5 °C i pri 25 °C s pet šiljoglavih puzavica i zelenih hidri u sustavu. U slučaju gladnih predatora stavljenih u pokus, nakon izloženosti od 1 h bila je uočena pojava grupiranja jedinki vodenbuha u jednoj replici pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i zelenom hidrom te u jednoj replici pri 13,5 °C i pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i zelenih hidri. Grupiranje je, nakon izloženosti od 24 h, bilo uočeno u tri replike pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i zelenom hidrom te u jednoj replici pri 13,5 °C i dvije replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i zelenih hidri

u sustavu. Hiperprodukcija jedinki vodenbuha, kada su predatori siti stavljeni u pokus, bila je uočena je u jednoj replici pri 13,5 °C i četiri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i zelenih hidri nakon izloženosti od 1 h. Nakon izloženosti od 24 h, hiperprodukcija je bila uočena u jednoj replici pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i zelenom hidrom te u dvije replike pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i zelenih hidri u sustavu. Kada su predatori stavljeni u pokus gladni, hiperprodukcija jedinki vodenbuha bila je uočena u jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i zelenih hidri nakon izloženosti od 1 h. U slučaju izloženosti od 24 h, hiperprodukcija je bila uočena u pet replika pri 13,5 °C i dvije replike pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i zelenom hidrom te u četiri replike pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i zelenih hidri.

**U postavu pokusa s velikom vodenbuhom uz dodatak mnogooke puzavice i šiljoglave puzavice** kao predatora, trenutno nakon dodatka predatora u sustav, životinje su se ponašale kao i u uzgojnim akvarijima. Grupiranje jedinki vodenbuha je, u slučaju sitih predatora stavljenih u pokus, bilo uočeno nakon izloženosti od 1 h u tri replike pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i šiljoglavom puzavicom te u dvije replike pri 13,5 °C i pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i šiljoglavih puzavica u sustavu. Nakon izloženosti od 24 h, pojava grupiranja je bila prisutna u četiri replike pri 13,5 °C i dvije replike pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i šiljoglavom puzavicom te jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i šiljoglavih puzavica. Kada su predatori u pokus stavljeni gladni, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u četiri replike pri 13,5 °C i pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i šiljoglavom puzavicom te u tri replike pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i šiljoglavih puzavica za slučaj izloženosti od 1 h. Nakon izloženosti od 24 h, grupiranje jedinki vodenbuha je bilo prisutno u dvije replike pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i šiljoglavom puzavicom u sustavu (Slika 14). Hiperprodukcija jedinki vodenbuha je bila uočena samo u slučaju kada su predatori siti stavljeni u pokus i to u jednoj replici pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i šiljoglavom puzavicom te u tri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i šiljoglavih puzavica nakon izloženosti od 1 h. Nakon izloženosti od 24 h, hiperprodukcija je bila uočena u jednoj replici pri 13,5 °C i tri replike pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i šiljoglavom puzavicom te u dvije replike pri 13,5 °C s pet mnogookih puzavica i šiljoglavih puzavica u sustavu.





**Slika 14.** Velika vodenbuha uz dodatak i mnogooke i šiljoglave puzavice kao predatora. Grupirane jedinice vodenbuha su zaokružene.

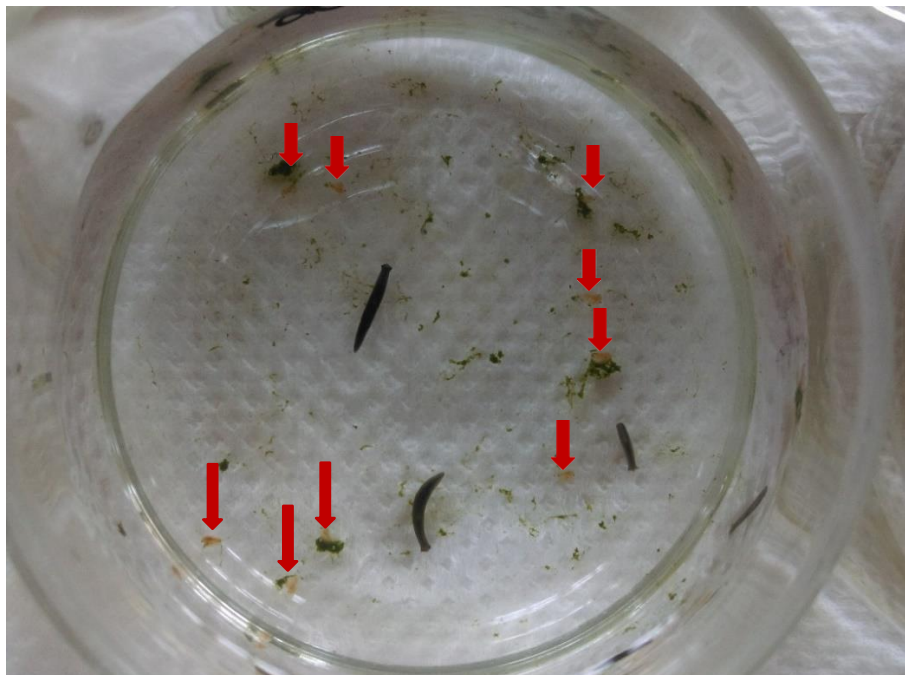
**U postavu pokusa s velikom vodenbuhom uz dodatak mnogooke puzavice kao predatora i uz dodatak suspenzije izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus***, trenutno nakon dodatka mnogooke puzavice i suspenzije alge u sustav, mnogooke puzavice su se ponašale kao i u uzgojnim akvarijima, a alge su bile homogeno raspršene po eksperimentalnoj posudi. Grupiranje jedinki vodenbuha je, u slučaju sitih predatora stavljenih u pokus, bilo uočeno nakon izloženosti od 1 h u tri replike pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi u sustavu. Nakon izloženosti od 24 h, pojava grupiranja bila je prisutna u jednoj replici pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi. Kada su predatori u pokus stavljeni gladni, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u dvije replike pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi (Slika 15) te u dvije replike pri 13,5 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi za slučaj izloženosti od 1 h. Nakon izloženosti od 24 h, grupiranje jedinki vodenbuha bilo je prisutno u jednoj replici pri 13,5 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi u sustavu. Hiperprodukcija jedinki vodenbuha, kada su predatori siti stavljeni u pokus, bila je uočena samo u slučaju izloženosti od 24 h i to u dvije replike pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u tri replike pri 13,5 °C i četiri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi. Kada su predatori stavljeni u pokus gladni, hiperprodukcija jedinki vodenbuha bila je uočena u jednoj replici pri 13,5 °C s

jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi nakon izloženosti od 1 h. U slučaju izloženosti od 24 h, hiperprodukcija je bila uočena u četiri replike pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u dvije replike pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi. Ubrzano kretanje (“bullet”) jedinki vodenbuha bilo je uočeno samo nakon izloženosti od 24 u slučaju kada su mnogooke puzavice u pokus stavljene site i to u jednoj replici s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u jednoj replici s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi pri 25 °C (Tablica 2). Kada su životinje stavljene u pokus site, pojava zarobljenosti vodenbuha u algama bila je uočena u nakon izloženosti od 1 h u tri replike pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi, a nakon izloženosti od 24 h u dvije replike pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u četiri replike pri 13,5 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi. Pojava niti algi na zatku bila je uočena nakon izloženosti od 1 h u jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi, a nakon izloženosti od 24 h u jednoj replici pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u četiri replike pri 13,5 °C i jednoj replici pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi. Pojava zelenog zatka vodenbuha bila je uočena nakon izloženosti od 24 h u tri replike pri 13,5 °C i u jednoj replici pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi. Kada su životinje stavljene u pokus gladne, pojava zarobljenosti vodenbuha u algama bila je uočena nakon izloženosti od 1 h u dvije replike pri 13,5 °C i pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u četiri replike pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi, a nakon izloženosti od 24 h u tri replike pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u tri replike pri 13,5 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi (Slika 16). Pojava niti algi na zatku bila je uočena nakon izloženosti od 1 h u četiri replike pri 13,5 °C i pet replika pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u pet replika pri 13,5 °C i četiri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi, a nakon izloženosti od 24 h u dvije replike pri 13,5 °C i dvije replike pri 25 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi te u tri replike pri 13,5 °C i četiri replike pri 25 °C s pet mnogookih puzavica i suspenzijom algi. Pojava zelenog zatka vodenbuha bila je uočena nakon izloženosti od 24 h u jednoj replici pri 13,5 °C s jednom mnogookom puzavicom i suspenzijom algi.





**Slika 15.** Velika vodenbuha uz dodatak mnogooke puzavice kao predatora i suspenzije izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus*. Na dnu posude se vidi mreža algi i sluzi virnjaka u kojoj su zarobljene jedinke vodenbuhe uz grupiranje pet jedinki (zaokruženo).



**Slika 16.** Velika vodenbuha uz dodatak mnogooke puzavice kao predatora i suspenzije izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus*. Na dnu posude se vidi mreža algi i sluzi virnjaka u kojoj su zarobljene jedinke vodenbuhe (prikazane strelicama).

**U postavu pokusa s velikom vodenbuhom uz dodatak suspenzije izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus***, trenutno nakon dodatka suspenzije alge u sustav alge su bile homogeno raspršene po eksperimentalnoj posudi, a vodenbuhe su se ponašale kao i u uzgojnom akvariju. Hiperprodukcija jedinki vodenbuha bila je uočena jedino nakon izloženosti od 24 h i to u pet replika pri 25 °C i jednoj replici pri 13,5 °C. Ubrzano kretanje (“bullet”) jedinki vodenbuha bilo je uočeno u pet replika samo nakon izloženosti od 24 h i pri 25 °C (Tablica 2).

**Tablica 2.** Pojavnost ubrzanog kretanja (“bullet”) jedinki velike vodenbuhe *D. magna* (DM) u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom *D. magna* (DM), mnogookom puzavicom *P. felina* (PF) i dodatkom suspenzije izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) (PF+DM+CZ) te u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom *D. magna* (DM) i dodatkom suspenzije izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) (DM+CZ)

		PF+DM+CZ			DM+CZ
		+/-			+/-
		PF(1)	PF(5)		
<b>SITO</b> <b>(25 °C)</b>	1 h	-	-	<b>25 °C</b>	-
	24 h	+	+		+
<b>SITO</b> <b>(13,5 °C)</b>	1 h	-	-	<b>13,5 °C</b>	-
	24 h	-	-		-
<b>GLADNO</b> <b>(25 °C)</b>	1 h	-	-		
	24 h	-	-		
<b>GLADNO</b> <b>(13,5 °C)</b>	1 h	-	-		
	24 h	-	-		

PF(1) – jedna jedinka mnogooke puzavice *Polycelis felina*; PF(5) – pet jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina*

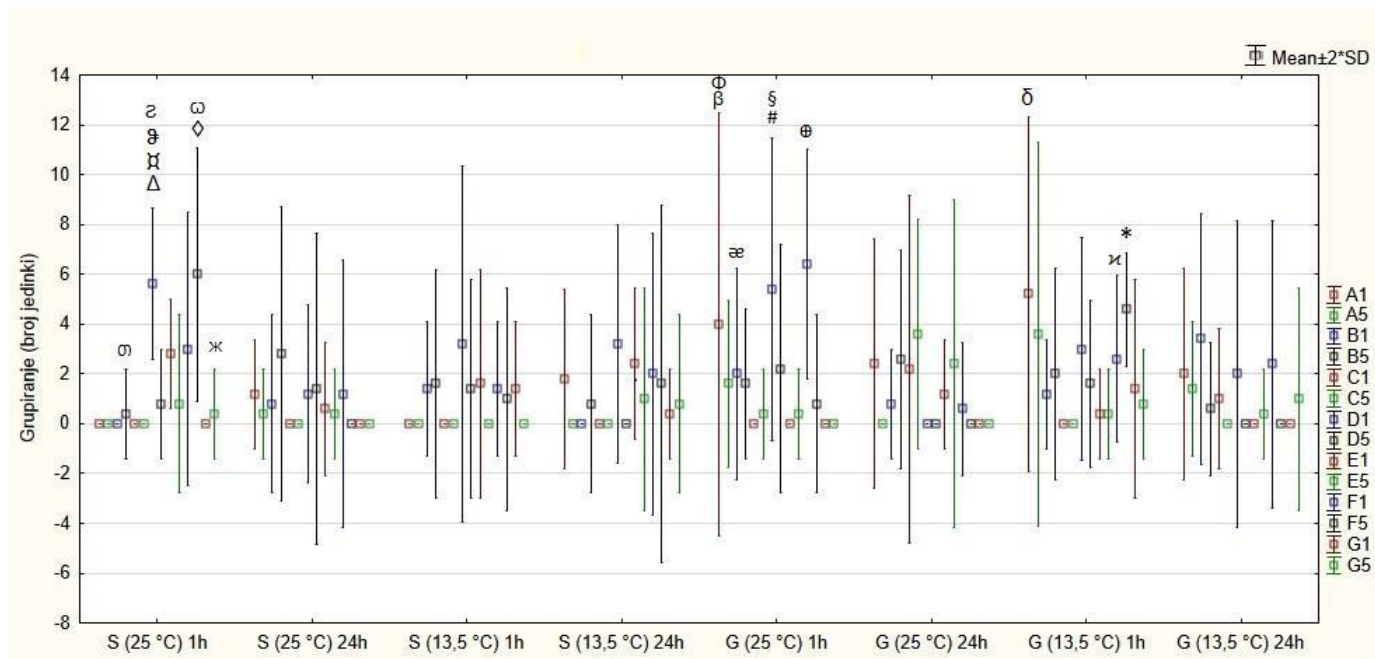
Prethodno opisano provjereno je statističkom obradom podataka. Najizraženija statistički značajna razlika u grupiranju jedinki velike vodenbuhe uočena je između uvjeta sito i gladno kada je u sustavu prisutna samo jedna vrsta predatora i to u eksperimentalnim postavima s velikom vodenbuhom i jednom jedinkom šiljoglave puzavice nakon 1 h pri 13,5 °C ( $p=0,0002$ ) i 25 °C ( $p=0,0113$ ), u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i pet jedinki šiljoglave puzavice nakon 1 h pri 13,5 °C ( $p=0,0351$ ) te u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i pet jedinki zelene hidre nakon 24 h pri 25 °C ( $p=0,0351$ ) (Tablica 3). Pojavnost grupiranja jedinki velike vodenbuhe u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i sitom zelenom hidrom nije uočena, a u slučaju gladnih zelenih hidri stavljenih u pokus

