

Zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) kao kompetitor u slatkovodnom mikrokozmosu i mogućnost primjene u nastavi

Petrinec, Daniela

Master's thesis / Diplomski rad

2020

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:217:527029>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-05**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Daniela Petrincec

Zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) kao kompetitor u slatkovodnom mikrokozmosu
i mogućnost primjene u nastavi

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

Ovaj rad izrađen je u Laboratoriju za evoluciju, simbioze i molekularnu filogenetiku na Zoologijskom zavodu 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

Od srca zahvaljujem mentoru prof. Goranu Kovačeviću na svakoj ukazanoj prilici i povjerenju tijekom mog studiranja. Hvala Vam na prilikama koje su se ostvarile, a koje nisam mogla niti sanjati. Hvala Vam na prenesenom znanju, svakom savjetu, riječima ohrabrenja i svom uloženom vremenu, pomoći, trudu i strpljenju prilikom izrade ovog rada.

Najiskrenije hvala mentoru dr. sc. Damiru Sirovini na korisnim savjetima, nesebičnoj pomoći u svako vrijeme, objašnjenju, strpljenju i trudu prilikom izrade ovog rada, ali i tijekom studiranja. Hvala Vam na lijepim riječima kada je bilo teško.

Hvala Petri što je bila sa mnom rame uz rame od velike predavaone pa do drugog kraja svijeta. Hvala na svakom osmijehu i suzama, trenutku sreće i tuge i zajedničkim neprospavanim noćima prije ispita. Eugleny, samo mi znamo.

Hvala mojoj Eliti, kolegama koji su mi postali prijatelji. Hvala Dominiku na pomoći od prvog praktikuma pa sve do sada. Hvala ti na svakom ozbiljnom i neozbiljnom razgovoru i svakom smijehu tijekom predavanja, ali i izvan faksa. Hvala Katarini što je uvijek svojom vedrinom uljepšala dane na faksu i što smo skupa prošle sve od katalize do sada, sve u zadnji čas. Hvala Antoniji na pomoći, skriptama, organiziranosti i paničarenju prije ispita. Hvala Vam za sve trenutke, bez Vas ne bi bilo isto.

Hvala mojim curama Marijani, Lani i Ivoni što su tu još od školskih dana. Hvala što ste uvijek tu za mene i što prihvaćate sve moje mane. Hvala Vam što dane izvan faksa činite zabavnim, a život ljepšim. Hvala Vam na pravom prijateljstvu.

Najveće HVALA mojoj obitelji, mom bratu i roditeljima. Bez Vas ništa ne bi bilo moguće. Hvala na razumijevanju tijekom mojih dobrih, a i ne tako dobrih dana. Hvala na ljubavi, utjehi, podršci, obrisanim suzama i hvala Vam što ste uvijek vjerovali u mene, posebno onda kada ja nisam. Ovo je za Vas.

Daniela

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) kao kompetitor u slatkovodnom mikrokozmosu
i mogućnost primjene u nastavi

Daniela Petrinec

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Metoda mikrokozmosa koristi se u proučavanju populacijske dinamike predatora i plijena i istraživanju prehrambenih lanaca, što daje mogućnost za modeliranje i rekonstrukciju odnosa u populacijama i biocenoza u prirodi. Cilj ovog rada je istraživanje interspecijskih i intraspecijskih odnosa kompeticije, predacije i simbioze u slatkovodnom mikrokozmosu, između zelene hidre, mnogooke i šiljoglave puzavice, velike vodenbuhe i izolirane endosimbiotske alge. Cilj je i istražiti zastupljenost izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima osnovnih škola i atraktivnost sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u osnovnoj školi te atraktivnost navedenog pokusa u osnovnoj školi. Svaki pokus izveden je u pet replika pri 25 i 13,5 °C, sa sitim i s gladnim životinjama, uz postavljanje kontrola. Pokazano je da je zelena hidra izuzetno zanimljiv i jak kompetitor i predator u slatkovodnom mikrokozmosu te da alge stvaraju mrežu, sudjelujući u predaciji, dok virnjaci predacijom stvaraju kamuflažnu obojenost. Podaci o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja i atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u osnovnoj školi prikupljeni su metodom anonimnog anketiranja. Zastupljenost izvannastavnih aktivnosti iz prirodoslovnog područja među anketiranim je učenicima vrlo niska, a atraktivni su im sadržaji koji obuhvaćaju praktični rad iz područja biologije, pa provedeno istraživanje može biti dobar temelj za izvannastavne aktivnosti u osnovnoj školi.

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

(57 stranica, 27 slika, 1 tablica, 17 priloga, 79 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Ključne riječi: simbioza, kompeticija, predacija, kamuflaža, *Hydra viridissima*, izvannastavne aktivnosti

Voditelj 1: Dr. sc. Goran Kovačević, red. prof.

Voditelj 2: Dr. sc. Damir Sirovina, v. pred.

Ocjenitelji: Dr. sc. Goran Kovačević, red. prof.

Dr. sc. Damir Sirovina, v. pred.

Dr. sc. Vesna Petrović Peroković, izv. prof.

Rad prihvaćen: 03.09.2020.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

Green hydra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) as a competitor in freshwater microcosm and the possibility of application in the teaching process

Daniela Petrinc

Roosveltov trg 6, 10000 Zagreb

The microcosm method is used in the study of population dynamics of predation and prey and in the research of food chains, which provides an opportunity for modeling and reconstruction of relationships in populations and biocenoses in nature. The aim of this paper is to investigate the interspecies and intraspecies relationships of competition, predation, and symbiosis in freshwater microcosms, between green hydra, freshwater turbellarians, large water fleas, and isolated endosymbiotic algae. The aim is also to study the share of extracurricular activities in the field of science among primary school students regarding the attractive content that can be offered within extracurricular activities in primary school and the attractiveness of attending an experiment. Experiment was performed in five replicates at two different temperatures (25 °C with a photoperiod of 8 h day/16 h night and at 13, 5 °C in the dark) and with fed and hungry animals, including control replicates. It has been shown that the hydra is the most interesting and most important competitor and predator and that the algae create a web by participating in the predation, while the turbellarians create a camouflage coloration as a result of predation. The method of anonymous survey results show that the prevalence of extracurricular activities in the field of science among the surveyed students is very low, and that they are attracted to the contents that include practical work in biology, especially those using a microscope, so the proven research can be a good basis for extracurricular activities in primary school.

Thesis deposited in the Central Biological Library

(57 pages, 27 figures, 1 table, 17 attachments, 79 references, original in Croatian)

Key words: symbiosis, competition, predation, camouflage, *Hydra viridissima*, extracurricular activities

Supervisor 1: Dr. sc. Goran Kovačević, Prof.

Supervisor 2: Dr. sc. Damir Sirovina, Senior lecturer

Reviewers: Dr. sc. Goran Kovačević, Prof.

Dr. sc. Damir Sirovina, Senior lecturer

Dr. sc. Vesna Petrović Peroković, Assoc. Prof.

Thesis accepted: 03.09.2020.

SADRŽAJ

1.	UVOD	1
1.1.	KONCEPT MIKROKOZMOSA.....	1
1.2.	SIMBIOZA I ENDOSIMBIOZA KAO ČIMBENICI EVOLUCIJE	2
1.3.	SIMBIOZA ZELENE HIDRE (<i>Hydra viridissima</i> Pallas, 1766) I ALGE	3
1.4.	RAZRED: TURBELLARIA (VIRNJACI)	6
1.5.	VELIKA VODENBUHA (<i>Daphnia magna</i> Straus, 1820)	7
1.6.	IZVANNASTAVNE AKTIVNOSTI IZ BIOLOGIJE.....	8
1.7.	CILJ ISTRAŽIVANJA.....	9
2.	MATERIJALI I METODE	10
2.1.	EKSPERIMENTALNI ORGANIZMI	10
2.2.	EKSPERIMENTALNI DIO	12
3.	REZULTATI.....	14
3.1.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA MIKROKOZMOSA.....	14
3.2.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA O PRISTUPU IZVANNASTAVNIM AKTIVNOSTIMA I NAČINIMA NJIHOVOG IZBORA TE ATRAKTIVNOSTI SADRŽAJA KOJI BI SE MOGAO PONUDITI U OKVIRU IZVANNASTAVNIH AKTIVNOSTI U OSNOVNOJ ŠKOLI	32
4.	RASPRAVA	37
5.	ZAKLJUČCI.....	43
6.	LITERATURA	44
7.	PRILOZI	52
8.	ŽIVOTOPIS.....	55

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: endosimbiotska zelena alga *Desmodesmus subspicatus* (Chlorophyceae) (Chodat) Hegewald et Schmidt