pojavnost grupiranja velike vodenbuhe je znatno manja, nego li je u slučaju gladnih virnjaka (Tablica 3). Statistički značajna razlika u pojavnosti grupiranja jedinki velike vodenbuhe uočena je između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i jednom jedinkom šiljoglave puzavice i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i jednom jedinkom zelene hidre u uvjetima gladnih predatora nakon 1 h pri 13,5 °C ( $p=0,0317$ ) i 25 °C ( $p=0,0005$ ) (Slika 17). Razlika u grupiranju jedinki velike vodenbuhe uočena je između uvjeta 1 h i 24 h pri 25 °C kada je u sustavu prisutna po jedna jedinka dvije vrste predatora pri čemu je statistički značajna razlika uočena u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i gladnom ( $p<0,0001$ ) i sitom ( $p=0,0031$ ) šiljoglavom i mnogookom puzavicom te u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i gladnom šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom ( $p<0,0001$ ) (Tablica 3). Utjecaj dvije vrste predatora na pojavnost grupiranja velike vodenbuhe u odnosu na utjecaj jedne vrste predatora u sustavu je veći i u većoj mjeri je uočen kada su u mikrokozmosima prisutne samo po jedna jedinka predatora što se pokazalo i statistički značajno u slučaju sitih predatora nakon 1 h pri 25 °C između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i šiljoglavom puzavicom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom i mnogookom puzavicom ( $p=0,0001$ ), između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i mnogookom puzavicom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom i mnogookom puzavicom ( $p=0,0001$ ), između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i zelenom hidrom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i šiljoglavom i mnogookom puzavicom ( $p=0,0001$ ) (Slika 17). U slučaju gladnih predatora nakon 1 h pri 25 °C, razlika u pojavnosti grupiranja velike vodenbuhe kada je u sustavu prisutna po jedna jedinka predatora pokazala je statističku značajnost između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i mnogookom puzavicom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom ( $p=0,0093$ ), između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i zelenom hidrom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom i mnogookom puzavicom ( $p=0,0002$ ) kao i između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i zelenom hidrom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom ( $p<0,0001$ ) (Slika 17). Razlika u pojavnosti grupiranja velike vodenbuhe smanjuje se između eksperimentalnih postava s jednom vrstom predatora i s dvije vrste predatora kada je u sustavu prisutno po pet jedinki predatora što je vidljivo i u manjem broju statistički značajnih razlika, a one su uočene u slučaju sitih predatora nakon 1 h pri 25 °C između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i šiljoglavom puzavicom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i

zelenom hidrom ( $p < 0,0001$ ), između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i mnogookom puzavicom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom ( $p = 0,0001$ ) te između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i zelenom hidrom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom ( $p < 0,0001$ ) (Slika 17). U slučaju gladnih predatora nakon 1 h pri 13,5 °C, razlika u pojavnosti grupiranja velike vodenbuhe kada je u sustavu prisutno po pet jedinki predatora pokazala je statističku značajnost samo između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i zelenom hidrom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom ( $p = 0,0048$ ). Pojavnost grupiranja velike vodenbuhe u prisutnosti izolirane endosimbiotske alge *D. subspicatus* manja je nego u eksperimentalnim postavima bez alge, a razlika u toj pojavnosti statistički je značajna u slučaju kada je u sustavu prisutna po jedna jedinka predatora i kada su predatori stavljeni u pokus gladni nakon 1 h pri 25 °C između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i šiljoglavom puzavicom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom ( $p = 0,0317$ ), između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom i mnogookom puzavicom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom ( $p = 0,0002$ ) te između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom ( $p < 0,0001$ ) (Slika 17). U slučaju sitih predatora nakon 1 h pri 25 °C, razlika u pojavnosti grupiranja velike vodenbuhe pokazala je statističku značajnost između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom i jednom jedinkom šiljoglave i mnogooke puzavice i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, jednom jedinkom mnogooke puzavice i izoliranom endosimbiotskom algom ( $p = 0,0001$ ) te između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, pet jedinki šiljoglave puzavice i zelene hidre i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, pet jedinki mnogooke puzavice i izoliranom endosimbiotskom algom ( $p = 0,0001$ ) (Slika 17).

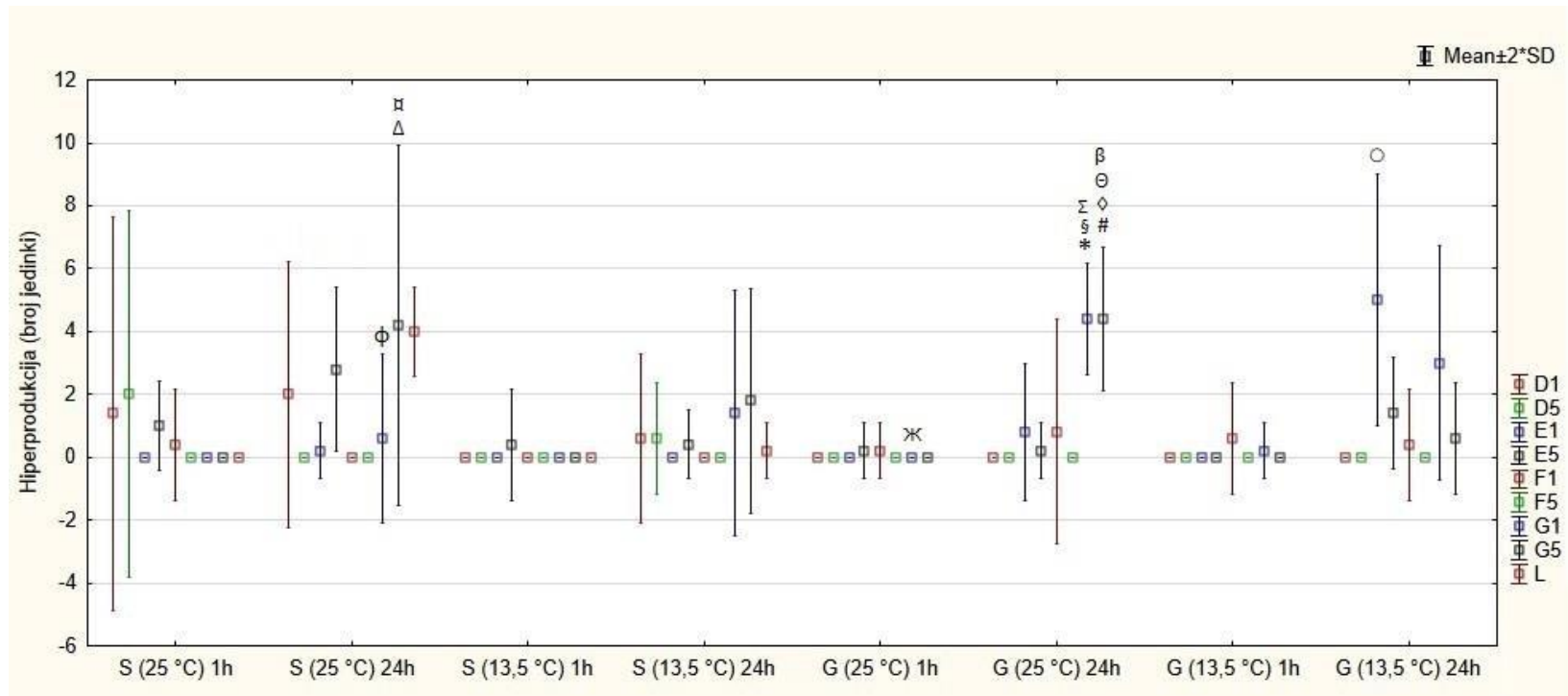
**Tablica 3.** Srednje vrijednosti i standardne devijacije ( $\bar{x} \pm SD$ ) grupiranih jedinki velike vodenbuhe *D. magna* (DM) uz istaknute statističke značajnosti u eksperimentalnim postavama s: velikom vodenbuhom *D. magna* (DM) i šiljoglavom puzavicom *D. gonocephala* (DG) (DG+DM), velikom vodenbuhom *D. magna* (DM) i mnogookom puzavicom *P. felina* (PF) (PF+DM), velikom vodenbuhom *D. magna* (DM) i zelenom hidrom *H. viridissima* (HV) (HV+DM), velikom vodenbuhom *D. magna* (DM), šiljoglavom puzavicom *D. gonocephala* (DG) i mnogookom puzavicom *P. felina* (PF) (PF+DG+DM), velikom vodenbuhom *D. magna* (DM), mnogookom puzavicom *P. felina* (PF) i zelenom hidrom *H. viridissima* (HV) (PF+HV+DM), velikom vodenbuhom *D. magna* (DM), šiljoglavom puzavicom *D. gonocephala* (DG) i zelenom hidrom *H. viridissima* (HV) (DG+HV+DM) te velikom vodenbuhom *D. magna* (DM), mnogookom puzavicom *P. felina* (PF) i dodatkom suspenzije izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) (PF+DM+CZ). Simbolima su označene statistički značajne razlike unutar istog eksperimentalnog postava između: uvjeta sito 25 °C i gladno 25 °C nakon jednog sata (◇); uvjeta sito 13,5 °C i gladno 13,5 °C nakon jednog sata (#); uvjeta sito 25 °C i gladno 25 °C nakon 24 sata (⚡); jednog i 24 sata pri uvjetu sito 25 °C (\*); jednog i 24 sata pri uvjetu gladno 25 °C (Δ)

		DG+DM		PF+DM		HV+DM		PF+DG+DM		PF+HV+DM		DG+HV+DM		PF+DM+CZ	
		$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$		$\bar{x} \pm SD$	
		DG(1)	DG(5)	PF(1)	PF(5)	HV(1)	HV(5)	PF(1) DG(1)	PF(5) DG(5)	PF(1) HV(1)	PF(5) HV(5)	DG(1) HV(1)	DG(5) HV(5)	PF(1)	PF(5)
SITO (25 °C)	1 h	0 ◇	0	0	0,4±0,89	0	0	5,6±1,52	0,8±1,09	2,8±1,09	0,8±1,79	3,0±2,74	6,0±2,55	0	0,4±0,89
	24 h	1,2±1,09	0,4±0,89	0,8±1,78	2,8±2,94	0	0 ⚡	1,2±1,78 *	3,5±4,94	0,6±1,34	0,4±0,89	1,2±2,68	0	0	0
SITO (13,5 °C)	1 h	0 #	0 #	1,4±1,34	1,6±2,30	0	0	3,2±3,56	1,4±2,19	1,6±2,30	0	1,4±1,34	1,0±2,23	1,4±1,34	0
	24 h	1,8±1,78	0	0	0,8±1,78	0	0	3,2±2,38	0	2,4±1,51	1,0±2,23	2,0±2,82	1,6±3,57	0,4±0,89	0,8±1,78
GLADNO (25 °C)	1 h	4,0±4,24	1,6±1,67	2,0±2,12	1,6±1,51	0	0,4±0,89	5,4±3,04	2,2±2,49	0	0,4±0,89	6,4±2,30	0,8±1,78	0	0
	24 h	2,4±2,50	0	0,8±1,09	2,6± 2,19	2,2±3,49	3,6±2,30	0 Δ	0	1,2±1,09	2,4±3,28	0,6±1,34 Δ	0	0	0
GLADNO (13,5 °C)	1 h	5,2±3,56	3,6±3,84	1,2±1,09	2,0±2,12	0	0	3,0±2,23	1,6±1,67	0,4±0,89	0,4±0,89	2,6±1,67	4,6±1,14	1,4±2,19	0,8±1,09
	24 h	2,0±2,12	1,4±1,34	3,4±2,50	0,6±1,34	1,0±1,41	0	2,0±3,08	0	0	0,4±0,89	2,4±2,88	0	0	1,0±2,24



**Slika 17.** Prikaz srednjih vrijednosti i standardnih devijacija grupiranih jedinki velike vodenbuhe uz istaknute statističke značajnosti za uvjete sito (S) i gladno (G) nakon 1 h i 24 h pri 25 °C i 13,5 °C u eksperimentalnim postavima s: velikom vodenbuhom *D. magna* i jednom (A1) ili pet (A5) jedinki šiljoglavih puzavica; velikom vodenbuhom i jednom (B1) ili pet (B5) jedinki mnogookih puzavica; velikom vodenbuhom i jednom (C1) ili pet (C5) jedinki zelenih hidri; velikom vodenbuhom i jednom (D1) ili pet (D5) jedinki šiljoglavih i mnogookih puzavica; velikom vodenbuhom i jednom (E1) ili pet (E5) jedinki mnogookih puzavica i zelenih hidri; velikom vodenbuhom i jednom (F1) ili pet (F5) jedinki šiljoglavih puzavica i zelenih hidri; velikom vodenbuhom, jednom (G1) ili pet (G5) jedinki mnogookih puzavica i dodatkom izolirane endosimbotske alge. Simbolima su označene statistički značajne razlike između eksperimentalnih postava: C1 i D1 u uvjetima sito 25 °C nakon jednog sata (Δ); C1 i D1 u uvjetima gladno 25 °C nakon jednog sata (#); C5 i F5 u uvjetima sito 25 °C nakon jednog sata (ς); C5 i F5 u uvjetima gladno 13,5 °C nakon jednog sata (\*); D1 i G1 u uvjetima sito 25 °C nakon jednog sata (ϖ); D1 i G1 u uvjetima gladno 25 °C nakon jednog sata (§); A1 i C1 u uvjetima gladno 25 °C nakon jednog sata (β); A1 i C1 u uvjetima gladno 13,5 °C nakon jednog sata (ϑ); A1 i G1 u uvjetima gladno 25 °C nakon jednog sata (ϕ); F1 i G1 u uvjetima gladno 13,5 °C nakon jednog sata (⌘); F5 i G5 u uvjetima sito 25 °C nakon jednog sata (⌚); A5 i F5 u uvjetima sito 25 °C nakon jednog sata (□); B5 i F5 u uvjetima sito 25 °C nakon jednog sata (□); A1 i D1 u uvjetima sito 25 °C nakon jednog sata (□); B1 i D1 u uvjetima sito 25 °C nakon jednog sata (□); B1 i F1 u uvjetima gladno 25 °C nakon jednog sata (⌚); C1 i F1 u uvjetima gladno 25 °C nakon jednog sata (□)