1. UVOD

1.1. KONCEPT MIKROKOZMOSA

Ekosustav je funkcionalna jedinica u ekologiji koja uz žive organizme sadrži i abiotički okoliš, kojeg definiraju različite nežive komponente. Tijekom posljednjih desetljeća razvijaju se nove tehnike i koncepti za proučavanje ekosustava. Primjer takve tehnike je pristup mikrokozmosa u ekološkim istraživanjima. Upravo je takav pristup imao na umu Stephen A. Forbes objavivši poznati rad "The Lake as a Microcosm" (1887). Iako je Forbes u svom radu previdio važnost vanjskih čimbenika poput klime i erozije tla na procese koje se događaju u jezeru, prvi je predstavio ideju ekosustava. Problem s kojim se Forbes susreo leži u problematici ekološke terminologije koja je aktualna i kod suvremenih znanstvenika, a to je da je vrlo teško odrediti granice pojedinačnih ekosustava. Jedno od rješenja je u posudi izolirati pojedini ekosustav od ostatka biosfere. Tako izolirani sustav dobio je naziv mikrokozmos ili mikroekosustav. Osim što su prirodni ekosustavi uglavnom veliki, brojni promjenjivi fizikalno-kemijski čimbenici čine prirodne ekosustave zahtjevnima za provođenje eksperimentalnog rada u kojima je kontrola uvjeta nužna. U pristupu mikrokozmosa takvi su problemi savladani i brojni znanstvenici iskoristili su još jednu prednost korištenja metode mikrokozmosa (McConnell, 1962; Beyers, 1963; Butler, 1964), a to je da takav pristup omogućuje izradu ponovljivih ekosustava, što je u prirodi neizvedivo. Replike se izrađuju na način da se kontroliraju abiotički uvjeti i koriste materijali iz prirodnog ekosustava koji je predmet istraživanja. Iako je kod replika prirodnog ekosustava velika vjerojatnost da će se replicirani ekosustavi početi razlikovati od matičnog iz prirode i međusobno jedni od drugih, takve je poteškoće moguće minimalizirati povećanjem mikrokozmosa ili preciznim održavanjem uvjeta *in situ* jednakim izvornom ekosustavu (Beyers, 1964). Metoda mikrokozmosa koristi se u svrhu raznih istraživanja poput proučavanja populacijske dinamike predatora i plijena (Balčiunas i Lawler, 1995; Holyoak i Lawler, 1996), istraživanja prehrambenih lanaca (Have, 1993; Lawler i Morin, 1993; Diehl i Feiße, 2000), proučavanja kompeticije i predacije (Vandermeer, 1969; Tilman, 1977; Bonsall i Hassell, 1997; Morin, 1999) pri čemu se koriste organizmi poput: trepetljikaša *Paramecium caudatum*, *Paramecium bursaria*, *Paramecium aurelia* i *Blepharisma* sp., slatkovodnih algi *Asterionella formosa* i *Cyclotella meneghiniana* te kukaca *Venturia canescens*, *Plodia interpunctella* i *Ephestia kuehniella*. S obzirom na to da omogućuje jasnije razumijevanje ekoloških procesa, metoda mikrokozmosa izuzetno je prihvatljiva za

postavljanje znanstvenih teorija. Matematički modeli temelje se na pretpostavkama koje se moraju uskladiti s biološkim razumijevanjem, dok se modelom mikrokozmosa mogu prikupiti podaci koji već jesu u skladu s biološkim razumijevanjem jer sadrže biološke, odnosno ekološke mehanizme (Benton i sur., 2007). Sličan pristup obuhvaćaju metode mezokozmosa i makrokozmosa kod kojih se veličina eksperimentalnog ekosustava razlikuje, veći su od mikrokozmosa i mogu se provoditi i na otvorenom. Međutim, važno je naglasiti da je povećanjem sustava potrebno duže vrijeme da eksperimentalni sustav počine nalikovati na izvorni pa je stoga i vrijeme promatranja duže.

Pristup mikrokozmosa ima veliki potencijal u suvremenoj znanosti kada su zbog klimatskih promjena i antropogenih utjecaja ekološka istraživanja fundamentalna te uz terenska istraživanja omogućuju jasniji uvid u promjene koje se događaju u ekosustavima i omogućuju brzi razvoj praktičnih rješenja za probleme koji su posljedica narušavanja dinamike i uništavanja prirodnih ekosustava. Ovakav pristup važan je i utjecajan u recentnim istraživanjima jer pruža mehanističko, a ne samo fenomenološko razumijevanje ekoloških procesa, što za posljedicu ima postavljanje teorija koje omogućuju razvoj rješenja koja su primjenjiva na globalnoj razini (Benton i sur., 2007).

1.2. SIMBIOZA I ENDOSIMBIOZA KAO ČIMBENICI EVOLUCIJE

Svako stanište ili biotop definiraju ekološki čimbenici. Osim abiotičkih čimbenika poput temperature, svjetlosti, vlažnosti zraka i topljivosti plinova u vodi, a u suvremeno doba i utjecaja čovjeka, izuzetno su važne interakcije koje se pojavljuju između jedinki istih vrsta (intraspecijski odnosi) ili između jedinki koje pripadaju različitim vrstama (interspecijski odnosi). Takve interakcije zajednički nazivamo biotičkim čimbenicima. Kako bi opstali, živi se organizmi neprestano prilagođavaju ekološkim čimbenicima. Prilagodbe se razvijaju i akumuliraju različitim brzinama i različitim mehanizmima, a posljedice su, osim opstanka već postojećih vrsta, nastanak novih vrsta.

Simbioza je jedan od kvantitativno i kvalitativno dominantnih čimbenika evolucije koji dovodi do brzih promjena i nastanka novih vrsta (Rossinck, 2005). Simbiotski procesi imali su važnu ulogu evoluciji višestaničnosti te i dalje imaju ulogu u postanku bioraznolikosti (Kovačević, 2013). Simbioza (grč. *sýn-* s, sa, *bíos-* život) je dugotrajan tijesan suživot dviju ili više vrsta organizama, koji pripadaju različito nazvanim kategorijama i žive u uskom odnosu većinu svog života, od kojih je najčešće barem jedan eukariotski organizam (Margulis i Sagan, 2002;

Kovačević, 2013), a definicija simbioze najčešće se pogrešno izjednačava s definicijom mutualizma, odnosa u kojemu svi članovi simbioze imaju koristi. Uz komenzalizam, amenzalizam i neutralizam, jedan od oblika simbioze je i parazitizam, kao odnos u kojemu jedan pripadnik živi na štetu drugoga. Pretpostavlja se da su simbiotski odnosi rezultat parazitskih pokušaja uspostave simbioze (Krajčović i sur., 2001). Postoji oblik simbioze u kojemu su svi sudionici na gubitku zbog, primjerice, nadmetanja za određene prirodne resurse na staništu. Takav oblik naziva se kompeticija. Simbioza za posljedicu može imati nastanak nove forme, funkcije ili metaboličke sposobnosti koju je jedan partner stekao od drugoga i tada govorimo o simbiogenezi (Smith, 2001). Procesom horizontalnog prijenosa gena genetički materijal može prijeći iz simbionta u jezgru domaćina. Primjerice, svi eukarioti rezultat su simbiogeneze gdje je prisutno nasljeđivanje dijelova genoma (Margulis, 2001). Stoga je poznavanje endosimbioze ključno za razumijevanje procesa nastanka eukariotske stanice.

Endosimbioza (grč. *éndon*- unutra, kod kuće) je oblik simbioze koji zahtijeva zatvoreni fizički kontakt dvaju simbionata i postojanje dva genoma različitog evolucijskog podrijetla unutar iste citoplazme. Endosimbioza se često uspostavlja između beskralješnjaka i zelenih algi pri čemu alga ima ulogu kloroplasta, te se alge ponekad nazivaju i kleptoplasti. Sve jednostanične simbiotske kokoidne alge u slatkovodnih beskralješnjaka nazivamo zooklorelama. Dobro poznati i istraživani primjer endosimbioze je zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) (Kovačević i sur., 2010a).

1.3. SIMBIOZA ZELENE HIDRE (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) I ALGE

Zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) (Slika 1) je slatkovodni beskralješnjak koji pripada koljenu žarnjaci (Cnidaria), razredu obrubnjaci (Hydrozoa), redu Hydroida, podredu Hydrina i porodici Hydridae. Žarnjake odlikuje radijalna simetrija tijela koja se sastoji od tri sloja: vanjske jednoslojne epiderme koju čine morfološki i funkcionalno polarizirane epitelno-mišićne stanice, srednjeg sloja koji se naziva mezogleja i unutarnje jednoslojne gastroderme. Između epitelno-mišićnih stanica u lovkama nalaze se žarne stanice (knidociti) koje su osnovno obilježje ove skupine i spadaju u red najotrovnijih stanica u carstvu Animalia, a njihova je uloga ključna u hvatanju plijena i obrani. Žarne stanice sadrže specifične organele koji se nazivaju žarnice (knide) (Habdija i sur., 2011). Zelena hidra je pojedinačni polip i kozmopolitski je rasprostranjeni organizam koji nastanjuje bare, jezera, potoke i mirne kanale tekućica. Podložna ploča na bazalnom dijelu tijela hidre luči sluzavi sekret koji joj omogućuje pričvršćivanje za

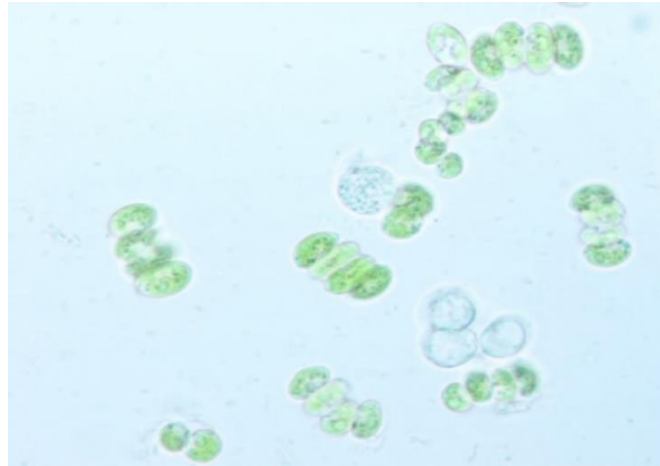
podlogu i sjedilački način života, međutim povremeno ju možemo pronaći u planktonu što joj omogućuje migraciju pri potrazi za hranom ili izbjegavanju nepovoljnih okolišnih uvjeta (Kovačević i sur. 2018). Kretanja hidre ovise o okolišnim čimbenicima: temperaturi, svjetlosti, podražajima i koncentraciji otopljenih plinova. Pri povišenoj temperaturi postaju aktivnije uz veći intenzitet lučenja sluzi dok pri sniženoj temperaturi miruju. Kreću se prema izvoru svjetlosti odnosno fotopozitivne su, a podražaji uzrokuju kontrakciju tijela nakon koje slijedi relaksacija. Hidre su predatori koji svoj plijen love pomoću lovki (4 do 8) koje su smještene oko brežuljkastog usnog polja. Upravo u lovkama nalaze se žarnice, što joj daje kompetitivnu prednost u odnosu na ostale slatkovodne organizme koji joj potencijalno konkuriraju za hranjive resurse. Plijen hidri uglavnom su bakterije, protoktisti, mali račići poput vodenbuha i ličinke kukaca. U gastralnoj šupljini odvija se ekstracelularna probava, a intracelularna u probavnim vakuolama gastrodermalnih mioepitelnih stanica. Neprobavljene tvari izbacuju se kroz usta. Još jedna prednost koja hidru čini zanimljivim kompetitorom je činjenica da može preživjeti bez hrane mjesecima. Nesporno se razmnožava pupanjem, a u nepovoljnim uvjetima spolno. Posebno obilježje hidre je izuzetna sposobnost regeneracije (Kalafatić i sur., 2001). Zelena hidra je tipičan primjer endosimbioze i koristi se u evolucijskim, taksonomskim i ekotoksikološkim istraživanjima (Galliot i Schmid, 2002; Bosch, 2009; Khalturin i sur., 2009; Technau i Steele, 2011).