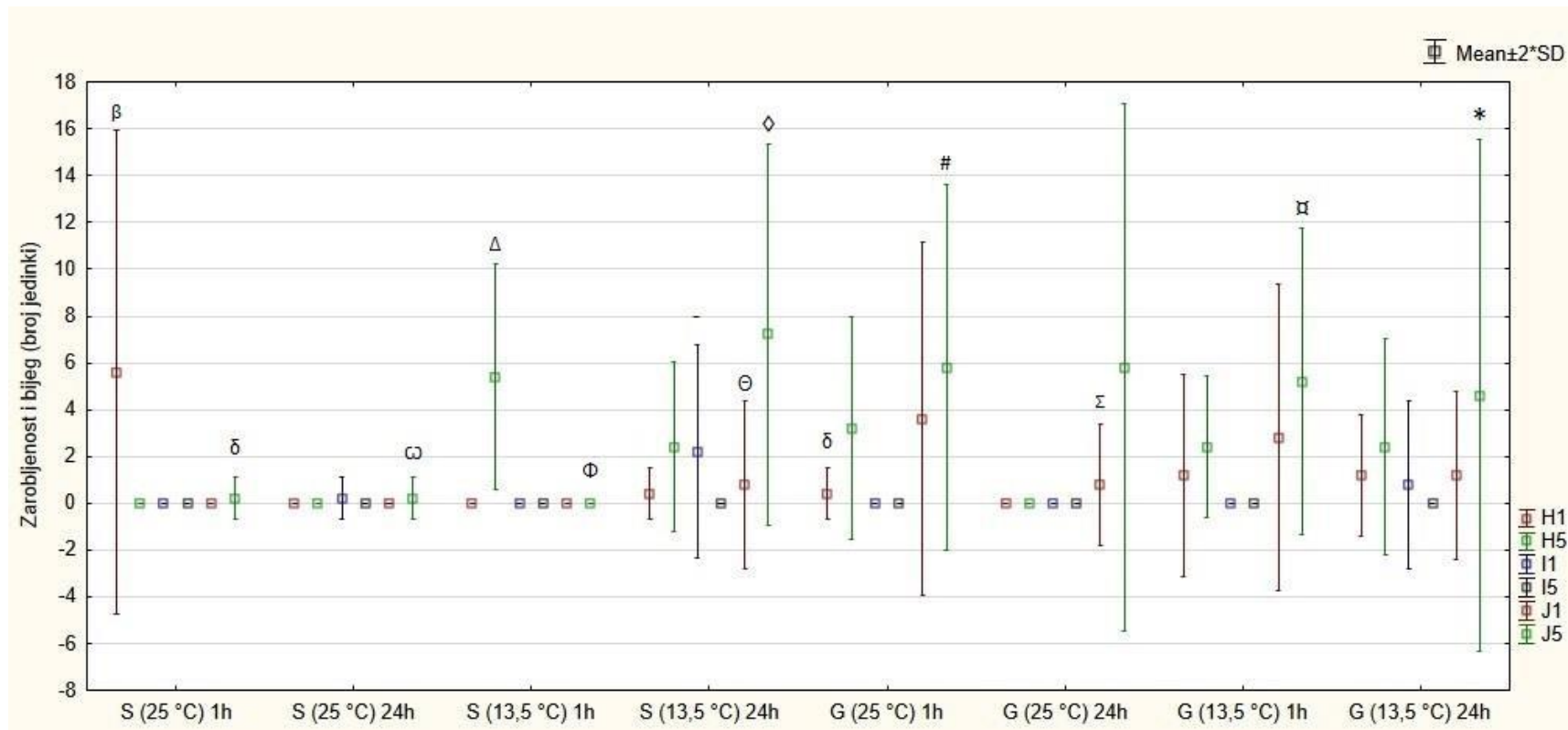
Kada je u sustavu prisutna po jedna jedinka predatora, u gotovo svim odnosima je pojava hiperprodukcije veća u slučaju gladnih predatora stavljenih u sustav, a statističke značajnosti uočene su između uvjeta sito i gladno nakon 24 h u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i zelenom hidrom pri 13,5 °C ( $p < 0,0001$ ) kao i u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom pri 25 °C ( $p < 0,0001$ ) (Slika 18). U eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom *D. subspicatus* uočena je statistički značajna razlika u pojavnosti hiperprodukcije jedinki velike vodenbuhe između 1 h i 24 h pri 25 °C kada su predatori u pokus stavljeni gladni u slučaju jedne jedinke predatora ( $p < 0,0001$ ) i u slučaju pet jedinki predatora stavljenih u sustav ( $p < 0,0001$ ) (Slika 18). Iako je pojava hiperprodukcije prisutna i u eksperimentalnim postavama bez izolirane endosimbiotske alge, veća pojava hiperprodukcije uočena je u eksperimentalnom postavu s izoliranom endosimbiotskom algom, a statistički značajne razlike ( $p < 0,0001$ ) u hiperprodukciji za slučaj jedne i pet gladnih jedinki predatora pri 25 °C nakon 24 h uočene su između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom i šiljoglavom puzavicom; između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i zelenom hidrom; između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom (Slika 18). Kada su predatori stavljeni u pokus siti, statistički značajna razlika u hiperprodukciji za slučaj pet jedinki predatora nakon 24 h pri 25 °C uočena je između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom i šiljoglavom puzavicom ( $p < 0,0001$ ) kao i između eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom i eksperimentalnog postava s velikom vodenbuhom, šiljoglavom puzavicom i zelenom hidrom ( $p < 0,0001$ ) (Slika 18).



**Slika 18.** Prikaz srednjih vrijednosti i standardnih devijacija hiperproduciranih jedinki velike vodenbuhe uz istaknute statističke značajnosti za uvjete sito (S) i gladno (G) nakon 1 h i 24 h pri 25 °C i 13,5 °C u eksperimentalnim postavama s: velikom vodenbuhom i jednom (D1) ili pet (D5) jedinki šiljoglavih i mnogookih puzavica; velikom vodenbuhom i jednom (E1) ili pet (E5) jedinki mnogookih puzavica i zelenih hidri; velikom vodenbuhom i jednom (F1) ili pet (F5) jedinki šiljoglavih puzavica i zelenih hidri; velikom vodenbuhom, jednom (G1) ili pet (G5) jedinki mnogookih puzavica i dodatkom izolirane endosimbiotske alge; velikom vodenbuhom puzavica i dodatkom izolirane endosimbiotske alge (L). Simbolima su označene statistički značajne razlike između eksperimentalnih postava: D5 i G5 u uvjetima sito 25 °C nakon 24 sata (Δ); D5 i G5 u uvjetima gladno 25 °C nakon 24 sata (#); F5 i G5 u uvjetima gladno 25 °C nakon 24 sata (ϕ); F5 i G5 u uvjetima sito 25 °C nakon 24 sata (ς); D1 i G1 u uvjetima gladno 25 °C nakon 24 sata (\*); E1 i G1 u uvjetima gladno 25 °C nakon 24 sata (§); E5 i G5 u uvjetima gladno 25 °C nakon 24 sata (Θ); F1 i G1 u uvjetima gladno 25 °C nakon 24 sata (Σ); F5 i G5 u uvjetima gladno 25 °C nakon 24 sata (β) te unutar istog eksperimentalnog postava između: uvjeta sito 13,5 °C i gladno 13,5°C nakon 24 sata (○); uvjeta sito 25 °C i gladno 25 °C nakon 24 sata (ϕ); jednog i 24 sata pri uvjetu gladno 25 °C (ϰ)



Pojava bijega iz algi, odnosno pojavnost zarobljenosti jedinki velike vodenbuhe u mreži algi i sluzi, zeleni zadak i niti algi na zatku velike vodenbuhe, uočena je samo u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i mnogookom puzavicom i izoliranom endosimbiotskom algom *D. subspicatus*. Statistički značajna razlika u zarobljenosti jedinki velike vodenbuhe u mreži algi i sluzi uočena je pri 25 °C između 1 h i 24 h kada je po jedna jedinka predatora stavljena u pokus sita ( $p=0,0007$ ) kao i između uvjeta sito i gladno nakon 1 h ( $p=0,0024$ ) (Slika 19). Iako je znatno veći broj jedinki velike vodenbuhe zarobljenih u mreži algi i sluzi uočen u slučaju kada je u sustavu prisutno pet jedinki predatora, statistički značajna razlika u pojavnosti zarobljenosti vodenbuha između jedne i pet jedinki predatora uočena je samo nakon 1 h pri 13,5 °C kada su predatori u pokus stavljeni siti ( $p=0,0007$ ). Broj jedinki s nitima algi na zatku veći je u slučaju kada je pet jedinki predatora stavljeno gladno u pokus, a statistički značajna razlika u pojavnosti niti algi na zatku velike vodenbuhe uočena je između uvjeta sito i gladno pri 25 °C nakon 1 h ( $p=0,0007$ ) i nakon 24 h ( $p=0,0007$ ) te pri 13,5 °C nakon 1 h ( $p=0,0024$ ) kada je prisutno pet gladnih jedinki predatora u sustavu (Slika 19). Iako je pri gotovo svim uvjetima pojavnost zelenog zatka mnogo manja od pojavnosti niti algi na zatku velike vodenbuhe, statistički značajna razlika uočena je samo u slučaju kada je po pet gladnih jedinki predatora stavljeno u pokus pri 25 °C nakon 1 h ( $p=0,0002$ ) i nakon 24 h ( $p=0,0002$ ) te pri 13,5 °C nakon 1 h ( $p=0,0013$ ) i nakon 24 h ( $p=0,0069$ ) (Slika 19). Kada je pet sitih jedinki predatora stavljeno u pokus, statistički značajna razlika uočena je između pojavnosti niti algi na zatku i zelenog zatka nakon 24 h pri 13,5 °C ( $p<0,0001$ ). Utjecaj broja jedinki predatora prisutnih u pokusu vidljiv je kod pojavnosti niti algi na zatku nakon 24 h, a statistički značajna razlika utvrđena je između jedne i pet sitih jedinki predatora pri 13,5 °C ( $p<0,0001$ ) te pri 25 °C kada su predatori u pokus stavljeni gladni ( $p=0,0024$ ) (Slika 19).

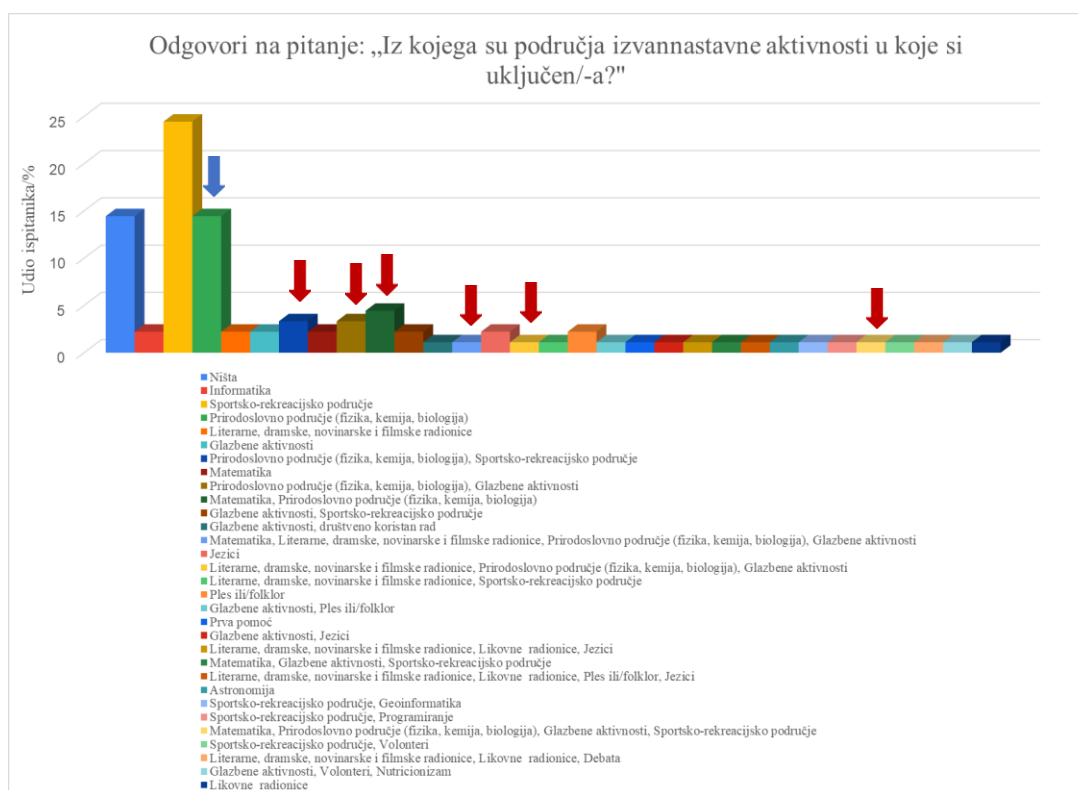


**Slika 19.** Prikaz srednjih vrijednosti i standardnih devijacija uz istaknute statističke značajnosti za uvjete sito (S) i gladno (G) nakon 1 h i 24 h pri 25 °C i 13,5 °C u eksperimentalnom postavu velikom vodenbuhom, mnogookom puzavicom i dodatkom izolirane endosimbiotske alge za: zarobljenost jedinki velike vodenbuhe u mreži algi i sluzi u prisutnosti jednog (H1) ili pet (H5) jedinki predatora; pojavnost zelenog zatka velike vodenbuhe u prisutnosti jednog (I1) ili pet (I5) jedinki predatora; pojavnost niti algi na zatku velike vodenbuhe u prisutnosti jednog (J1) ili pet (J5) jedinki predatora. Simbolima su označene statistički značajne razlike između eksperimentalnih postava: H1 i H5 u uvjetima sito 13,5 °C nakon jednog sata ( $\Delta$ ); J5 i I5 u uvjetima gladno 25 °C nakon jednog sata ( $\#$ ); J5 i I5 u uvjetima sito 13,5 °C nakon 24 sata ( $\diamond$ ); J5 i I5 u uvjetima gladno 13,5 °C nakon jednog sata ( $\boxtimes$ ); J5 i I5 u uvjetima gladno 13,5 °C nakon 24 sata ( $*$ ); J1 i J5 u uvjetima sito 13,5 °C nakon 24 sata ( $\Theta$ ); J1 i J5 u uvjetima gladno 25 °C nakon 24 sata ( $\Sigma$ ) te unutar istog eksperimentalnog postava između: jednog i 24 sata pri uvjetu sito 25 °C ( $\beta$ ); uvjeta sito 25 °C i gladno 25 °C nakon jednog sata ( $\delta$ ); uvjeta sito 25 °C i gladno 25 °C nakon 24 sata ( $\zeta$ ); uvjeta sito 13,5 °C i gladno 13,5 °C nakon jednog sata ( $\Phi$ )

## 3.2. Anketno istraživanje o atraktivnosti prirodoslovnog područja te određenih aktivnosti u izvannastavnim aktivnostima i izbornoj nastavi

### 3.2.1. Rezultati istraživanja odabira izvannastavnih aktivnosti učenika srednjih škola (Zagreba)

Iako je najveći udio ispitanih učenika uključen u sportsko-rekreacijsko područje izvannastavnih aktivnosti (njih 24,44 %), drugo je zastupljeno prirodoslovno područje s 14,44 %, a svoje drugo mjesto po zastupljenosti dijeli s udjelom učenika (14,44 %) koji nisu uključeni u izvannastavne aktivnosti. Osim toga, prirodoslovno područje u kombinaciji s drugim područjima zastupljeno je ukupno s još 14,44 % (Slika 20).