Slika 1. Zelena hidra s pupom. Povećanje 7× (prema Kovačević, 2012)

Izolirane endosimbiotske alge iz zelene hidre mogu se održavati u trajnoj stabilnoj laboratorijskoj kulturi i pripadaju skupini *Chlorella zagrebiensis* Kovac. & Jelen. (2007) (Kovačević i sur., 2010a). Jedna od izoliranih vrsta je *Desmodesmus subspicatus* (Chlorophyceae) (Chodat) Hegewald et Schmidt (Slika 2). Zanimljivost je što stanice rastu u

cenobijima ili čine i tetrade (četiri stanice povezane unutar zamišljenog kvadrata) (Ivšić i Kovačević, 2018), a mogu biti i nepravilno povezane.



Slika 2. Izolirana endosimbiotska alga *Desmodesmus subspicatus*. Povećanje 1000×

Simbioza hidre i alge (Slika 3) važan je model za proučavanje specifičnosti između domaćina i simbionta. Uspostava stabilne simbioze sa zelenim algama karakteristika je *viridissima* grupe hidri (Campbell, 1983). Zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) kao domaćin u jednoj gastrodermalnoj mioepitelnoj stanici može sadržavati 20 jedinki algi koje su odvojene od citosola stanice domaćina membranskom strukturom koja se naziva simbiosom (Douglas, 1994). Neke endosimbiotske alge služe hidri kao izvor hrane, pogotovo prilikom gladovanja u mraku. Endosimbiotska alga u hidri je zaštićena od prevelikog intenziteta svjetla, a od hidre koristi produkte metabolizma, asimilira ih, prerađuje i vraća domaćinu što predstavlja kruženje elemenata unutar simbiotskog sustava (Cook, 1980). Protok metabolita teče u oba smjera, hidra koristi produkte fotosinteze algi, a stopa fotosinteze simbiotskih algi puno je veća od slobodnoživućih srodnih vrsta (Kremer, 1980). Stoga simbioza daje prednost hidri jer u razdobljima gladovanja i sama svjetlost može pospješiti rast hidre što je čini potencijalno jačim kompetitorom u slatkovodnim ekosustavima. Endosimbiotska alga je jači simbiotski partner u simbiozi hidre i alge (Kovačević i sur., 2010b).

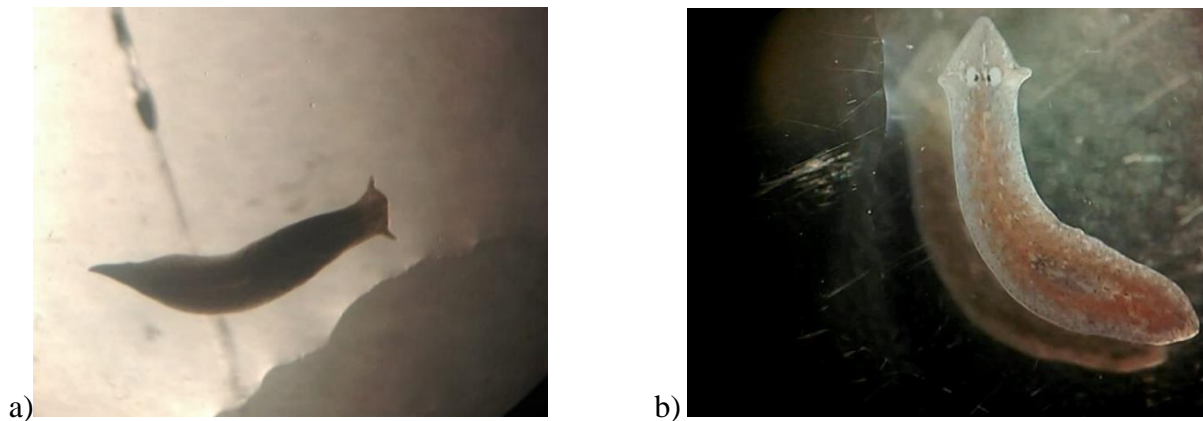


Slika 3. Histološki presjek zelene hidre: ektoderma (1 i 4 strelice), mezogleja (5 strelica), gastroderma (2 strelice) i gastrodermalne mioepitelne stanice koje sadrže endosimbiotske alge (3 strelice). Mjerilo predstavlja 20 μm (Kovačević, 2012)

1.4. RAZRED: TURBELLARIA (VIRNJACI)

Virnjaci pripadaju koljenu plošnjaci (Platyhelminthes) i odlikuje ih dorzoventralno spljošteno i bilateralno simetrično tijelo. Virnjaci žive u slatkim vodama, morima i vlažnim kopnenim staništima dok ih je mali broj prilagođen parazitskom načinu života. Na prednjem dijelu tijela nalazi se glava s osjetilima poput ocela, kemoreceptora i mehanoreceptora na ticalima ili aurikulima. Površinu tijela prekriva jednoslojna trepetljikava epiderma pokrovne i zaštitne uloge. Većina virnjaka ima epidermalne strukture rabdoide i rabdite koji stvaraju sluz koja ih štiti od isušivanja i mogućih predatora i omogućuje pokretanje. Virnjaci se kreću puzanjem, stezanjem, rastezanjem, valovitim kretanjem, odnosno plivanjem i prevrtanjem koje im omogućuju tri sloja mišića. Glavni je dio probavnog sustava crijevo koje je neprohodno pa kroz usni otvor izbacuje neprobavljene ostatke. Virnjaci su predatori ili strvinari. Ovu skupinu životinja odlikuje velika moć regeneracije, a najčešće se razmnožavaju nespolno poprečnim dijeljenjem, a mogu se razmnožavati i spolno. Red trocijevci (Tricladida) dobio je ime po trogradnom crijevu, a najpoznatiji pripadnici ovog reda su planarije (puzavice) dužine tijela do 50 mm, koje imaju važnu ulogu u hranidbenim lancima slatkovodnih ekosustava. Hrane se drugim sitnijim životinjama poput kolutićavaca, ličinki kukaca i mekušaca i sličnim organizmima (Habdija i sur., 2011) i pogodni su test organizmi (Guecheva i sur., 2003; Kovačević i sur., 2009; Knakievicz, 2014). U gorskim potocima, jezerima i vodama bogatim kisikom česte vrste su mnogooka puzavica (*Polycelis felina* Dalyell, 1814) (Slika 4a) i

šiljoglava puzavica (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830) (Slika 4b). Mnogooka puzavica je široko rasprostranjena euroazijska vrsta iz porodice Planariidae i najčešća vrsta slatkovodnih virnjaka. Šiljoglava puzavica iz porodice Dugesiidae, nastanjuje lotičke i lentičke ekosustave kontinentalne Europe (Beier i sur., 2004).



Slika 4. Puzavice povećane 10×; a) mnogooka puzavica, b) šiljoglava puzavica

1.5. VELIKA VODENBUHA (*Daphnia magna* Straus, 1820)

Velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820) (Slika 5) je slatkovodni planktonski račić koji pripada razredu škrgonožaca (Branchiopoda) čija su najbrojnija skupina rašljoticalci (Cladocera) od kojih su najpoznatiji predstavnici upravo porodica vodenbuhe (Daphnidae). Ime rašljoticalci potječe od velikih rašljastih drugih ticala koja životinji služe za veslanje. Prsa čine mali broj kolutića (4-6) i broj tjelesnih nastavaka reduciran je na 5 ili 6 pari peripoda. Kretanje je vertikalno u trzajima. Uz nauplijevo oko imaju i sjedeće stopljeno složeno oko (Habdija i sur., 2011). Velika vodenbuha najveći je pripadnik roda, veličine do 6 mm. Prisutna je u mnogo staništa gdje ima važnu ulogu u hranidbenim lancima (Tatsuo i sur., 2001). Može se razmnožavati spolno i nespolno što omogućuje brzo povećanje populacije u povoljnim uvjetima (Koivisto, 1995). Velika vodenbuha se u prirodi hrani algama i bakterijama. Zbog kratkog životnog ciklusa, velike reproduktivne sposobnosti, partenogeneze, prikladne veličine tijela, prozirnog tijela na kojem je lako uočiti promjene, lakog održavanja, u laboratorijskom uzgoju koristi se kao test organizam (Kenaga, 1892).



Slika 5. Odrasla ženska jedinka velike vodenbuhe. Preuzeto s:
<https://commons.wikimedia.org/> (Dieter Ebert, Basel, Švicarska)

1.6. IZVANNASTAVNE AKTIVNOSTI IZ BIOLOGIJE

Središnji je dio odgojno-obrazovnog procesa u školi redovna nastava, ali u osnovnim i srednjim školama postoje aktivnosti poput: izborne nastave, dodatnog rada, dopunskog rada i izvannastavnih aktivnosti. Članak 28. Zakona o odgoju i obrazovanju u osnovnoj i srednjoj školi navodi kako: "Školski kurikulum određuje nastavni plan i program izbornih predmeta i izvannastavnih aktivnosti.", dok uvodni dio Nastavnog plana i programa za osnovne škole naglašava važnost izvannastavnih aktivnosti kao najdjelotvornijeg načina za suzbijanje društveno neprihvatljivog ponašanja i kao bitnima za samoaktualizaciju učenika i samostalno istraživačko učenje. Izvannastavne aktivnosti su sve ono što se odvija izvan kurikuluma i velik dio njih nije vezan za školu, ali se dobar dio njih odvija u školi zbog brojnih prednosti koji pomažu učenicima u ostvarivanju i razvoju osobnosti. Sudjelovanje u izvannastavnim aktivnostima omogućuje učenicima razvoj socijalnih vještina, osjećaja zajedništva, kreativnosti, radnih navika, osamostaljivanja i otkrivanja vlastitih kompetencija. Istraživanja su pokazala da se razina samopouzdanja učenika koji sudjeluju u izvannastavnim aktivnostima značajno razlikuje, odnosno viša je od onih koji u njima ne sudjeluju (Lake, 2015). Također, pokazano je da sudjelovanje u izvannastavnim aktivnostima ima pozitivan učinak na opći uspjeh učenika i njihovu motivaciju i rezultate u daljnjem školovanju (Shaffer, 2019). S obzirom na to da na izvannastavnim aktivnostima nema brojčanog ocjenjivanja koje učenicima može predstavljati stres, one su idealne za otkrivanje učeničkih interesa i kompetencija u ugodnom okruženju. Osim toga, one su dio fleksibilnijeg i slobodnijeg školskog djelovanja za razliku od obaveznog školskog programa i prostor su slobodnog odabira učenika. Nadalje, izvannastavne aktivnosti su prostor u kojem dolazi do punog izražaja učiteljeva socijalna

inteligencija i njegova "sposobnost aktiviranja tihih učenika" (Heidmann, 2003). Također, učitelji i nastavnici na ovaj način kvalitetnije upoznaju učenike i njihove interese i sposobnosti (Martinčević, 2010). Kako bi izvannastavne aktivnosti bile kvalitetne važne su: potpora učitelju-voditelju izvannastavnih aktivnosti od strane školske uprave u izvođenju izvannastavne aktivnosti, samostalnost učitelja u izboru programa, uključenost učenika u izvannastavne aktivnosti te stručno usavršavanje učitelja za taj oblik odgojno-obrazovne djelatnosti. Naravno bitni su i jasno definirani ciljevi, ishodi, metode i socijalni oblici izvedbe (Mlinarević, 2009). Česta ponuda izvannastavnih aktivnosti uključuje: sportsko-rekreacijske aktivnosti, glazbene aktivnosti, dramske i literarne radionice, likovne radionice, razne grupe iz prirodoslovnog područja (fizika, kemija, biologija) itd. Već preko desetljeća postoji problematika smanjenog interesa učenika za prirodoslovno područje odnosno cijelo tzv. STEM područje, a samim time i manjkom stručnog kadra u navedenom području. Upravo nastavnici iz prirodoslovnih predmeta kroz redovitu nastavu i kroz izvannastavne aktivnosti imaju velik utjecaj na odnos učenika prema prirodoslovlju, što može biti ključno u rješavanju navedenog problema, odnosno smanjenog interesa za prirodoslovno područje (Munro i Elsom, 2000). Pokazano je da upravo učenici koji sudjeluju u izvannastavnim aktivnostima prirodoslovnog područja pokazuju veću motivaciju za ostvarivanje karijere u tom deficitarnom području (Stringer i sur., 2019).

1.7. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti intraspecijske i interspecijske odnose kompeticije, predacije i simbioze u slatkovodnom mikrokozmosu u sustavu makrozoobentos (hidre, virnjaci) - rakovi veslonošci – izolirane endosimbiotske alge, u dva temperaturna režima, i sa sitim i s gladnim životinjama, u svrhu utvrđivanja učinaka na gustoću populacija i uvida u populacijske i evolucijske aspekte slatkovodnih biocenoza, kao i ulogu hidre i ostalih predatora u održavanju biotičke ravnoteže slatkovodnih ekosustava. Istražit će se i učinak i interakcija izoliranih algalnih endosimbionata u odnosu na prisutne konstituente makrozoobentosa. U ovom istraživanju koristit će se: slatkovodni žarnjak zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766), izolirana endosimbiotska alga iz zelene hidre *Desmodesmus subspicatus* (Chlorophyceae) (Chodat) Hegewald et Schmidt, mnogooka puzavica (*Polycelis felina* Dalyell, 1814), šiljoglava puzavica (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830) i slatkovodni planktonski račić velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820). Na temelju rezultata dobit će se jasniji uvid u moguću dinamiku slatkovodnih ekosustava u kojima možemo pronaći navedene vrste te koje predispozicije nekima od tih vrsta omogućuju jaču ulogu kompetitora ili predatora.

Također, cilj ovog rada je i doznati kolika je zastupljenost izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima osnovnih škola, koji sadržaji/teme su učenicima najinteresantniji te kolika je atraktivnost navedenog pokusa u osnovnoj školi s ciljem unapređenja kvalitete nastave biologije i povećanje interesa za prirodoslovno područje u kojem nedostaje stručnog kadra.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. EKSPERIMENTALNI ORGANIZMI

U ovom istraživanju korišteni su sljedeći organizmi iz uzgoja Zoologijskog zavoda Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu: zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766) (Slike 1, 6), endosimbiotska alga *Desmodesmus subspicatus* (Chodat) Hegewald et Schmidt izolirana iz zelene hidre (Slike 2, 7), mnogooka puzavica (*Polycelis felina* Dalyell, 1814) (Slike 4a, 8a), šiljoglava puzavica (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830) (Slike 4b, 8b) i velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820) (Slike 5, 9).

Hidre su održavane u aeriranoj akvarijskog vodi u staklenim posudama zapremnine 2 L pri temperaturi od 21, 5 °C (Slike 6), uz hranjenje dva puta tjedno ličinkama račića *Artemia salina*. Za pokus su korištene zasebno site i zasebno gladne jedinke. Site jedinke su iz uzgoja direktno korištene za pokus, dok su za pokus s gladnim životinjama jedinke izdvojene u zasebne staklene posude s aeriranom vodom i držane u hladnjaku pri 13, 5 °C tri dana prije pokusa.



Slika 6. Kulture zelene hidre

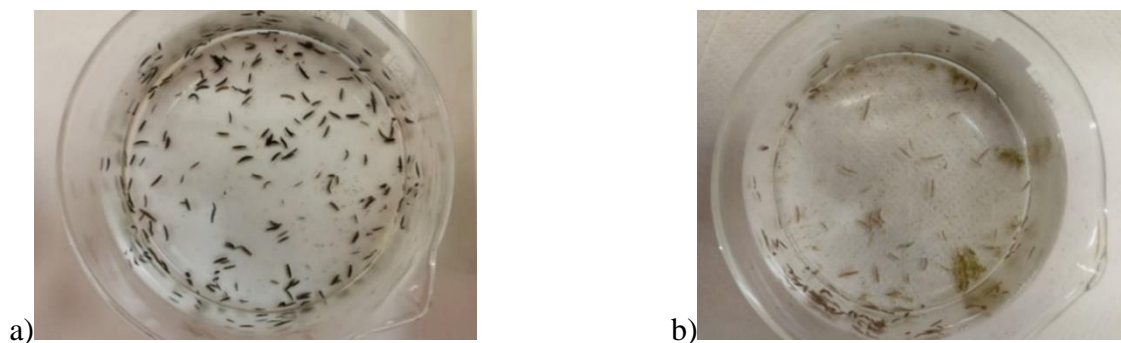
Izolirane endosimbiotske alge uzgajane su na sterilnom kosom agaru sastava: 2 g agara, 100 mg KNO_3 , 1 mL K_2HPO_4 , 1 mL $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, 0,1 mL FeCl_3 i 100 mL destilirane (Pratt 1941; Horvatić i sur. 2000) u klima komori pri 24 °C. Standardiziranom metodom održavanja kulture izoliranih algi dobiva se konstantna količina klonskih kultura pogodnih za provođenje eksperimenata (Kovačević i sur. 2010a) (Slika 7).



Slika 7. Kulture izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus*

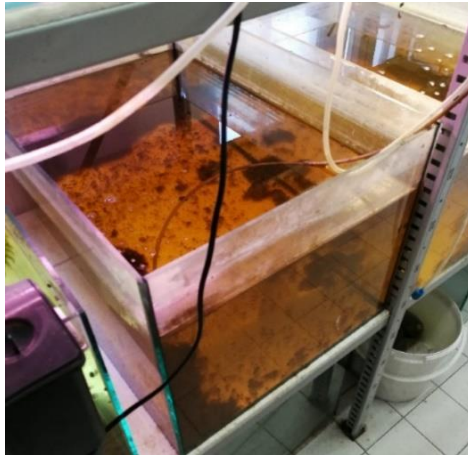
Suspenzija algi rađena je na način da je staklenu čašu od 50 mL odmjerenom 10 mL aerirane vode, metalnom spatulom ostrugana četvrtina sadržaja algi iz epruvete te homogenizirana miješanjem u istom smjeru. Suspenzija je dodana u kristalizirku volumena 60 mL koja je bila napunjena s 40 mL aerirane vode.

Jedinke vrste mnogooka puzavica nakon izolacije iz prirodnog staništa (Gračanski potok, Zagreb) održavane su u aeriranoj vodi u staklenim posudama od 1 L u hladnjaku pri 13, 5 °C (Slika 8a) uz hranjenje jednom tjedno ličinkama račića *Artemia salina*. Jedinke šiljoglave puzavice (Slika 8b) održavane su i korištene kao i zelene hidre. Siti virnjaci su iz uzgoja direktno korišteni za pokus, dok su za pokus s gladnim životinjama jedinke izdvojene u zasebne staklene posude s aeriranom vodom i držane u hladnjaku pri 13, 5 °C tri dana prije pokusa.