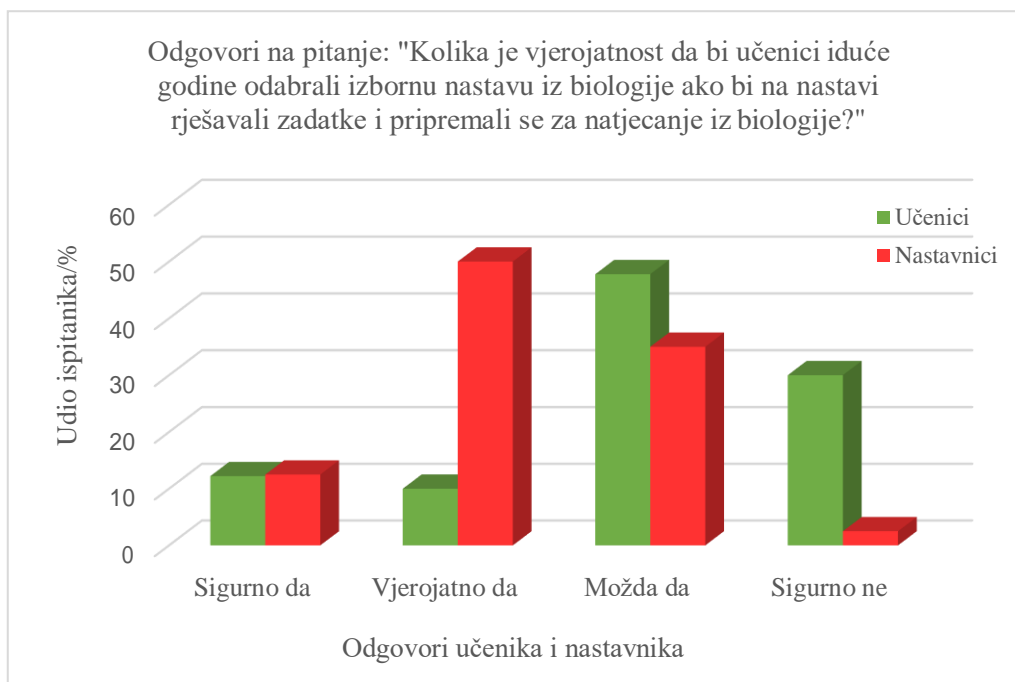
**Slika 20.** Prikaz zastupljenosti područja izvannastavnih aktivnosti ispitanih učenika. Odgovori koji sadrže samo prirodoslovno područje označeni su plavom strelicom. Odgovori koji, uz neki drugi izbor, sadrže i prirodoslovno područje označeni su crvenim strelicama.

### 3.2.2. Rezultati istraživanja preferencija nastavnika i učenika prema sadržajima ponuđenim u okviru izvannastavnih aktivnosti iz biologije u srednjim školama

Atraktivnost ponuđenih sadržaja izvannastavnih aktivnosti iz biologije može se vidjeti iz odgovora učenika prikazanih Slikama 21-24.

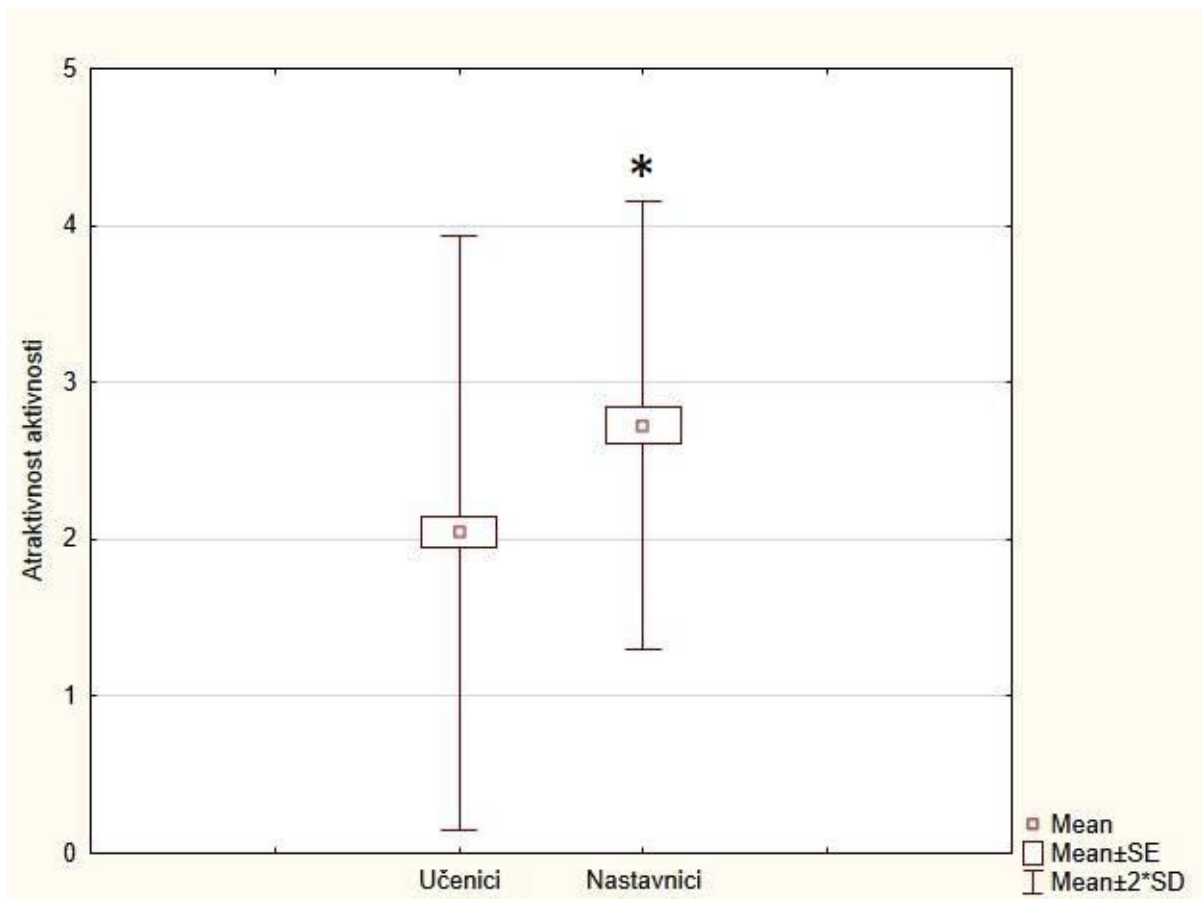
Izbornu nastavu iz biologije na kojoj bi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanje iz biologije sigurno bi odabralo samo 12,22 % učenika, 10 % učenika bi je vjerojatno odabralo, a

možda bi je odabralo 47,78 % učenika. Iako gotovo jednak udio nastavnika kao i učenika smatra da bi učenici sigurno odabirali izbornu nastavu iz biologije, prilikom odabira odgovora “vjerojatno da” nastavnici su mnogo optimističniji od samih učenika, odnosno čak 50 % nastavnika smatra da bi učenici vjerojatno odabrali izbornu nastavu iz biologije kada bi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanje iz biologije. Odgovor “sigurno ne” odabralo je 30 % učenika i samo 2,5 % nastavnika (Slika 21a).



**Slika 21a.** Udio ispitanika s obzirom na odgovor na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na nastavi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanje iz biologije?“

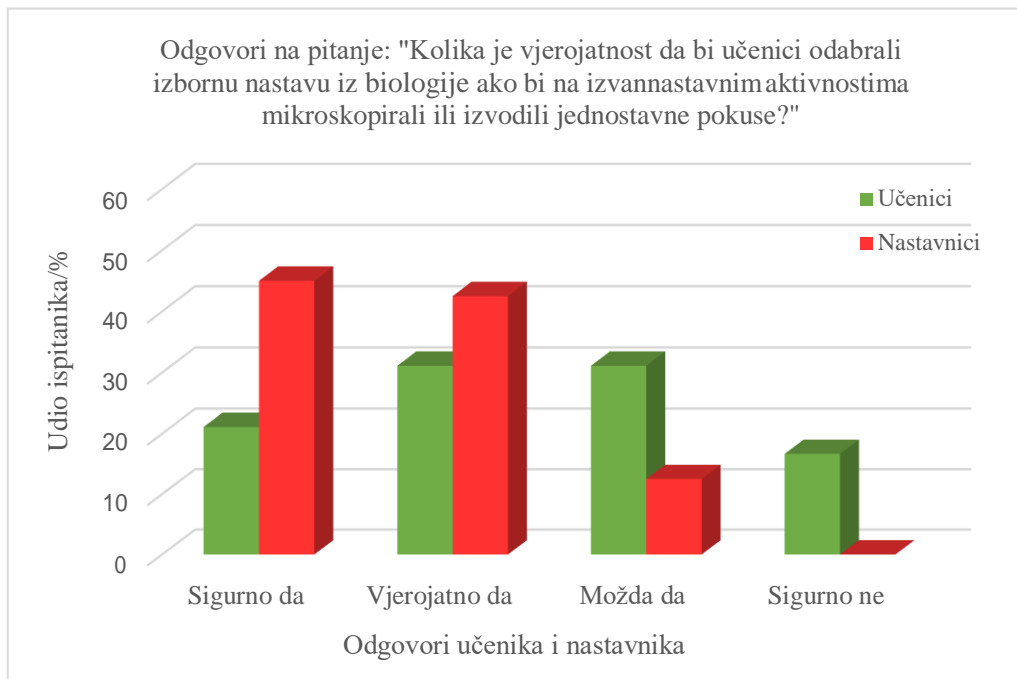
Statističkom analizom odgovora učenika i nastavnika utvrđeno je da se učenicima rješavanje zadataka i priprema za natjecanje sviđaju značajno manje ( $p=0,00002$ ), nego što to misle nastavnici (Slika 21b).



**Slika 21b.** Distribucija odgovora učenika i nastavnika na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na nastavi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanje iz biologije?“.

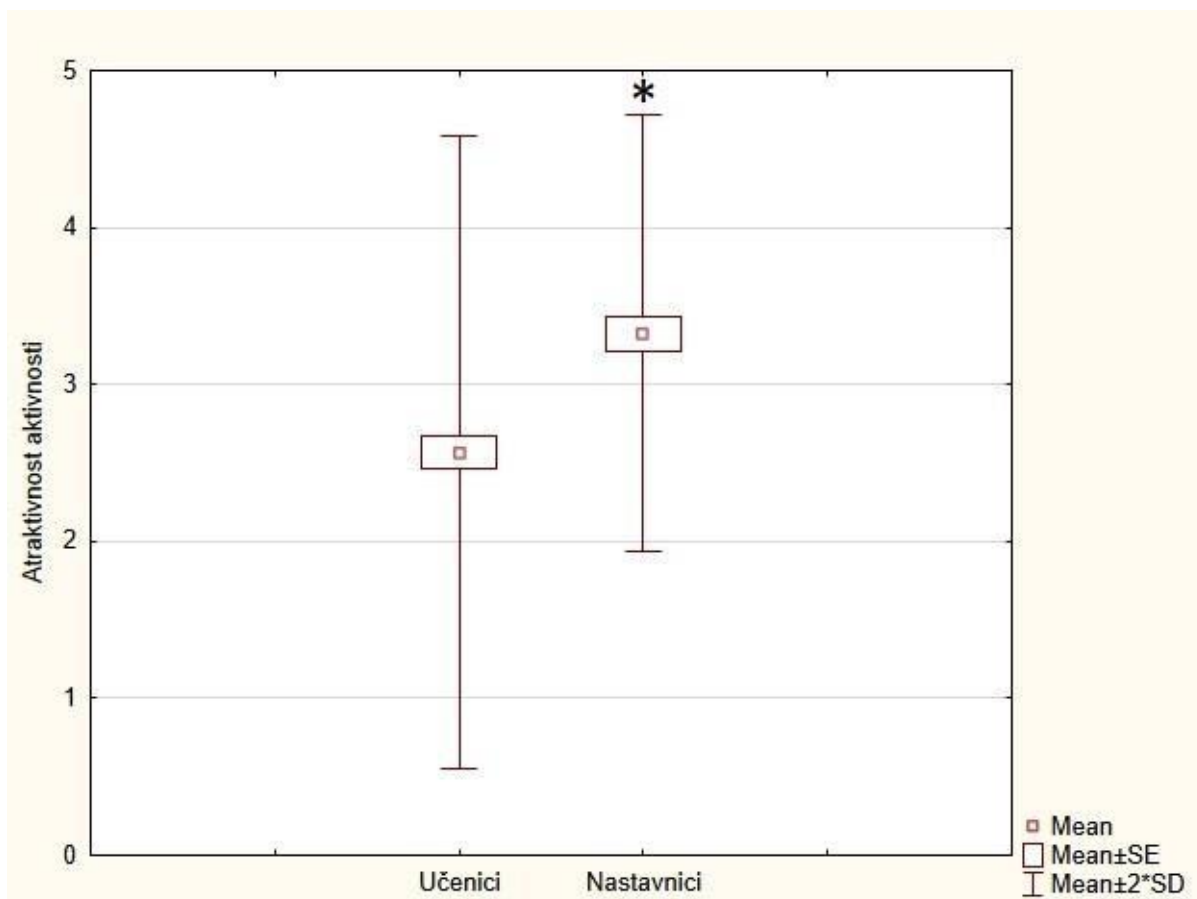
\* Statistički značajna razlika između pretpostavki nastavnika i preferencija učenika označena je zvjezdicom ( $p=0,00002$ ).

Na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na izvannastavnim aktivnostima mikroskopirali ili izvodili jednostavne pokuse?“, odgovore “sigurno da” ili “vjerojatno da” ukupno je odabralo 52,22 % učenika i čak 87,5 % nastavnika. “Sigurno ne” je odabralo 0 % nastavnika dok je isti odgovor odabralo 16,67 % učenika (Slika 22a).



**Slika 22a.** Udio ispitanika s obzirom na odgovor na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na izvannastavnim aktivnostima mikroskopirali ili izvodili jednostavne pokuse?“

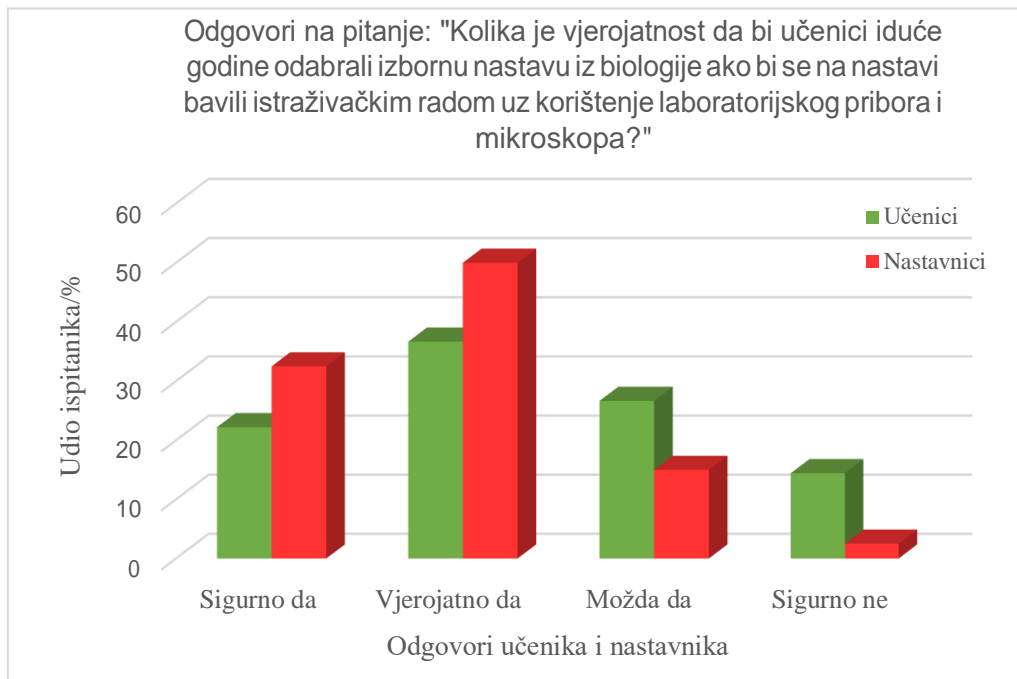
Statističkom analizom odgovora učenika i nastavnika utvrđeno je da bi učenici odabirali izbornu nastavu iz biologije ako bi na izvannastavnim aktivnostima mikroskopirali ili izvodili jednostavne pokuse u značajno manjoj mjeri ( $p=0,000003$ ) nego što to misle nastavnici (Slika 22b).