Slika 8. Kulture virnjaka a) mnogooke i b) šiljoglave puzavice

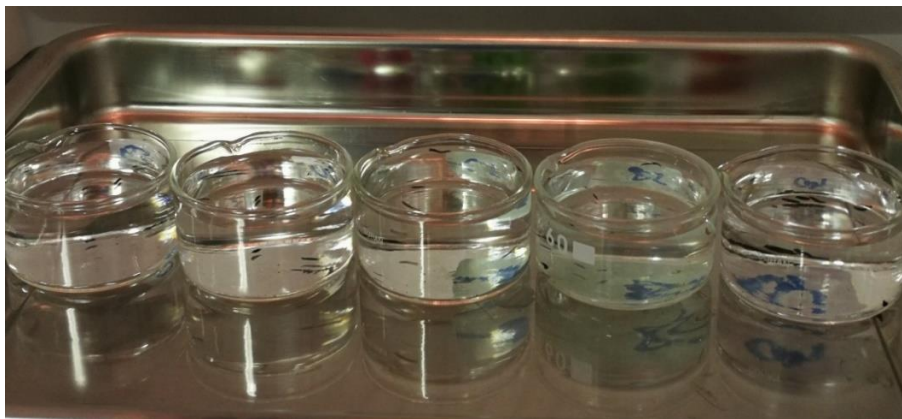
Kultura velike vodenbuhe održavana je pri temperaturi od 17 do 21 °C u akvarijima od 60 L u odstajaloj vodi uz raspršivač zraka (Slika 9). Životinje su hranjene jedan do dva puta tjedno suhim kvascem, a svakodnevno algama *Chlorella* sp. i ribljom hranom najsitnije granulacije SAK 00. Fotoperiod je iznosio 10 h noć/14 h dan uz umjetno halogeno svjetlo T8 35 W. Jedinke su za pokus korištene direktno iz uzgojne kulture, kao plijen.



Slika 9. Kulture velike vodenbuhe

2.2. EKSPERIMENTALNI DIO

Za postavljanje pokusa metodom mikrokozmosa korištene su kristalizirke od 60 mL i svaki je pokus izvođen u 5 replika (Slika 10). Pokusi su izvođeni pri dva temperaturna režima: 25 °C, uz fotoperiod 8 h dan/16 h noć i 13,5 °C u mraku. Rezultati su praćeni neposredno nakon, te 1, 8 i 24 h nakon postavljanja pokusa, dok su u ovom diplomskom radu prikazani rezultati nakon 1 i 24 h.



Slika 10. Eksperimentalna serija slatkovodnog mikrokozmosa, serija od pet replika

Promatrani su sljedeći međuodnosi eksperimentalnih organizama: zelena hidra i mnogooka puzavica i šiljoglava puzavica; zelena hidra i mnogooka puzavica te uz dodatak velike vodenbuhe; zelena hidra i šiljoglava puzavica te uz dodatak velike vodenbuhe; zelena hidra te uz dodatak velike vodenbuhe; zelena hidra te uz dodatak suspenzije alge; mnogooka puzavica te uz dodatak suspenzije alge; šiljoglava puzavica te uz dodatak suspenzije alge; mnogooka puzavica uz dodatak suspenzije alge i velike vodenbuhe; mnogooka puzavica uz dodatak velike vodenbuhe, šiljoglava puzavica uz dodatak velike vodenbuhe, mnogooka puzavica i šiljoglava puzavica te uz dodatak velike vodenbuhe. Za svaki je pokus postavljena i kontrolna skupina za svaku pojedinu vrstu i međuodnos. Pokusi su izvođeni na način da je odnos između broja životinja iznosio 1:1 i 5:5 za svaku korištenu vrstu, dok je velika vodenbuha dodavana kao plijen, uvijek 10 jedinki po eksperimentalnoj posudi. Svaka eksperimentalna posuda od 60 mL napunjena je s 50 mL aerirane vode. Organizmi su dodavani na sredinu dna eksperimentalne posude kapalicom ili spatulom. Eksperimentalne posude postavljane su na tace i izložene uvjetima pokusa.

Za statističku obradu podataka korišten je programski paket STATISTICA 11.0. Za kontinuirane varijable izračunate su srednje vrijednosti i standardne devijacije. Potencijalna razlika između skupina utvrđena je analizom varijance i Newman-Keuls testom. Statistička značajnost u svim korištenim metodama je svedena na $p < 0,05$.

Anketiranje osnovnoškolskih učenika i nastavnika

Podaci o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima osnovnih škola i atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u osnovnoj školi te atraktivnosti navedenog pokusa u osnovnoj školi prikupljeni su metodom anonimnog anketiranja. Anketa za učenike (Prilog 16) u nekim se dijelovima i/ili formulacijama razlikovala od anketa za nastavnike (Prilog 17), a većina pitanja sastavljena je tako da su moguće direktne usporedbe odgovora nastavnika i učenika. Ankete su sastavljene na način da su neka pitanja nudila odgovore “da“ ili “ne“, pojedina pitanja imala su ponuđene odgovore na izbor, a većina ključnih pitanja vezana za izbor pojedinih aktivnosti na izbornoj nastavi iz biologije imala su višestruki izbor odgovora: “sigurno da“, “vjerojatno da“, “možda da“ i “sigurno ne“, dok su neka pitanja bila otvorenog tipa. Ankete su provedene on-line pomoću Google obrasca. U uzorku ispitanih učenika i nastavnika odabrane su ankete koje su ispunjene u potpunosti, što je rezultiralo brojem od 90 učenika i 46 nastavnika iz osnovnih škola u Zagrebu. Anketu su ispunili učenici sedmih razreda triju zagrebačkih osnovnih škola, a

distribucija anketiranih učenika bila je podjednaka. Statistička obrada podataka upitnika izvršena je programskim paketom STATISTICA 11.0. Tablice frekvencije korištene su za izračunavanje učestalosti i postotaka odgovora učenika i nastavnika između četiri mogućnosti (“sigurno da“, “vjerojatno da“, “možda da“ i “sigurno ne“), a vezano za pitanja o odabiru izborne nastave iz biologije s obzirom na vrstu predloženog sadržaja. Potencijalna razlika između postotaka odgovora učenika u odnosu na nastavnike testirana je korištenjem t- testa. Statistička značajnost svedena je na $p < 0,05$.

3. REZULTATI

3.1. REZULTATI ISTRAŽIVANJA MIKROKOZMOSA

U kontrolnom ekperimentalnom postavu sa zelenom hidrom pri temperaturi od 13,5 °C za oba vremena izloženosti (1 i 24 h) pojedinačnih gladnih jedinki sve hidre su relaksirane, a pri 25 °C nakon jednosatne izloženosti utvrđena su četiri relaksirana i jedan kontrahirani oblik, a nakon 24-satne izloženosti tri relaksirana i jedan kontrahirani oblik. Temperatura od 13,5 °C u kombinaciji s produženom izloženošću (24 h) rezultirala je samo kontrahiranim oblicima u svih pet replika kada je u sustavu prisutno pet gladnih jedinki hidre, u istom slučaju pri 25 °C u tri replike bili su svi relaksirani oblici, a u dvije svi kontrahirani. U slučaju pojedinačnih sitih jedinki pri 13,5 °C pri oba vremena izloženosti svih pet replika bilo je kontrahirano, dok je pri 25 °C nakon jednog sata utvrđeno četiri relaksirane i jedna kontrahirana jedinka, dok su nakon 24-satne izloženosti jedinke u svih pet replika bile relaksirane. U slučaju grupe od pet sitih jedinki nakon jednosatne izloženosti pri 13,5 °C, sve jedinke u svih pet replika bile su kontrahirane, dok su one izložene pri 25 °C sve bile relaksirane. Upravo obrnuto nađeno je za 24-satnu izloženost gdje je svih pet jedinki u svih pet replika pri 13,5 °C bilo relaksirano, a pri 25 °C kontrahirano. Kontrahiranost hidri prikazana je u Prilogu 13.

U eksperimentalnom postavu gdje su zelena hidra uz dodatak velike vodenbuhe kao plijena nakon kratkotrajne izloženosti pri 13,5 °C sve site hidre bile su relaksirane na dnu. Predacija je bila prisutna samo u pokusu s pet sitih jedinki u jednoj replici. Pri 25 °C sve su hidre također relaksirane, a predacija je u pokusu s jednom sitom jedinkom hidra bila prisutna u tri od pet replika, a u pokusu s pet sitih jedinki u jednoj od pet replika. Nakon 24-satne izloženosti pri 13,5 °C sve su hidre bile relaksirane na dnu. Pri 25 °C u po dvije replike iz

svakog pokusa uočena je migracija. Kontrahiranost hidri prikazana je u Prilogu 13. Pri 13,5 °C nakon 1 h sve jedinke velike vodenbuhe preživjele su u svim replikama, dok je pri 25 °C preživljenje statistički značajno niže ($p=0,0003$). Još niže, statistički značajno ($p<0,0000$) preživljenje je utvrđeno nakon 24 h držanja u pri 13,5 °C. Nađena je statistički značajna razlika u preživljenju pri 24-satne izloženosti između obje temperature u pokusu sa sitom jedinkom hidre ($p=0,0004$) (Slika 15). U replikama s pet sitih hidri nakon 24 h uočen je drastičan pad preživljavanja velikih vodenbuha, statistički značajan ($p<0,0000$) pri 13,5 °C, dok je pri 25 °C bilo još trostruko niže (Slika 17). Statistički značajna razlika u preživljenju velikih vodenbuha između pokusa s po jednom i pet sitih jedinki nađena za 24-satno vrijeme izloženosti pri 13,5°C. U eksperimentalnom postavu s gladnim hidrama nakon 1-satne izloženosti pri 13,5 °C u pokusu s jednom jedinkom hidre i pet jedinki, sve su hidre bile relaksirane i na dnu. Predacija je uočena u dvije replike u pokusu s jednom jedinkom i jednoj replici u pokusu s pet jedinki. Pri 25 °C u pokusu s jednom gladnom jedinkom hidre, u tri od pet replika hidre su kontrahirane, a u jednoj je replici uočena predacija. U pokusu s pet gladnih jedinki pri 25 °C u četiri od pet replika nađene su kontrahirane hidre, a predacija je uočena u dvije replike. Nakon 24 h u pokusu s jednom jedinkom i pet jedinki gladne hidre, sve hidre bile su na dnu relaksirane bez obzira na temperaturu. Kontrahiranost hidri prikazana je u Prilogu 13. Drastičan, statistički značajan pad preživljenja velike vodenbuhe ($p=0,0004$) nađen nakon 24 sata izloženosti pri 25 °C ($1,2\pm 1,3$). U pokusu s pet gladnih hidri statistički značajno niže preživljenje nađeno je za jedinke držane 24 sata pri 13,5 °C u odnosu na one držane pri istoj temperaturi 1 h ($p=0,0010$), a 24-satna izloženost pri 25 °C rezultirala je padom preživljenja za 10 puta u odnosu na jedinke držane 24 sata pri 13,5 °C s preživljenjem od svega $0,4\pm 0,5$ ($p<0,0000$) (Slika 18). Kada se usporedi odnos živih jedinki u prisutnosti jedne site (Slika 15) i jedne gladne jedinke hidre (Slika 16), preživljenje je veće u prisutnosti jedne gladne hidre, statistički značajno nakon 24 h pri 13,5 °C ($p=0,0003$) i pri 25 °C ($p=0,0072$). U slučaju pokusa s pet gladnih/sitih hidri (Slika 17 i 18) za kratkotrajnu izloženost (1 h) preživljenje je veće u slučaju sitih hidri u odnosu na gladne i to statistički značajno za izloženost 1 h na pri 13,5 °C ($p=0,0034$). U slučaju 24-satne izloženosti pri 25 °C je gotovo identično, ali općenito vrlo nisko dok je za 24-satnu izloženost pri 13,5 °C preživljenje statistički značajno veće ($p=0,0024$) u prisutnosti gladnih hidri u odnosu na site.

Kada su u pokusu bile zelena hidra i mnogooka puzavica uz dodatak velike vodenbuhe kao plijena, u pokusu s po jednom sitom hidrom i mnogookom puzavicom sve su hidre relaksirane na dnu nakon 1 h bez obzira na temperaturu, a predacija nad velikom vodenbuhom uočena je u jednoj replici pri 13,5 °C. A nakon 24 h 13,5 °C predacija nad vodenbuhom

potvrđena je u dvije replike, a jedna hidra je kontrahirana na dnu. U eksperimentu s po pet sitih jedinki hidri i mnogooko puzavice predacija je prisutna u svim replikama pri kratkotrajnoj izloženosti pri obje temperature (Prilog 1). Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 1. Kontrahiranost hidri prikazana je u Prilogu 13. Nakon jednosatne izloženosti pri 13,5 °C preživljenje velike vodenbuhe u prisutnosti jedne site jedinke hidre i mnogooko puzavice (Slika 15) je vrlo visoko ($9,4 \pm 0,9$ jedinke) i pri 25 °C ($8,6 \pm 0,9$ jedinke). Nakon 24 sata pri 13,5 °C uočen je statistički značajan pad ($p=0,0206$) u odnosu na jedan sat ($5,0 \pm 3,3$ jedinke), a najniže preživljenje je nakon 24 sata pri 25 °C ($3,4 \pm 2,3$). U prisutnosti po pet sitih jedinki hidri i mnogookih puzavica preživljenje je za obje temperature i oba vremena izloženosti više, a statistički značajna razlika između dva eksperimenta nađena je nakon 24 sata izloženosti pri 25 °C ($p=0,0063$) te pri 13,5 °C ($p=0,0494$) (Prilog 2). U pokusu s po jednom gladnom hidrom i mnogookom puzavicom tri su hidre kontrahirane na dnu, a dvije relaksirane nakon 1 h pri 13,5 °C, dok su pri 25 °C tri relaksirane na dnu, a u dvije replike je uočen lov, u jednoj od njih hidra drži živu veliku vodenbuhu i kreće se s njom. U pokusu s pet gladnih jedinki svake vrste pri 13,5 °C sve su hidre relaksirane na dnu osim jedne replike u kojoj je hidra na velikoj vodenbuhu, dok je pri 25 °C većina njih relaksirana na dnu, samo je u dvije replike prisutna po jedna kontrahirana hidra na dnu. Nakon 24 h pri 13,5 °C gdje su prisutne po jedne jedinke svake vrste tri su hidre relaksirane, jedna kontrahirana na dnu, dok u jednoj replici nedostaje, a pri 25 °C sve su relaksirane na dnu. U eksperimentalnim posudama s pet gladnih jedinki svake vrste nakon 24 h u dvije su replike četiri relaksirane hidre uz jednu kontrahiranu, u dvije replike svih pet je kontrahirano dok je u jednoj tri relaksirane i dvije kontrahirane na dnu (Prilog 3). Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 3.

Preživljenje velike vodenbuhe u prisutnosti jedne gladne jedinke mnogooko puzavice i jedne gladne jedinke hidre (Slika 16) je vrlo visoko identično za obje temperature ($9,8 \pm 0,4$ jedinke). Nakon 24 sata pri 13,5 °C preživljenje je neznatno, ali statistički značajno niže ($p=0,0451$). Također je uočena statistički značajna razlika u preživljenju nakon 24 sata pri obje temperature ($p=0,0030$). U pokusu s pet gladnih jedinki svake vrste (Slika 18) preživljenja su niža za obje temperature i oba vremena izloženosti. Potvrđena je statistički značajna razlika u preživljenju pri 13,5 °C između 1 h i 24 h ($p<0,0000$). Najniže preživljenje nađeno je nakon 24 sata držanja pri 25 °C ($3,8 \pm 0,4$ jedinke) (Prilog 4). Preživljenje velike vodenbuhe veće je za obje temperature i oba vremena izloženosti u slučaju gladnih jedinki hidri i mnogookih puzavica (Slika 16 i 18), a ta razlika u preživljenju između gladnih i sitih je i statistički značajna nakon držanja 24 sata pri 25 °C ($p=0,0017$) i 13,5 °C ($p=0,0494$).

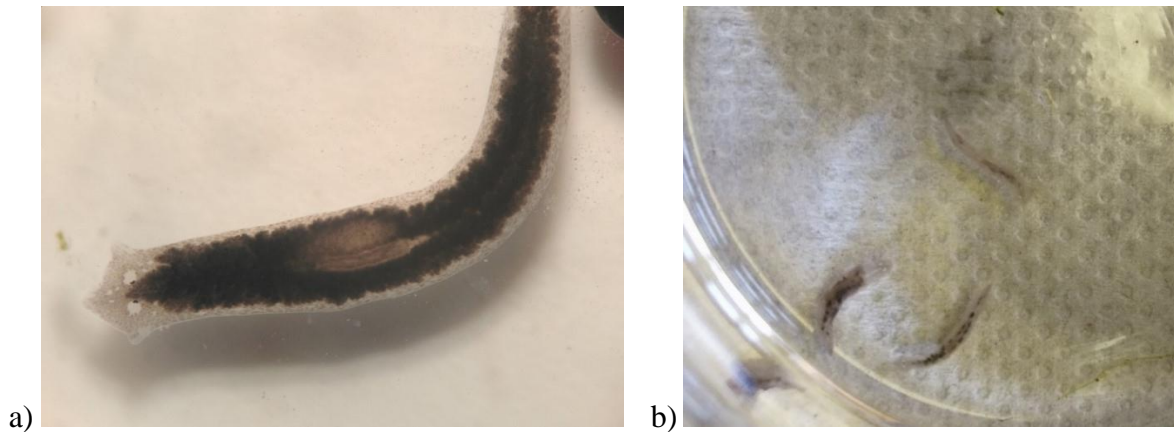
Pokus sa zelenom hidrom i šiljoglavom puzavicom uz dodatak velike vodenbuhe kao plijena pokazao je da u pokusu s po jednom sitom jedinkom hidre i šiljoglave puzavice nakon 1 h pri 13,5 °C u tri replike hidre su relaksirane, a u dvije kontrahirane na dnu dok su pri 25 °C u četiri replike hidre kontrahirane na dnu, a u jednoj kontrahirana na dnu. U eksperimentalnim posudama u kojima su pet sitih jedinki hidre i šiljoglave puzavice nakon 1 h pri 13,5 °C hidre u svih replikama bile su relaksirane na dnu, a pri 25 °C sve su relaksirane, od toga su u četiri replike na dnu, a u jednoj na stijenci. Nakon 24 h u pokusu s po jednom sitom jedinkom hidre i šiljoglave puzavice sve su hidre relaksirane na dnu pri obje temperature. U pokusu s pet sitih jedinki obje vrste pri 13,5 °C u četiri replike hidre su relaksirane na dnu, a u jednoj su četiri relaksirane, dok je jedna kontrahirana na dnu. Pri 25 °C u tri replike hidre su kontrahirane na dnu, u dvije replike su četiri kontrahirane uz jednu relaksiranu, u jednoj replici relaksirana je na dnu u drugoj na stijenci (Prilog 5). Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 5. Kontrahiranost hidri prikazana je u Prilogu 13. Preživljenje velike vodenbuhe u pokusu s jednom sitom jedinkom hidre i jednom sitom jedinkom šiljoglave puzavice (Slika 15) nakon držanja jedan sat pri 13,5 °C je vrlo visoko ($9,4 \pm 0,9$ jedinke) i ne razlikuje se značajno od preživljenja pri 25 °C ($8,8 \pm 1,3$ jedinke). Međutim, 24-satna izloženost pri 13,5 °C uzrokovala je statistički značajno ($p=0,0002$) sniženje preživljenja ($6 \pm 0,7$ jedinki) u odnosu na jednosatnu izloženost istoj temperaturi. Također je potvrđeno statistički značajno niže preživljenje nakon 24-satnog držanja na pri 25 °C ($2,8 \pm 2,2$ jedinke) u odnosu na 24-satno držanje pri 13,5 °C ($p=0,0147$) kao i 1-satno držanje pri 25 °C ($p=0,0008$). U prisutnosti po pet sitih jedinki šiljoglave puzavice i hidre (Slika 17) preživljenje na obje temperature i oba vremena izloženosti značajno je niže i nakon jedan sat pri 13,5 °C iznosi svega $3,6 \pm 2,3$ jedinke, a pri 25 °C temperaturi $2,4 \pm 0,9$ jedinke. Nakon 24 sata pri 13,5 °C preživljenje je svega $0,8 \pm 1,1$ jedinka i statistički je niže u odnosu na jedan sat u pri 13,5 °C ($p=0,0396$). Pri 25 °C nakon 24 sata od 25 račića ni jedan nije preživio (Prilog 6).