**Slika 22b.** Distribucija odgovora učenika i nastavnika na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na izvannastavnim aktivnostima mikroskopirali ili izvodili jednostavne pokuse?“.

\* Statistički značajna razlika između pretpostavki nastavnika i preferencija učenika označena je zvjezdicom ( $p=0,000003$ ).

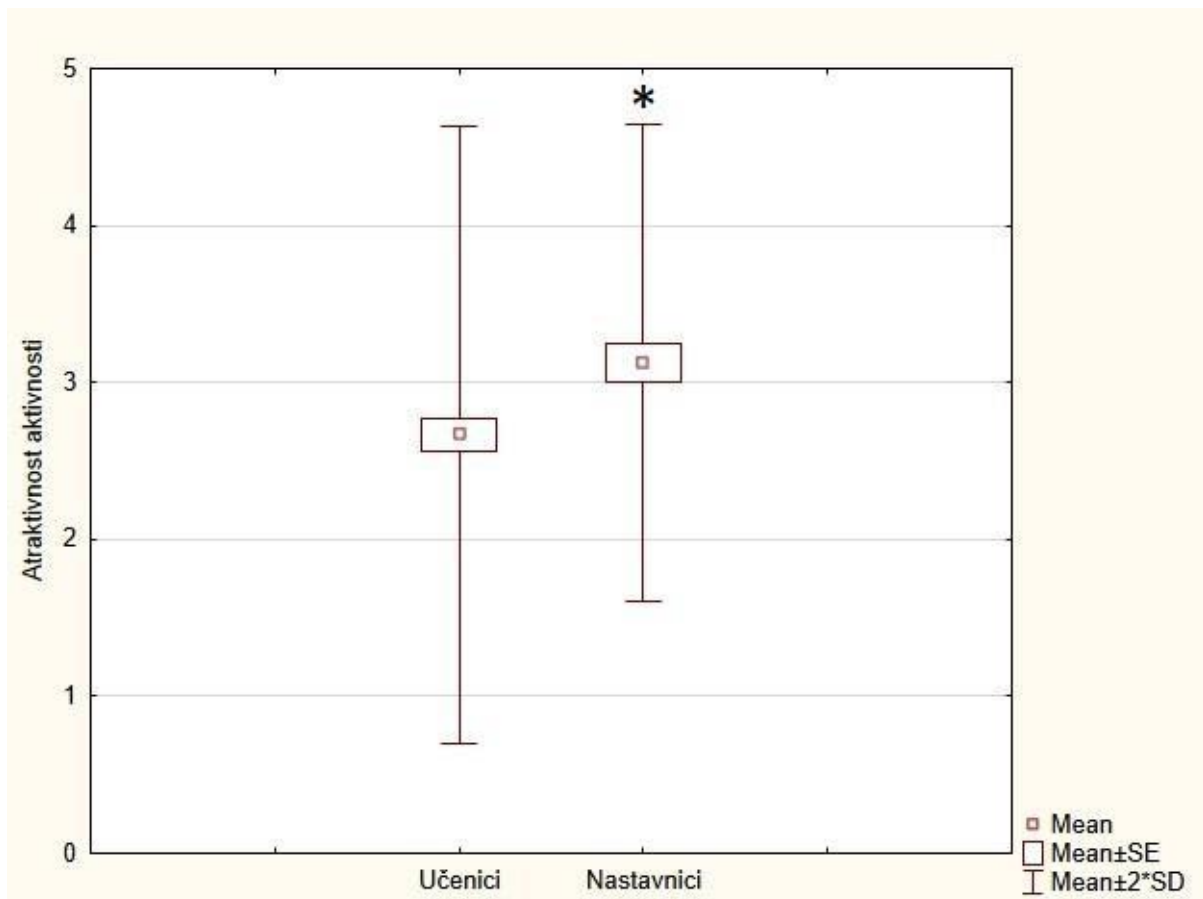
Ako bi se učenici na izornoj nastavi iz biologije bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskopa, 22,22 % učenika bi sigurno, a 36,67 % učenika vjerojatno odabralo izbornu nastavu iz biologije. Čak 32,5 % nastavnika smatra da bi učenici sigurno, a 50 % nastavnika da bi učenici vjerojatno odabrali izbornu nastavu iz biologije kada bi se bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskop. Odgovor “sigurno ne” odabralo je 14,44 % učenika i samo 2,5 % nastavnika (Slika 23a).



**Slika 23a.** Udio ispitanika s obzirom na odgovor na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskopa?“

Nadalje, statističkom analizom odgovora učenika i nastavnika utvrđeno je da bi učenici odabirali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskopa u značajno manjoj mjeri ( $p=0,005$ ) nego što to misle nastavnici (Slika 23b).

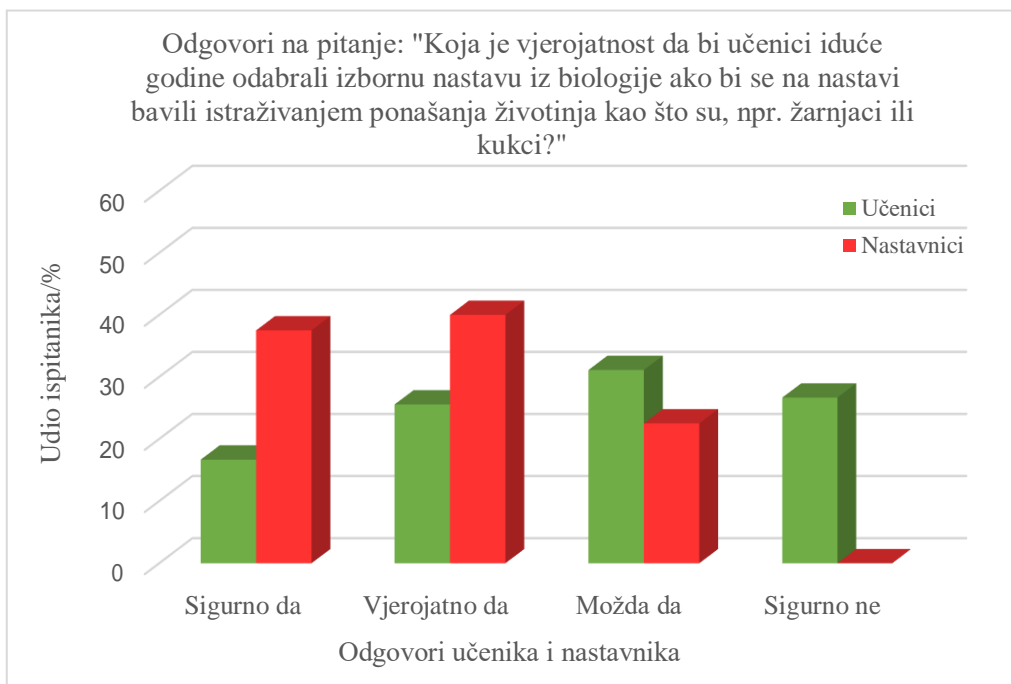




**Slika 23b.** Distribucija odgovora učenika i nastavnika na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskopa?“.

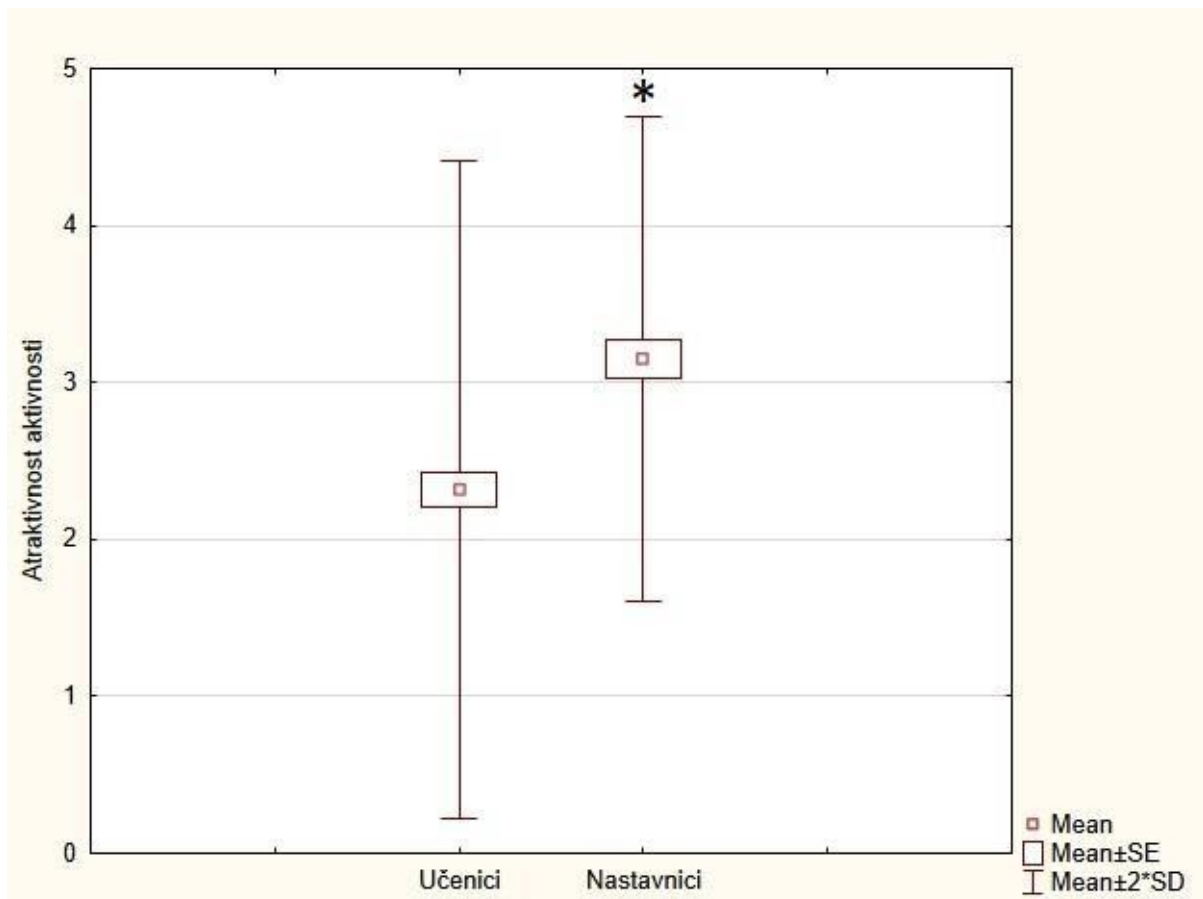
\* Statistički značajna razlika između pretpostavki nastavnika i preferencija učenika označena je zvjezdicom ( $p=0,005$ ).

Na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživanjem ponašanja životinja kao što su, npr., žarnjaci ili kukci?“, odgovore “sigurno da” ili “vjerojatno da” ukupno je odabralo 42,23 % učenika i čak 77,5 % nastavnika. Odgovor “sigurno ne” odabralo je 0 % nastavnika dok je isti odgovor odabralo 26,67 % učenika (Slika 24a).



**Slika 24a.** Udio ispitanika s obzirom na odgovor na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživanjem ponašanja životinja kao što su, npr., žrnjaci ili kukci?“

Statističkom analizom odgovora učenika i nastavnika utvrđeno je da se učenicima istraživanje ponašanja životinja kao što su, npr., žrnjaci ili kukci, sviđa u značajnije manjoj mjeri ( $p=0,000002$ ) nego što to misle nastavnici (Slika 24b).



**Slika 24b.** Distribucija odgovora učenika i nastavnika na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživanjem ponašanja životinja kao što su, npr., žrnjaci ili kukci?“.

\* Statistički značajna razlika između pretpostavki nastavnika i preferencija učenika označena je zvjezdicom ( $p=0,000002$ ).

## 4. RASPRAVA

U ovom diplomskom radu istraživala sam mehanizme obrane, prilagodbe i preživljavanja velike vodenbuhe kao plijena u slatkovodnom mikrokozmosu unutar sustava rakovi veslonošci – makrozoobentoski organizmi (virnjaci i hidre) – izolirane endosimbiotske alge i interakcije s prisutnim izoliranim algama. U svom istraživanju koristila sam sljedeće organizme: velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820), zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766), izolirana endosimbiotska alga iz zelene hidre *Desmodesmus subspicatus* (Chlorophyceae) (Chodat) Hegewald et Schmidt (Kovačević i sur. 2010), šiljoglava puzavica (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830) i mnogooka puzavica (*Polycelis felina* Dalyell, 1814). Rezultati ovog istraživanja ukazali su na mehanizme obrane, prilagodbi i preživljavanja slatkovodnog planktonskog račića *D. magna* koji se u svakom postavljenom pokusu pokazao kao plijen drugim konstituentima sustava. Zbog svoje uloge ključnog izvora hrane za sekundarne potrošače, *D. magna* predstavlja važnu kariku u prehranbenim lancima (Miner i sur. 2012.). Poznato je da predator konstantno vreba svoj plijen te da se predator i plijen često u prirodi nađu u ciklusu razvijanja prilagodbi na lov i strategija obrane od predatora pa predacija ima jak selekcijski pritisak i učinak na oblikovanje ekosustava.

Rezultati su pokazali da je u najvećoj mjeri prisutno grupiranje jedinki *D. magna* na dnu eksperimentalnih posuda kao mehanizam obrane od predatorskih napada. Osim toga, uočena je pojava hiperprodukcije jedinki *D. magna*, ubrzano kretanje (“bullet”) te bijeg vodenbuha iz mreže algi i sluzi. Iako je u eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i šiljoglavom puzavicom te s velikom vodenbuhom i mnogookom puzavicom zabilježeno grupiranje jedinki vodenbuha i u slučaju sitih i u slučaju gladnih životinja, u mnogo većoj, statistički značajnoj mjeri je vidljivo grupiranje vodenbuha u slučaju gladnih predatora iz razloga što predatori u stanju gladi imaju puno veću tendenciju za hvatanjem hrane, odnosno plijena. U tom slučaju se povećava učestalost predatorskih napada mnogooke i šiljoglave puzavice nad vodenbuhama pa se one u većoj mjeri brane grupiranjem i to na način da se grupiraju dvije ili više živih jedinki, dvije ili više jedinki od kojih su neke žive, a neke mrtve jedinice te dvije ili više mrtvih jedinki koje su nekad tijekom pokusa bile žive. Takvo grupiranje jedinki plijena vrlo vjerojatno je jedna od strategija obrana od predatorskih napada pri kojoj se jedinice velike vodenbuhe žele kamuflirati među mrtvim jedinkama (u slučaju grupiranja živih i mrtvih jedinki) kako bi izbjegle smrt ili jednostavno grupiranjem žele postići prividno veću veličinu kojom pokušavaju zastrašiti predatora i natjerati ga da odustane od napada. Slično opažanje u svom radu uočavaju Dumont i Carets (1987) gdje je vidljivo specifično ponašanje jedinki *D. magna* u prisutnosti

većeg broja jedinki predatora *Mesostoma cf. lingua*, a to je grupiranje u sredini eksperimentalne posude. Osim *D. magna*, grupiranje jedinki radi zaštite od predatora uočeno je i kod vrste virnjaka *P. felina* koji pribjegavaju grupiranju kao mehanizmu zaštite od predatorskih napada vrste šiljoglave puzavice (Petrinec 2020).

U slučaju gladnih virnjaka, nakon 24 sata je manja pojavnost grupiranja u odnosu na pojavnost nakon 1 h jer je manji broj živih jedinki koje bi nanovo mogle uspostaviti grupaciju, posebice pri eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i šiljoglavom puzavicom gdje je broj mrtvih jedinki vodenbuha nakon 24 h veći u odnosu na eksperimentalni postav s velikom vodenbuhom i mnogookom puzavicom iz čega se može zaključiti kako je šiljoglava puzavica vrlo vjerojatno agresivnija u svojim predatorskim napadima na plijen. Slična situacija uočena je i kod eksperimentalnih postava u kojima je prisutna po jedna jedinka dvije vrste predatora u sustavu. Iz kontrolnih postava, gdje su same vodenbuhe stavljane u aeriranu vodu, vidljivo je da su i nakon 24 h gotovo sve žive i normalno pokretne što usmjerava na zaključak da na njihov mortalitet zaista utječe prisustvo predatorskih organizama u sustavu. U eksperimentalnom postavu s velikom vodenbuhom i zelenom hidrom, zabilježeno je grupiranje jedinki vodenbuha u izrazito maloj mjeri i to samo u slučaju gladnih životinja nakon 24 sata. Moguć razlog tomu je činjenica da se zelene hidre u manjoj mjeri i manjom brzinom kreću za razliku od šiljoglave i mnogooke puzavice pa vodenbuhe mogu lakše izbjeći napade zelenih hidri povlačeći se u dijelove eksperimentalnih posuda gdje ih nema, stoga ne pribjegavaju nužno grupiranju kao mehanizmu obrane. Razlika u utjecaju dvije vrste predatora na pojavnost grupiranja velike vodenbuhe u odnosu na utjecaj jedne vrste predatora u sustavu je u većoj mjeri uočena kada su u mikrokozmosima prisutne samo po jedna jedinka predatora, a ta razlika se smanjuje kada je u sustavu prisutno po pet jedinki predatora. Takva pojava se vrlo vjerojatno može objasniti činjenicom da su se jedinke vodenbuha stigle lakše grupirati kada je u sustavu prisutna po jedna jedinka predatora. Kada je u sustavu veći broj jedinki predatora, jedinke vodenbuha se u manjoj mjeri stignu grupirati zbog učestalijih predatorskih napada koji rezultiraju njihovim većim mortalitetom. Uočena je manja pojavnost grupiranja kada su u sustavu uz predatore prisutne alge u odnosu na ostale postave bez algi. Moguće je da je grupiranje ometeno pojavom koagulacije algi i nastankom mreže zbog čega je česta pojava vodenbuha zalijepljenih za dno eksperimentalne posude (zarobljene u mreži algi i sluzi).

Pod hiperprodukcijom vodenbuha smatram svako povećanje broja u eksperimentalnim posudama iznad početno dodanog broja jedinki (deset jedinki *D. magna*) tijekom trajanja pokusa. Uočena je pravilnost u pojavnosti hiperprodukcije, posebice u eksperimentalnom

postavu velike vodenbuhe, mnogooke puzavice i endosimbiotske izolirane alge *D. subspicatus* te u postavu velike vodenbuhe i endosimbiotske izolirane alge *D. subspicatus*. Naime, nakon izloženosti od 1 h gotovo uopće nema pojavnosti hiperprodukcije ni kada su u sustav stavljeni gladni ni kada su stavljeni siti predatori pri obje temperature u oba navedena odnosa, a hiperprodukcija je uočena u većoj mjeri tek nakon 24 h i kod sitih i gladnih predatora stavljenih u pokus pri obje temperature u oba navedena odnosa. To je vjerojatno iz razloga što je jedan sat od stavljanja vodenbuha u doticaj s ostalim konstituentima sustava prekratko da se razmnože. Budući da je uočena znatno veća pojavnost hiperprodukcije kada su u sustavu prisutne izolirane endosimbiotske alge, iz toga slijedi da na hiperprodukciju, osim predatora, velik utjecaj imaju alge. Moguće je da u ovom slučaju izolirane endosimbiotske alge potiču razmnožavanje vodenbuha za razliku od istraživanja kojeg su proveli Boersma i Vijverberg (1994) u kojem ističu kako stanice alge *Scenedesmus obliquus* (Turpin) Kützing, 1833 postaju toksične za vodenbuhe. Naime, hibridne jedinke nastale križanjem vrsta *Daphnia galeata* Sars, 1864 i *Daphnia cucullata* Sars, 1862 (*Daphnia galeata x cucullata*), uzgojene na algama vrste *Chlamydomonas globosa*, kada se prebace u eksperimentalne posude s algom *S. obliquus* trenutno se prestanu razmnožavati te ih većina uginu unutar četiri dana od prebačaja. Mortalitet tako prebačenih jedinki je čak i veći od mortaliteta jedinki koje su uzgojene u *Scenedesmus* mediju. Općenito je veća pojavnost hiperprodukcije kada su predatori gladni stavljeni u pokus jer su tada vodenbuhe pod većim pritiskom predatorskih napada pa pribjegavaju hiperprodukciji kako bi održale homeostazu populacije zbog selekcijskog pritiska predacije nad njima. Nadalje, uočeno je kako su u nekim slučajevima jedinke *D. magna*, koje su naknadno producirane, veličinom bile manje od početno dodanih jedinki u pokusu. To se može objasniti činjenicom da je u prisustvu predatora koji preferiraju veće jedinke vodenbuha viša stopa reprodukcije pri čemu vodenbuhe produciraju jedinke manje veličine kako bi izbjegle predatorske napade (Stibor i Luning 1994). Prisustvo predatora može utjecati na smanjenje veličine tijela plijena što služi kao obrana od vizualnih predatora (Dodson 1974a). Postoje istraživanja koja pokazuju da određeni beskralježnjački predatori imaju striktna ograničenja što se tiče oblika i veličine svog plijena (Burns 1968; Anderson 1970; Allan 1973; Dodson 1974b). Što se tiče samog pojma hiperprodukcije, nije potpuno jasno jesu li se jedinke vodenbuha zaista namnožile, pa su neke od njih tijekom predacije virnjaka predacijom isisane ili su te „isisane jedinke“ vodenbuha zapravo presvlake postojećih deset jedinki početno dodanih. Budući da duljina vremena između dva presvlačenja ovisi o okolišnim čimbenicima i može varirati kod odraslih jedinki *D. magna* (Porcella i sur. 1969), u svakom slučaju je jasno

da su jedinke vodenbuha pod predacijskim pritiskom ubrzano reagirale – ili su se ubrzano presvlačile ili su se ubrzano reproducirale.

Ubrzano kretanje (“bullet”) vodenbuha je također povezano s prisustvom algi u sustavu. U postavu vodenbuha uz dodatak endosimbiotske izolirane alge *D. subspicatus* prisutno je ubrzano kretanje (“bullet”) vodenbuha u najvećoj mjeri nakon 24 h pri temperaturi 25 °C što navodi na zaključak kako je moguće da alge otpuštaju određene tvari koje uvjetuju ponašanje i kretanje vodenbuha što može biti jedna od strategija obrane algi budući da se *D. magna*, između ostalog, hrane algama. Slično opažanje navode Nikitin i Latypova (2014) u svom su istraživanju gdje su pokazali kako se brzina plivanja *D. magna* u prisustvu cijanobakterijskog toksina mikrocistina značajno povećava.

To bi djelomično objasnilo i činjenicu da su jedinke *D. magna* vrlo često, u postavu u kojem su prisutne alge i virnjaci, zarobljene u koagulatima algi i mreži koja je vrlo vjerojatno nastala u interspecijskoj kooperaciji između virnjaka i algi. Naime, u prisustvu *D. magna*, moguće je da alge kako bi se zaštitile izlučuju tvari koje pomažu lakšem stvaranju algalnih koagulata koje onda *D. magna* zbog takve veličine ne mogu konzumirati. Wiltshire i sur. (2003) u svom istraživanju su pokazali kako fizičko prisustvo jedinki *D. magna* inducira stvaranje sluzi algi roda *Staurastrum* pri čemu stanice algi s produciranom sluzi tvore algalne nakupine. Naime, takve algalne nakupine su prevelike da bi ih jedinke *D. magna* konzumirale, stoga se smatra da su algalne nakupine mehanizam kojim se alge štite od predatorskih napada *D. magna*. Prisustvo samih algi u sustavu nije dovoljno da se vodenbuhe zarobe u koagulatima i mreži, no dodatkom virnjaka u taj sustav i uz pomoć njihove sluzi, stvara se intenzivnija mreža u koju se jedinke *D. magna* zapetljaju pri čemu su lakše dostupne virnjacima za predaciju. Virnjaci izlučuju sluz koja s algama stvara mrežu i algalne koagulate pa se vodenbuhe zalijepe za tu sluz dok plivaju po posudi što im onemogućava daljnje plivanje, a virnjacima to omogućava lakšu predaciju nad njima. U takvoj kooperaciji između algi i virnjaka, alge virnjacima olakšavaju hvatanje plijena, odnosno jedinki vodenbuha *D. magna*, a smanjenjem živih jedinki vodenbuha u sustavu, manja je njihova predacija nad algama. Kad su predatori stavljeni gladni u sustav, veći je intenzitet mreže uočena u slučaju kada je u sustavu prisutno pet jedinki predatora, a samim time i veća pojavnost zarobljenosti jedinki vodenbuha u mreži algi i sluzi. Kada je više jedinki predatora (virnjaka) u sustavu i još su k tome gladni, u sustavu je prisutno više sluzi unutar koje se zarobe jedinke vodenbuha. Da su se neke jedinke vodenbuha ipak uspjele osloboditi iz mreže sluzi i koagulata algi, vidljivo je u tome što takve jedinke najčešće imaju zelene niti na zatku ili zeleni zadak. Pojava niti na zatku je u većoj mjeri uočena nakon izloženosti od 1 h i

to kada su predatori u pokus stavljeni gladni. Budući da su životinje gladne, tada je veća stopa predatorskih napada na plijen vodenbuhe, a vodenbuhe se prilikom bijega od predatora zapetljaju u mrežu. Kako ih predatori nastavljaju napadati većim intenzitetom, vodenbuhe se plivanjem, također većim intenzitetom, pokušavaju osloboditi iz mreže, što većem broju jedinki i uspijeva jer nakon 1 h još nisu izmorene od predatorskih napada kao nakon 24 h. Budući da je pojavnost zelenog zatka puno manja u odnosu na pojavnost niti algi na zatku te je uočena samo nakon 24 h, zeleni zadak je vrlo vjerojatno rezultat duže zarobljenosti jedinki *D. magna* u mreži algi prilikom koje su se stanice algi uz pomoć sluzi zalijepile na zadak vodenbuha.

Ovim diplomskim radom jasno sam pokazala mehanizme obrane, prilagodbe i preživljavanja velike vodenbuhe kao plijena u slatkovodnom mikrokozmosu, a u budućnosti je ovaj diplomski rad daljnjim istraživanjima moguće proširiti varijacijom ili promjenom različitih okolišnih uvjeta (svjetlost, temperatura, uvođenjem ksenobiotika u sustav), promjenom vremena promatranja ili novim kombinacijama odnosa među korištenim organizmima. Neki od odnosa koje bi valjalo dodatno istražiti su kombinacija zelenih hidri, mnogookih puzavica, šiljoglavih puzavica, velikih vodenbuha i izoliranih endosimbiotskih algi u istom mikrokozmosu. Korisno bi bilo i istražiti odnose u promatranim mikrokozmosima uvođenjem, odnosno korištenjem drugih slatkovodnih organizama kao što su smeđa hidra, artemije, klonovi zelene ili smeđe hidre te druge vrste algi.

Rezultati anketnog istraživanja provedenog na uzorku od 40 srednjoškolskih nastavnika biologije i 90 učenika zagrebačkih gimnazija pokazuju kako je najveći udio ispitanih učenika uključeno u izvannastavne aktivnosti iz sportsko-rekreacijskog područja. Sličan trend pokazuju i podaci američkog Nacionalnog centra za edukacijsku statistiku (2012) koji kažu da su sportske aktivnosti najčešći oblik izvannastavnih aktivnosti s uključenih 44 % ispitanih srednjoškolaca. U skladu s našim rezultatima su i rezultati istraživanja u zagrebačkim osnovnim školama (Petrinec 2020), gdje je najveći udio ispitanih učenika uključeno upravo u izvannastavne aktivnosti iz sportsko-rekreacijskog područja. Nadalje, naši rezultati pokazuju i da je zastupljenost prirodoslovnog područja u izvannastavnim aktivnostima učenika zagrebačkih gimnazija relativno visoka za razliku od zagrebačkih osnovnih škola gdje je zastupljenost prirodoslovnog područja izrazito niska, odnosno samo 1,11 % (Petrinec 2020). Dobivene razlike su vjerojatno jednim dijelom uvjetovane sazrijevanjem učenika, dok su drugim dijelom vjerojatno rezultat anketiranja gimnazijalaca koji tijekom školovanja imaju više nastave biologije od učenika strukovnih škola, a mnogi su i usmjereni prema