U pokusu s po jednom gladnom jedinkom hidre i šiljoglave puzavice nakon 1 h pri 13,5 °C u tri replike hidre su relaksirane na dnu. U jednoj je hidra kontrahirana, dok je u jednoj bila prisutna predacija nad velikom vodenbuhom. Pri 25 °C sve su hidre bile relaksirane na dnu. Nakon 24 h pri 13,5 °C u dvije replike su hidre kontrahirane na dnu, a u tri relaksirane na dnu, a pri 25 °C sve su relaksirane na dnu. U pokusu s pet jedinki gladne hidre i šiljoglave puzavice nakon 1 h pri 13,5 °C nakon 1 h sve su hidre relaksirane na dnu. Isto je stanje bilo i nakon 24 h, a pri 25 °C nakon 1 h u tri replike se nalaze sve hidre na dnu u relaksiranom stanju, osim u dvije gdje se po jedna jedinka nalazi u relaksiranom stanju na stijenci, a ostale na dnu dok se

nakon 24 h u tri replike po jedna jedinka nalazi u relaksiranom stanju na stijenci, a ostale na dnu, a u dvije su sve na dnu relaksirane (Prilog 7). Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 7. Kontrahiranost hidri prikazana je u Prilogu 13. Prosječno preživljenje jedinki velike vodenbuhe u prisutnosti jedne gladne jedinke hidre te jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglave puzavice (Slika 16) nakon 1h pri 13,5 °C je iznosilo 7,2±1,3 jedinke, a pri 25 °C 7,4±1,7 jedinki. Statistički značajno niže preživljenje (4,4±1,8 jedinke) nađeno je nakon držanja 24 sata (p=0,0225) u odnosu na jedan sat pri 13,5 °C. Nakon 24 sata pri 25 °C preživljenje je svega 0,8±1,1 jedinki i statistički je značajno niže u odnosu na 24-satnu izloženost pri 13,5 °C (p=0,0051) te jednosatnu izloženost pri 25 °C (p=0,0001). U prisutnosti po pet gladnih jedinki hidri i šiljoglavnih puzavica (Slika 18) nije bilo preživjelih velikih vodenbuha nakon 24-satne izloženosti ni na jednoj temperaturi, a nakon jedan sat pri 13,5 °C iznosilo je svega 4,4±1,5 jedinke, odnosno 1,2±1,3 jedinke pri 25 °C (Prilog 8). Pri usporedbi preživljenja jedinki velike vodenbuhe u prisutnosti po jedne jedinke hidre i šiljoglave puzavice za oba vremena izloženosti i obje temperature preživljenje je veće u prisutnosti sitih jedinki hidri i šiljoglavih puzavica. Ta razlika je i statistički značajna 24-satnu izloženost pri 25 °C (p=0,0124) (Slike 15 i 16). U pokusu s pet jedinki hidri i šiljoglavih puzavica nije bilo preživljenja velikih vodenbuha za gladne jedinke nakon 24 sata pri obje temperature te kod sitih pri 25 °C. U slučaju jednosatne izloženosti u pri 13,5 °C veće preživljenje velikih vodenbuha nađeno je u slučaju dodanih gladnih jedinki hidre i šiljoglave puzavice dok je pri 25 °C suprotno (Slika 18).

Eksperimentalni postav u kojem je bila zelena hidra i mnogooka puzavica i šiljoglava puzavica pokazao je da u pokusu s po jednom jedinkom site mnogooke puzavice, šiljoglave puzavice i zelene hidre nakon 1 h pri 13,5 °C u četiri replike sve hidre su kontrahirane na dnu, a u jednoj relaksirana na dnu, dok su pri 25 °C sve na dnu kontrahirane. Nakon 24 h pri 13,5 °C u četiri replike su hidre na dnu kontrahirane, a u jednoj je hidra mrtva. Pri 25 °C u četiri replike hidre su na dnu kontrahirane, a u jednoj relaksirana. U pokusu s pet sitih jedinki svake vrste nakon 1 h pri 13,5 °C sve su hidre bile kontrahirane na dnu, a pri 25 °C tako je bilo u tri replike, a u dvije su uz jednu relaksiranu na dnu egzistirale i četiri kontrahirane. Nakon 24 h pri 13,5 °C u svim su replikama hidre bile na dnu kontrahirane, a pri 25 °C su u svim slučajevima hidre bile na dnu relaksirane, osim u jednoj replici gdje je uz četiri relaksirane na dnu, jedna bila na stijenci relaksirana. Kontrahiranost hidri prikazana je u Prilogu 13. Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 9. Nakon 24 h u pokusu pri 25 °C u pokusu gdje je prisutna jedna sita jedinka svake vrste, uočena je predacija šiljoglave puzavice nad mnogookom u tri od pet replika, dok je isto uočeno u jednoj od pet replika gdje je bilo prisutno pet jedinki svih vrsta.

Pri svakoj predaciji šiljoglave puzavice nad mnogookom, uočeno je da je šiljoglava puzavica preuzela crni pigment mnogooke puzavice i u eksperimentalnim zdjelicama uočeni su komadići mnogooke puzavice (Prilog 9) (Slika 11 a) i b)). Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 9.

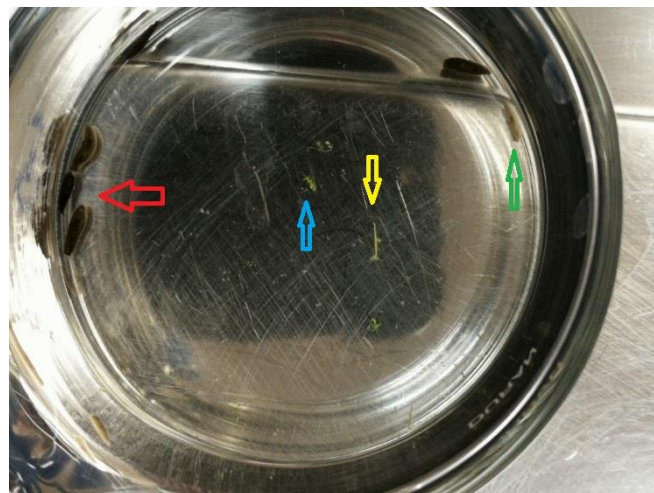


Slika 11. Preuzimanje pigmentacije šiljoglave puzavice od mnogooke puzavice; a) pojedinačna jedinka, b) u usporedbi s ostalima

U pokusu s po jednom jedinkom gladne mnogooke puzavice, šiljoglave puzavice i zelene hidre nakon 1 h pri 13,5 °C tri su hidre kontrahirane na dnu dok su u dvije replike relaksirane na dnu, a pri 25 °C u svim replikama kontrahirane na dnu. (Prilog 10). Nakon 24 h pri 13,5 °C su u tri replike hidre kontrahirane na dnu, a u dvije replike su relaksirane na dnu. U pokusu s po pet jedinki gladne mnogooke puzavice, šiljoglave puzavice i zelene hidre pri 13,5 °C u tri replike sve su hidre kontrahirane na dnu, a u dvije relaksirane na dnu. Pri 25 °C su u dvije replike sve hidre na dnu kontrahirane, u jednoj relaksirane, dok u jednoj uz četiri kontrahirane na dnu, egzistira i jedna relaksirana. Nakon 24 h u četiri replike sve su hidre na dnu relaksirane, u jednoj egzistiraju samo četiri relaksirane hidre na dnu (Prilog 10). Nakon 1 h pri 25 °C u pokusu s pet gladnih jedinki svih vrsta u jednoj replici uočena je predacija šiljoglave puzavice nad mnogookom. Nakon 24 h pri 25 °C u pokusu gdje su prisutne po jedna jedinka svih vrsti ista predacija uočena je u tri od pet replika, a svim replikama gdje je po pet jedinki svih vrsta, pri 13,5 °C u pokusu s po jednom jedinkom predacija je bila prisutna u jednoj replici, a u četiri tamo gdje je bilo prisutno pet jedinki svih vrsta. Pri svakoj predaciji šiljoglave puzavice nad mnogookom, uočeno je da je šiljoglava puzavica preuzela crni pigment mnogooke puzavice i u eksperimentalnim zdjelicama uočeni su komadići mnogooke puzavice (Prilog 10) (slika 12 i 13). Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 10.



Slika 12. Set od pet replika za mikrokozmos sa zelenom hidrom, mnogookom i šiljoglavom puzavicom



Slika 13. Eksperimentalni postav: zelena hidra, mnogooka puzavica i šiljoglava puzavica. Vidljiva grupacija jedinki mnogooke puzavice (crvena strelica), relaksirane (žuta strelica) i kontrahirane hidre (plava strelica) na dnu i šiljoglava puzavica koja je preuzela pigmentaciju od mnogooke puzavice (zelena strelica)

Kontrolne eksperimentalne posude sa suspenzijom alge *Desmodesmus subspicatus* pokazale su da nakon 1 h pri 13,5 °C u četiri replike stanje je bilo homogeno. U jednoj replici započela je koagulacija, dok je pri 25 °C u svim replikama stanje bilo homogeno. Nakon 24 h u svim eksperimentalnim posudama, pri obje je došlo do nastanka mreže (Tablica 1).