prirodoslovnom području kao jednom od područja budućeg zanimanja. Rezultati preferencija ispitanika prema sadržajima koji se mogu ponuditi u okviru izborne nastave iz biologije u srednjoj školi pokazuju kako su učenici najmanje zainteresirani za izvannastavne aktivnosti koje uključuju pripremu za natjecanje iz biologije dok nastavnici u tom slučaju predviđaju veću zainteresiranost učenika za takav oblik izborne nastave. Ti rezultati su u skladu s rezultatima istraživanja provedenog u zagrebačkim osnovnim školama (Petrinec 2020) gdje učenici osnovnih škola također pokazuju najmanji interes za aktivnosti koje uključuju pripremu za natjecanje iz biologije, a nastavnici u većini slučajeva predviđaju veću zainteresiranost učenika za određene sadržaje u odnosu na stvarno stanje. Aktivnosti koje općenito uključuju praktičan rad, učenicima su najprivlačnije, a najveću zainteresiranost učenici pokazuju prema izbornoj nastavi iz biologije koja bi uključivala istraživački rad uz korištenje laboratorijskog pribora i mikroskopa. Slični rezultati vidljivi su i u zagrebačkim osnovnim školama (Petrinec 2020) gdje i učenici mlađih uzrasta najradije biraju aktivnosti koje uključuju praktični rad. Takvi rezultati mogu biti dobra smjernica za subjekte o kojima ovise ulaganja u opremanje škola potrebnim eksperimentalnim priborom budući da se danas još uvijek velik broj učenika s radom na mikroskopu susreće tek na fakultetu. Tomu je vrlo često tako jer nastavnici mikroskop, ako ga škole i posjeduju, rijetko koriste najčešće iz razloga što imaju samo jedan (Ruščić i sur. 2018). Bolja opremljenost škola, posebice mikroskopima, stvorila bi bolje uvjete za ostvarivanje interesa učenika na području biologije. Nastavnici u slučaju svih, anketom predloženih, sadržaja koji se mogu ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti iz biologije imaju optimističniji pogled na atraktivnost ponuđenih aktivnosti od viđenja učenika. Usporedbom prikazanih rezultata učenika i nastavnika vidi se razlika u poimanju atraktivnosti sadržaja koja se u svim slučajevima pokazala i statistički značajnom. Usporedbom pretpostavki nastavnika o atraktivnosti određenih aktivnosti može se zaključiti da je nastavnicima jasno koje su aktivnosti atraktivnije i da uviđaju razliku u atraktivnosti između priprema za natjecanje i istraživačkog rada ili pokusa uz korištenje mikroskopa, ali da ipak nisu svjesni koliko je ta razlika velika vrlo vjerojatno zbog nedostatka provjeravanja interesa učenika. Provedeno istraživanje pokazalo je da bi nastavnici trebali periodično provjeravati interese učenika i korigirati ponudu sadržaja za izvannastavne aktivnosti i izbornu nastavu u skladu s preferencijama učenika. Iako uključenost učenika gimnazija u izvannastavne aktivnosti prirodoslovnog područja prilično visoka, prema rezultatima anketnog istraživanja postoji velika vjerojatnost da bi se učenici srednjih škola u još većoj mjeri odlučivali za izvannastavne aktivnosti iz biologije kada bi se u sklopu njih nudio sadržaj privlačniji učenicima kao što je istraživački rad ili mikroskopiranje. To je izrazito bitno iz razloga što organiziranje takvih

izvannastavnih aktivnosti iz biologije može u konačnici poslužiti kao izvrsna nadopuna redovitoj nastavi i, najvažnije od svega, može potaknuti interes učenika za prirodoslovnim područjem budući da je poznato kako interes učenika za prirodoslovlje znatno opada na prijelazu iz osnovne u srednju školu (Osborne i sur. 2003; Barmby i sur. 2008; Tröbst i sur. 2016). Osim toga, usvajanje bioloških koncepata kroz praktični rad omogućava učenicima razvoj vještina i sposobnosti kao što su provođenje istraživanja, rješavanje problema te razvoj kritičkog mišljenja (Hofstein i Mamlok-Naaman 2007). Iz svega navedenog lako je zaključiti da učenici pokazuju izrazitu želju za većim udjelom praktičnih sadržaja na izbornoj nastavi iz biologije budući da je u školama još uvijek najčešći oblik izbornih aktivnosti iz biologije priprema za natjecanje. Upravo takva ponuda aktivnosti unutar izborne nastave iz biologije koja je u skladu s preferencijama učenika može biti ključ u rješavanju problema vezanog uz pad atraktivnosti prirodoslovnog područja, kako u Hrvatskoj, tako i u svijetu. Provedeno istraživanje metodom mikrokozmosa i opisano ovim radom, može se vrlo jednostavno uklopiti u izvannastavne aktivnosti iz biologije u školama u obliku istraživačkog rada uz upotrebu mikroskopa budući da je dostupnost potrebnih organizama velika, a priprema za rad je jednostavna i ne zahtjeva posjedovanje skupih i, školama nedostupnih, materijala i pribora. Budući da su anketnim istraživanjem, koje je provedeno među učenicima srednjih škola u Zagrebu, dobivene informacije koje pokazuju smislenost i vrijednost korištenja ovog/ovakvog istraživanja, svakako bi ga trebalo ponuditi nastavnicima kao jednu od mogućih aktivnosti za izbornu nastavu ili izvannastavne aktivnosti iz biologije. Nadalje, zbog velike opterećenosti nastavika, bilo bi dobro predložiti i nekoliko ideja za modificiranje pokusa. Osim toga, bilo bi dobro proširiti i anketno istraživanje na druge gradove u Hrvatskoj te u konačnici objediniti rezultate na razini cijele Hrvatske.

## 5. ZAKLJUČAK

Utvrđeni su mehanizmi obrane velike vodenbuhe kao plijena u slatkovodnom mikrokozmosu, a to su: grupiranje, hiperprodukcija, ubrzano kretanje i bijeg jedinki *D. magna* iz mreže algi.

Prisustvom predatora u mikrokozmosu, jedinke *D. magna* se brane grupiranjem na način da se grupiraju dvije ili više živih ili mrtvih jedinki. Takvo grupiranje jedinki plijena strategija je obrane od predatorskih napada pri kojoj se žive jedinke *D. magna* kamufliraju među mrtvim jedinkama kako bi izbjegle smrt ili grupiranjem žele postići prividno veću veličinu kojom pokušavaju zastrašiti svog predatora i natjerati ga da odustane od napada.

Pri pojavnosti hiperprodukcije većinom je bilo uočeno +/- 8-10 živih jedinki *D. magna* uz višak do 9 mrtvih, iz čega slijedi da vjerojatno pribjegavaju hiperprodukciji kako bi održale homeostazu populacije zbog selekcijskog pritiska predacije nad njima. Na hiperprodukciju velik utjecaj imaju alge pa je moguće da alge potiču razmnožavanje *D. magna*, no kako je hiperprodukcija prisutna i u postavima bez algi, ali s minimalno dvije različite vrste predatora, zasigurno ju potiče i "strah" od predatorstva većeg broja prisutnih predatora u sustavu.

Ubrzano kretanje ("bullet") je uočeno u slučaju kada su u sustavu prisutne alge, stoga je moguće da alge otpuštaju tvari koje uvjetuju ponašanje i kretanje *D. magna* što može biti jedna od strategija obrane algi budući da se *D. magna*, između ostalog, hrane algama. Virnjaci izlučuju sluz koja s algama stvara mrežu pa se vodenbuhe zalijepe za tu sluz dok plivaju po posudi što njima onemogućava plivanje, a virnjacima omogućava lakšu predaciju nad njima. To predstavlja interspecijsku kooperaciju virnjaka i algi u kojoj alge virnjacima olakšavaju hvatanje jedinki *D. magna*, a smanjenjem živih jedinki *D. magna* u sustavu, manja je njihova predacija nad algama. Da su se neke jedinke vodenbuha ipak uspjele osloboditi iz mreže algi, vidljivo je u tome što takve jedinke najčešće imaju, ili zelene niti na zatku, ili zeleni zadak.

Rezultati anketnog istraživanja pokazuju da je zastupljenost prirodoslovnog područja u izvannastavnim aktivnostima učenika zagrebačkih gimnazija relativno visoka, a preferencije učenika i nastavnika prema istim sadržajima se razlikuju pri čemu nastavnici očekuju veći interes učenika za određene sadržaje. Odgovori učenika pokazuju da su učenici najzainteresiraniji za istraživačke radove uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskopa, stoga bi ovakvo istraživanje metodom mikrokozmosa moglo biti dobar temelj za izvođenje izborne nastave i/ili izvannastavnih aktivnosti u srednjim školama. Informacije dobivene anketnim istraživanjem su vrijedne smjernice za nastavnike biologije i za ulaganja u opremanje škola potrebnim eksperimentalnim priborom, a posebice mikroskopima.

## 6. LITERATURA

- Adema, D. M. M. (1978): *Daphnia magna* as a test animal in acute and chronic toxicity tests. *Hydrobiologia*, 59: 125–134.
- Allan, J. D. (1973): Competition and the relative abundance of two cladocerans. *Ecology*, 54: 484-498.
- Anderson, R. S. (1970): Predator relationships and predation rates for crustacean zooplankters from some lakes in western Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 48: 1229-1240.
- Barmby, P., Kind, P. M., & Jones, K. (2008): Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 30: 1075–1093.
- Begon M., Townsend C. R., Harper J. L. (2006): *Ecology: From individuals to ecosystems*. (4th edition). Blackwell. Chapter 9, p. 274
- Beier, S., Bolley, M., & Traunspurger, W. (2004): Predator-prey interactions between *Dugesia gonocephala* and free-living nematodes. *Freshwater Biology*, 49: 77–86.
- Bettinetti, R., Croce, V., Noè, F., Ponti, B., Quadroni, S., & Galassi, S. (2013): Ecotoxicity of pp'DDE to *Daphnia magna*. *Ecotoxicology*, 22: 1255–1263.
- Beyers, R. J. (1963): The Metabolism of Twelve Aquatic Laboratory Microecosystems. *Ecological Monographs*, 33: 281–306.
- Beyers, R. J., & Odum, H. T. (1993): *Ecological Microcosms*. Springer Advanced Texts in Life Sciences. Chapter 1: Introduction to Microcosmology, p. 6
- Blomfield, C. J., & Barber, B. L. (2010): Developmental Experiences During Extracurricular Activities and Australian Adolescents' Self-Concept: Particularly Important for Youth from Disadvantaged Schools. *Journal of Youth and Adolescence*, 40: 582–594.
- Boersma, M. (2000): The nutritional quality of P-limited algae for *Daphnia*. *Limnology and Oceanography*, 45: 1157–1161.
- Boersma, M., & Vijverberg, J. (1994): Possible toxic effects on *Daphnia* resulting from the green alga *Scenedesmus obliquus*. *Hydrobiologia*, 294: 99–103.
- Burns, C. W. (1968): The relationship between body size of filter-feeding Cladocera and the minimum size of a particle ingested. *Limnology and Oceanography*, 13: 675-678.

- Calevro, F., Filippi, C., Deri, P., Albertosi, C., Batistoni, R. (1998): Toxic effects of aluminium, chromium and cadmium in intact and regenerating freshwater planarians. *Chemosphere*, 37: 651–659.
- Chang, K.-H., & Hanazato, T. (2003): Vulnerability of cladoceran species to predation by the copepod *Mesocyclops leuckarti*: laboratory observations on the behavioural interactions between predator and prey. *Freshwater Biology*, 48: 476–484.
- Choi, J. K., S. K. Kim, G. H. La, K. H. Chang, D. K. Kim, K. Y. Jeong, M. S. Park, G. J. Joo, H. W. Kim and K. S. Jeong. (2016): Effects Of Algal Food Quality On Sexual Reproduction of *Daphnia magna*. *Ecology and evolution*, 6: 2817-2832.
- Diehl, S. and Feißel, M. (2000): Effects of enrichment on three-level food chains with omnivory. *American Naturalist*, 155: 200–218.
- Dodson, S. I. (1974a): Adaptive change in plankton morphology in response to size-selective predation: A new hypothesis of cyclomorphosis. *Limnology and Oceanography*, 19: 721–729.
- Dodson, S. I. (1974b): Zooplankton competition and predation: An experimental test of the size efficiency hypothesis. *Ecology*, 55: 605-613.
- Dodson, S. I. (1984): Predation of *Heterocope septentrionalis* on Two Species of *Daphnia*: Morphological Defenses and Their Cost. *Ecology*, 65: 1249–1257.
- Dumont, H. J., & Carets, I. (1987): Flatworm predator (*Mesostoma cf. lingua*) releases a toxin to catch planktonic prey (*Daphnia magna*). *Limnology and Oceanography*, 32: 699–702.
- Ebert, D. (2005): Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in *Daphnia* [Internet]. Chapter 2, Introduction to *Daphnia* Biology. Bethesda (MD): National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information. Preuzeto s: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK2042/>
- Fishman, Y., Zlotkin, E., & Sher, D. (2008): Expulsion of Symbiotic Algae during Feeding by the Green Hydra – a Mechanism for Regulating Symbiont Density? *PLoS ONE*, 3, e2603.

- Fraser, L. H. (1999): The use of microcosms as an experimental approach to understanding terrestrial ecosystem functioning. *Advances in Space Research*, 24: 297–302.
- Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M. Ostojić, A., Sertić Perić, M. (2011): *Protista-Protozoa i Metazoa-Invertebrata. Strukture i funkcije*, 1. izdanje, Alfa d.d., Zagreb
- Habetha, M., Anton-Erxleben, F., Neumann, K., & Bosch, T. C. G. (2003): The *Hydra viridis/Chlorella* symbiosis. Growth and sexual differentiation in polyps without symbionts. *Zoology*, 106: 101–108.
- Hadas, O., Cavari, B. Z., Kott, Y., & Bachrach, U. (1982): Preferential feeding behaviour of *Daphnia magna*. *Hydrobiologia*, 89: 49–52.
- Harris, K. D. M., Bartlett, N. J., & Lloyd, V. K. (2012): *Daphnia* as an Emerging Epigenetic Model Organism. *Genetics Research International*, 1–8.
- Have, A. (1993): Effects of area and patchiness on species richness: an experimental archipelago of ciliate microcosms. *Oikos*, 66: 493–500.
- Hessen, D. O., van Donk, E. (1993): Morphological changes in *Scenedesmus* induced by substances released from *Daphnia*. *Archiv für Hydrobiologie*, 127: 129-140.
- Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. (2007): The laboratory in science education: the state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8: 105–107.
- Horvat, T., Kalafatić, M., Kopjar, N., Kovačević, G. (2005): Toxicity testing of herbicide norflurazon on an aquatic bioindicator species – the planarian *Polycelis felina* (Daly.). *Aquatic Toxicology*, 73: 342–352.
- Horvatić, J., Vidaković-Cifrek, Ž., Regula, I. (2000): Trophic Level, Bioproduction and Toxicity of the Water of Lake Sakadaš (Nature Park Kopački Rit, Croatia). *Limnol Report*, 33: 89-94.
- Jurčić, M. (2008): Učiteljevo zadovoljstvo temeljnim čimbenicima izvannastavnih aktivnosti, *Život i škola - časopis za teoriju i praksu odgoja i obrazovanja*, 54: 9-26.
- Kalafatić, M., Kovačević, G., Zupan, I., Franjević, D., Milić-Štrkalj, I., Tomašković, I. (2001): Toxic effects of chlorotolurone on the planarian *Polycelis felina* (Daly.). *Periodicum Biologorum*, 103: 263-266.

- Kleiven, O., Larsson, P., & Hobæk, A. (1992): Sexual Reproduction in *Daphnia magna* Requires Three Stimuli. *Oikos*, 65: 197-206.
- Koivisto, S., Ketola, M. & Walls, M. (1992): Comparison of five cladoceran species in short and long-term copper exposure. *Hydrobiologia*, 248: 125-36.
- Kovačević G., Franjević D., Jelenčić B., Kalafatić M. (2010a): Isolation and Cultivation of Endosymbiotic Algae from Green Hydra and Phylogenetic Analysis of 18S rDNA Sequences. *Folia biologica (Kraków)*, 58: 135-143.
- Kovačević, G., Gregorović, G., Kalafatić, M., Jaklinović, I. (2008): The Effect of Aluminium on the Planarian *Polycelis felina* (Daly.). *Water, Air, and Soil Pollution*, 196: 333–344.
- Kovačević G., Kalafatić M., Jelenčić B., Franjević D. (2010b): Endosymbiotic alga as the stronger evolutionary partner in green hydra symbiosis. *Journal of Endocytobiosis and Cell Research*, 20: 13-15.
- Krueger, D. A., & Dodson, S. I. (1981): Embryological induction and predation ecology in *Daphnia pulex*. *Limnology and Oceanography*, 26: 219–223.
- Lawler, S.P. and Morin, P.J. (1993): Food web architecture and population dynamics in laboratory microcosms of protists. *American Naturalist*, 141: 675–686.
- Lynch, M. (1980): The evolution of cladoceran life histories. *The Quarterly Review of Biology*, 55: 23-42.
- Lürling, M., & van Donk, E. (1997): Morphological changes in *Scenedesmus* induced by infochemicals released in situ from zooplankton grazers. *Limnology and Oceanography*, 42: 783–788.
- Martinčević, J. (2010): Provođenje slobodnog vremena i uključenost učenika u izvannastavne aktivnosti unutar škole, *Život i škola: časopis za teoriju i praksu odgoja i obrazovanja*, 56: 19-34
- Matheson, F. E. (2008): Microcosms. *Encyclopedia of Ecology*, 2393–2397.
- Mažuran, N., Hršak, V., & Kovačević, G. (2015): The effects of CaCl<sub>2</sub> and CaBr<sub>2</sub> on the reproduction of *Daphnia magna* Straus / Učinak CaCl<sub>2</sub> i CaBr<sub>2</sub> na razmnožavanje

- vodenbuhe (*Daphnia magna* Straus). Archives of Industrial Hygiene and Toxicology, 66: 135–140.
- McAuley, P., & Smith, D. (1982): The Green Hydra Symbiosis. VII. Conservation of the Host Cell Habitat by the Symbiotic Algae. Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 216: 415-426.
- Minelli, A. (2008): Predation. Encyclopedia of Ecology, 2923–2929.
- Miner, B. E., De Meester, L., Pfrender, M. E., Lampert, W. & Hairston, N. G. (2012): Linking genes to communities and ecosystems: *Daphnia* as an ecogenomic model. Proceedings of the Royal Society B, Biological Sciences, 279: 1873–1882.
- Morin, P.J. (1999): Productivity, intra-guild predation, and population dynamics in experimental food webs. Ecology, 80: 752–760
- Muscatine, L., Lenhoff, H.M., (1965): Symbiosis of hydra and algae. II. Effects of limited food and starvation on growth of symbiotic and aposymbiotic hydra. Biology Bulletin, 123: 316–328.
- Nagel, A. H., Cuss, C. W., Goss, G. G., Shotyk, W., Glover, C. N. (2021): Chronic toxicity of waterborne thallium to *Daphnia magna*. Environmental Pollution, 268, 115776.
- National Center for Education Statistics. (2012): Table 185. Percentage of high school seniors who participate in various school-sponsored extracurricular activities, by selected student characteristics: 1992 and 2004. U: Martinez, A., Coker, C., McMahon, S. D., Cohen, J., & Thapa, A. (2016): Involvement in Extracurricular Activities: Identifying Differences in Perceptions of School Climate. The Educational and Developmental Psychologist, 33: 70–84.
- Nikitin O., Latypova V. (2014): Behavioral response of *Daphnia magna* (Crustacea, Cladocera) to low concentration of microcystin, International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM, vol. 2/issue 5, pp. 85-92.
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003): Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. International Journal of Science Education, 25: 1049–1079.



- Petchey, O.L. (2000): Prey diversity, prey composition, and predator population dynamics in experimental microcosms. *Journal of Animal Ecology*, 69: 874–882
- Petrinec, D. (2020): Zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) kao kompetitor u slatkovodnom mikrokozmosu i mogućnost primjene u nastavi. Diplomski rad. Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet.
- Porcella D.B., Rixford C.E. & Slater J.V. (1969): Moulting and calcification in *Daphnia magna*. *Physiological Zoology*, 42, 148–159. U: Hessen, D. O., & Alstad Rukke, N. (2000): The costs of moulting in *Daphnia*; mineral regulation of carbon budgets. *Freshwater Biology*, 45: 169–178.
- Pratt, R. (1941): Studies on *Chlorella vulgaris* IV. *American Journal of Botany*, 28: 492-497.
- Roca, J. R., Ribas, M., & Baguna, J. (1992): Distribution, ecology, mode of reproduction and karyology of freshwater planarians (Platyhelminthes; Turbellaria; Tricladida) in the springs of the central Pyrenees. *Ecography*, 15: 373–384.
- Ruščić M., Vidović A., Kovačević G., Sirovina D. (2018): The Use of microscope in School Biology Teaching. *Resolution and discovery*, 3: 13-16.
- Stibor, H., & Luning, J. (1994): Predator-Induced Phenotypic Variation in the Pattern of Growth and Reproduction in *Daphnia hyalina* (Crustacea: Cladocera). *Functional Ecology*, 8: 97.
- Ten Berge, W. F. (1978): Breeding *Daphnia magna*. *Hydrobiologia*, 59: 121–123.
- Tröbst, S., Kleickmann, T., Lange-Schubert, K., Rothkopf, A., & Möller, K. (2016): Instruction and Students' Declining Interest in Science. *American Educational Research Journal*, 53: 162–193.
- Vidican, R. & Sandor, A. V. (2015): Microcosm experiments as a tool in soil ecology studies. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 72.
- Vries, E. J. D. (1986): On the taxonomic status of *Dugesia gonocephala* and *Dugesia subtentaculata* (Turbellaria, Tricladida, Paludicola). *Journal of Zoology*, 209: 43–59.

- Walsh, E. J., Salazar, M., Ramirez, J., Moldes, O., & Wallace, R. L. (2006): Predation by invertebrate predators on the colonial rotifer *Sinantherina socialis*. *Invertebrate Biology*, 125: 325–335.
- Weber, J., Klug, M., & Tardent, P. (1987): Some physical and chemical properties of purified nematocysts of *Hydra attenuata* pall. (Hydrozoa, cnidaria). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry*, 88: 855–862.
- Wiltshire, K. H. , Boersma, M. and Meyer, B. (2003): Grazer-induced changes in the desmid *Staurastrum*, *Hydrobiologia*, 491: pp. 1573-5117.
- Zaffagnini, F. (1987): Reproduction in *Daphnia*. *Daphnia*, Memorie dell'Istituto Italiano di Idrobiologia, vol. 45 (ur R. H. Peters & R. de Bernardi), pp. 245-284. Consiglio Nazionale delle Ricerche Istituto Italiano di Idrobiologia, Verbania Pallanza. U: Harris, K. D. M., Bartlett, N. J., & Lloyd, V. K. (2012): *Daphnia* as an Emerging Epigenetic Model Organism. *Genetics Research International*, 1–8.
- Žnidarić, D. (1970): Comparison of the regeneration of the hypostome with the budding process in *Hydra littoralis*. *Roux's Archives of Developmental Biology*, 166: 45-53.

## **7. PRILOZI**

### **POPIS PRILOGA**

**Prilog 1.** Anketa za učenike o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima srednjih škola, atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u srednjoj školi i atraktivnosti navedenog pokusa u srednjoj školi.

**Prilog 2.** Anketa za nastavnike o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima srednjih škola, atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u srednjoj školi i atraktivnosti navedenog pokusa u srednjoj školi.

## 8. ŽIVOTOPIS

Petra Tramontana rođena je 22.2.1995. godine. Pohađala je Nadbiskupijsku klasičnu gimnaziju "Don Frane Bulić" u Splitu, a integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij biologija i kemija; smjer: nastavnički, Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu upisuje 2016. godine. Sudjelovala je u brojnim znanstvenim projektima, aktivnostima i popularizacijama znanosti od kojih se ističe višegodišnje sudjelovanje u "Noći biologije" na Prirodoslovno – matematičkom fakultetu u Zagrebu, manifestacijama "Festival znanosti" i "Znanstveni piknik" u Zagrebu te Smotri Sveučilišta kao predstavnik Prirodoslovno – matematičkog fakulteta. Osim toga, sudjelovala je u projektu "Optimizacija otpada bolničke prehrane" u Klinici za dječje bolesti Zagreb, na manifestaciji "Dan za znanost 2019." u gimnaziji Fran Galović u Koprivnici i "Noć istraživača 2019." u Splitu, a kao mentor na višednevnim radionicama sudjelovala je na Ljetnoj tvornici znanosti na Mediteranskom institutu za istraživanje života u Splitu 2020. godine. Na 4<sup>th</sup> Symbiotic Week at Biology: Symbiosis & Evolution na Biološkom odsjeku Prirodoslovno – matematičkog fakulteta u Zagrebu vodila je radionicu „Mikro-modeli simbioze“ za nastavnike biologije. Osim prethodno istaknutih sudjelovanja na projektima i manifestacijama, ističe se sudjelovanje na interdisciplinarnom projektu "Kratki spoj 2020." u organizaciji udruge Kontejner | biro suvremene umjetničke prakse koje je rezultiralo izložbom u sklopu "Touch me festivala 2020." u industrijskoj Hali V Tehničkog muzeja Nikola Tesla u Zagrebu. Kao rezultat rada na tom projektu bilo je i sudjelovanje u prezentaciji projekta „ERROR 404“ za studente u sklopu izbornog kolegija Urbana ekologija na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Mirele Sertić Perić i prof. dr. sc. Bojane Bojanić Obad Šćitaroci. Dvije godine za redom bila je demonstratorica na kolegijima Invertebrata i Beskralježnjaci na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu (akademska godina 2018./2019. i 2019./2020.). Bila je studentska predstavnica u Vijeću Biološkog odsjeka za akademsku godinu 2019./2020. Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu. Dobitnica je stipendije Hrvatskog mikroskopijskog društva te potpore Grada Zagreba i Biološkog odsjeka za sudjelovanje na Internacionalnom mikroskopijskom kongresu IMC19 u Sydney-u, Australija, 2018. godine. Osim toga, dobitnica je stipendija Sveučilišta u Zagrebu (B kategorija) za akademsku godinu 2019./2020. i akademsku godinu 2020./2021. Od 2018. godine članica je Hrvatskog i Europskog mikroskopijskog društva.

## Sudjelovanja na znanstvenim i stručnim skupovima

1. **Tramontana, P.**; Kovačević, G.; Petrincec, D.; Peharec-Štefanić, P.; Špoljar, M.  
Free-living alga *Chlorella vulgaris* as a freshwater ecosystem inhibitor? // IMC19 abstract proceedings. Sydney, Australija, 2018. 1047, 1 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)
2. Petrincec, D.; Kovačević, G.; **Tramontana, P.**; Peharec-Štefanić, P.; Špoljar, M.  
Visualisation of hunting nets formed by algae: a perfect hunting mechanism? // IMC19 abstract proceedings. Sydney, Australija, 2018. 1048, 1 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)
3. Kovačević, G.; **Tramontana, P.**; Petrincec, D.; Špoljar, M.  
Predation in turbellarians: *Dugesia gonocephala* as superior predator - preliminary observations // 3. simpozij o biologiji slatkih voda ; knjiga sažetaka = 3th Symposium on Freshwater Biology (SOBS2019) : Book of abstracts / Ivković, M. ; Stanković, I. ; Matoničkin Kepčija, R. ; Gračan, R. (ur.). Zagreb: Hrvatsko udruženje slatkovodnih ekologa = Croatian Association of Freshwater Ecologists, 2019. str. 52-52 (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)
4. Kovačević, G.; Petrincec, D.; **Tramontana, P.**; Špoljar, M.  
Hydra vs. turbellarians: who is the strongest constituent in a given micro-(eco)system? – preliminary observations // 3rd Symposium of Freshwater Biology (SOBS2019) : Book of Abstracts / Ivković, M. ; Stanković, I. ; Matoničkin Kepčija, R. ; Gračan, R. (ur.). Zagreb: Croatian Association of Freshwater Ecologists, 2019. str. 48-48 (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)
5. Sirovina, D.; Kovačević, G.; **Tramontana, P.**; Petrincec, D.  
Izvannastavne aktivnosti iz biologije u srednjim školama u Zagrebu // Međunarodna znanstvena konferencija 12. dani osnovnih škola, Krug od znanosti do učionice; knjiga sažetaka / Dobrota, S.; Tomaš, S.; Restović, I.; Maleš, L.; Blažević, I.; Jakupčević, E.; Bulić, M. (ur.). Split, 2021. str. 50 (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)
6. Sirovina, D.; Kovačević, G.; Petrincec, D.; **Tramontana, P.**  
Izvannastavne aktivnosti iz biologije u osnovnim školama u Zagrebu // Međunarodna znanstvena konferencija 12. dani osnovnih škola, Krug od znanosti do učionice; knjiga sažetaka / Dobrota, S.; Tomaš, S.; Restović, I.; Maleš, L.; Blažević, I.; Jakupčević, E.; Bulić, M. (ur.). Split, 2021. str. 48 (poster, domaća recenzija, sažetak, znanstveni)

**Prilog 1.** Anketa za učenike o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima srednjih škola, atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u srednjoj školi i atraktivnosti navedenog pokusa u srednjoj školi.

**1. Iz kojeg područja su izvannastavne aktivnosti u koje si uključen/a?**

Matematika

Literarne, dramske, novinarske i filmske radionice

Likovne radionice

Prirodoslovno područje (fizika, kemija, biologija)

Glazbene aktivnosti

Ples ili/folklor

Sportsko-rekreacijsko područje

Nešto drugo

**2. Kolika je vjerojatnost da bi iduće godine odabrao/la izbornu nastavu iz biologije ako bi na nastavi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanja iz biologije?**

Sigurno ne bih

Možda bih

Vjerojatno bih

Sigurno bih

**3. Kolika je vjerojatnost da bi iduće godine odabrao/la izbornu nastavu iz biologije ako bi na nastavi radili praktične vježbe uz korištenje laboratorijskog pribora i mikroskopa?**

Sigurno ne bih

Možda bih

Vjerojatno bih

Sigurno bih

**4. Kolika je vjerojatnost da bi iduće godine odabrao/la izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskog pribora i mikroskopa?**

Sigurno ne bih

Možda bih

Vjerojatno bih

Sigurno bih

**5. Kolika je vjerojatnost da bi iduće godine odabrao/la izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživanjem ponašanja životinja kao što su npr. žarnjaci ili kukci?**

Sigurno ne bih

Možda bih

Vjerojatno bih

Sigurno bih

**Prilog 2.** Anketa za nastavnike o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima srednjih škola, atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u srednjoj školi i atraktivnosti navedenog pokusa u srednjoj školi.

**1. Kolika bi po vašoj procjeni bila vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na nastavi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanja iz biologije?**

Sigurno ne bi

Možda bi

Vjerojatno bi

Sigurno bi

**2. Kolika bi po vašoj procjeni bila vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na izvannastavnim aktivnostima mikroskopirali ili izvodili jednostavne pokuse?**

Sigurno ne bi

Možda bi

Vjerojatno bi

Sigurno bi

**3. Kolika bi po vašoj procjeni bila vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskog pribora i mikroskopa?**

Sigurno ne bi

Možda bi

Vjerojatno bi

Sigurno bi

**4. Kolika bi po vašoj procjeni bila vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživanjem ponašanja životinja kao što su, npr. žarnjaci ili kukci?**

Sigurno ne bi

Možda bi

Vjerojatno bi

Sigurno bi