Tablica 1. Stanje u eksperimentalnim posudama sa suspenzijom alge *Desmodesmus subspicatus* nakon jednosatne i 24-satne izloženosti pri 13,5 °C i 25 °C

Stanje	1 h		24 h	
	13,5 °C	25 °C	13,5 °C	25 °C
Homogeno	4	5	0	0
Koagulacija	0	0	0	0
Homogeno, koagulacija	1	0	0	0
Mreža	0	0	5	5

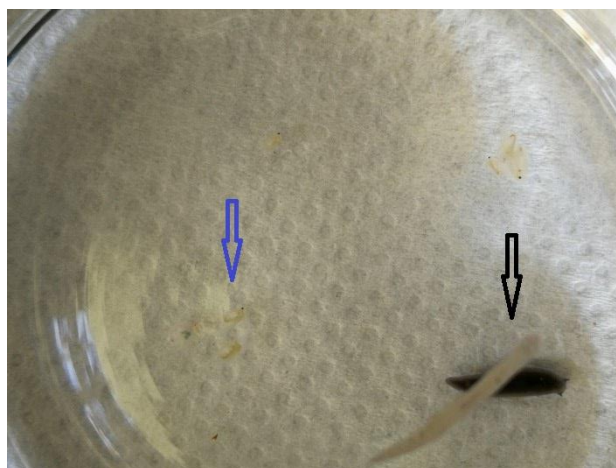
Eksperimentalni postav sa zelenom hidrom uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* pokazao je da u slučaju pokusa s po jednom sitom jedinkom hidre uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* sve su hidre bile kontrahirane na dnu bez obzira na temperaturu i vrijeme izloženosti (Prilog 13). Nakon 1 i 24 h koagulacija je potvrđena pri 13,5 °C u po jednoj replici. Nakon 1 h pri 25 °C koagulacija je potvrđena u četiri od pet replika, a nakon 24 h talog je potvrđen u četiri od pet replika pri čemu je u dvije udružen s koagulacijom, a sama koagulacija je prisutna u jednoj replici. Kada je dodano pet jedinki site hidre nakon 1 h pri 13,5 °C u svim su replikama hidre bile kontrahirane na dnu. (Prilog 13). Koagulacija algi je prisutna u jednoj replici. Pri 25 °C od 25 hidri, 23 su kontrahirane i 2 relaksirane na dnu, a što se tiče algi koagulacija je prisutna u četiri od pet replika. Nakon 24 sata pri 13,5 °C u svih pet replika sve su hidre kontrahirane na dnu. U jednoj replici četiri hidre se nalaze u nakupini algi. Nakon 24 sata pri 25 °C, 18 hidri je kontrahirano i sedam relaksirano, a od algi je stvoren talog kao tepih u četiri od pet replika. U jednoj od tih replika je potvrđena prisutnost mreže (Prilog 15). U jednoj replici prisutna je samo koagulacija. U prisutnosti jedne gladne jedinke hidre uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* bez obzira na temperaturu i vrijeme izloženosti sve su hidre relaksirane na dnu (Prilog 13). Nakon 24 h pri 25 °C u jednoj replici hidra na površini pluta. Što se tiče algi, nakon 1 h pri 13,5 °C koagulacija je prisutna u svih pet replika dok je na vanjskoj temperaturi prisutna samo u jednoj replici. Nakon 24 h pri 13,5 °C u dvije replike prisutna je samo koagulacija, a u ostale tri koagulacija i mreža (Prilog 15). Pri 25 °C nakon 24 h u dvije replike je potvrđena koagulacija. U slučaju pet jedinki gladne hidre nakon 1 h pri 13,5 °C u svih pet replika hidre su relaksirane i na dnu, a u jednoj replici vidljive su alge na lovkama. Nakon 1 h pri 25 °C od 25 jedinki hidre 24 je relaksirano na dnu, a jedna na površini pluta. U svim replikama prisutne su alge u/na lovkama. Nakon 24 h pri 13,5 °C sve su hidre na dnu i relaksirane s algama na lovkama. Pri 25 °C nakon 24 h kod pet hidri uočena

je migracija, a ostalih 20 je relaksirano na dnu (Prilog 13). U jednoj replici alge su nađene u lovkama. Nakon 1 h pri 13,5 °C s pet gladnih koagulacija je potvrđena u tri od pet replika te u jednoj replici pri 25 °C i na toj su temperaturi u svih pet replika alge su prisutne na lovkama hidri. Nakon 24 h pri 13,5 °C alge se nalaze na lovkama hidri u svih pet replika u kojim je također potvrđena pojava koagulacije i mreže (Prilog 15). Nakon 24 h pri 25 °C koagulacija je potvrđena u tri, a koagulacija i mreža u dvije replike. U jednoj replici alge su prisutne na lovkama hidri. Kontrahiranost hidri prikazana je u Prilogu 13.

Eksperiment s mnogookom puzavicom i šiljoglavom puzavicom pokazao je da se u kombinaciji dva sita virnjaka šiljoglava puzavica ponaša kao predator, mnogooka puzavica kao plijen. U kombinaciji pojedinačnih jedinki dvije vrste virnjaka pri kratkotrajnoj izloženosti bez obzira na temperaturu nema znakova predacije. Nakon 24 h pri 25 °C u dvije replike jedinke šiljoglave puzavice preuzele su crni pigment pri čemu je jedna jedinka mnogooke puzavice potpuno pojedena. Pri kombinaciji od po pet sitih jedinki svakog virnjaka nakon 1 h pri 13,5°C u dvije od pet replika utvrđena je po jedna pojedena jedinka mnogooke puzavice, a šiljoglave su preuzele crni pigment. Pri 25 °C potvrđena je jedna pojedena jedinka mnogooke puzavice u jednoj replici u kojoj su nađene tri crne šiljoglave puzavice. Nakon 24 h pri 13,5 °C u dvije replike prisutni su pojedeni virnjaci mnogooka puzavica te crne šiljoglave puzavice od preuzetog pigmenta. Jedinke šiljoglave puzavice najviše love nakon 24 h pri 25 °C gdje su crne šiljoglave puzavice prisutne u svih pet replika, a od ukupno 25 jedinki mnogookih puzavica, osam njih je potpuno pojedeno. U jednoj replici u trenutku pregleda uočena je predacija (Prilog 11). Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 11. U kombinaciji dvije gladne jedinke virnjaka šiljoglave i mnogooke puzavice pri kratkotrajnoj izloženosti bez obzira na temperaturu nema znakova predacije između virnjaka, a isto vrijedi i za jedinke držane 24 h pri 13,5 °C, dok su nakon 24 h pri 25 °C u dvije replike oštećene ili djelomično pojedene jedinke mnogooke puzavice, a posljedično u istim replikama su nađene crne jedinke šiljoglave puzavice zbog preuzimanja pigmentacije. Kada je u pitanju kombinacija po pet gladnih jedinki pri kratkotrajnoj izloženosti ni na jednoj temperaturi nema znakova napada kao ni nakon 24 h pri 13,5 °C. Naprotiv, u svih pet replika nakon 24 h pri 25 °C potvrđena su po dvije potpuno pojedene jedinke mnogooke puzavice, a od 25 šiljoglavih puzavica, 23 je preuzelo crni pigment (Prilog 12). Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 12.

U eksperimentu koji je sadržavao mnogooku puzavicu i šiljoglavu puzavicu uz dodatak velike vodenbuhe kao plijena pokazano je da je nakon 1 h pri 25 °C u pokusu s po jednom sitom jedinkom svake vrste došlo do preuzimanja pigmenta u jednoj replici, a u eksperimentu

s pet jedinki u svih pet replika. Nakon jednosatnog držanja velikih vodenbuha pri 13,5 °C u prisutnosti po jedne site jedinke dviju vrsta virnjaka prosječno preživljenje iznosilo je $8,2 \pm 2,0$ jedinke i statistički je značajno više u odnosu na pokus pri 25 °C ($p=0,0055$) gdje je prosječno preživljenje svega $2,8 \pm 2,5$ jedinki. Nakon 24 h pri 13,5 °C prosječno preživljenje iznosi $2,0 \pm 1,2$ jedinki i statistički je značajno niže u odnosu na istu temperaturu, ali kratkotrajnu izloženost ($p=0,0003$) (Slika 15). U pokusu s po pet sitih jedinki virnjaka za obje je temperature i oba vremena izloženosti značajno niže u odnosu na pokus s po jednom jedinkom i nakon jednog sata pri 13,5 °C iznosi $2,6 \pm 3,3$ jedinke, a pri 25 °C svega $0,4 \pm 0,9$ jedinki, nakon 24 h pri 13,5 °C nema preživjelih jedinki velike vodenbuhe dok je pri 25 °C preživljenje $0,8 \pm 1,3$ jedinki (Slika 17). U pokusu s po jednom gladnom jedinkom dvije vrste virnjaka pri 25 °C u jednoj replici nakon 1 h i dvije replike nakon 24 h došlo je do preuzimanja pigmenta nakon što je jedinka šiljoglave puzavice pojela jedinku mnogooke puzavice. U pokusu s po pet gladnih jedinki dviju vrsta virnjaka do preuzimanja pigmenta od strane šiljoglave puzavice došlo je u dvije replike nakon 1 h izloženosti pri 13,5 °C, jednoj replici nakon 24-satne izloženosti pri 13,5 °C te u tri replike nakon 24-satne izloženosti pri 25 °C s tim da je u jednoj replici svih pet jedinki šiljoglave puzavice preuzelo crni pigment. Nakon jednosatne izloženosti pri temperaturi 13,5 °C u prisutnosti po jedne gladne jedinke dviju vrsta virnjaka prosječno preživljenje velike vodenbuhe iznosilo je $7,0 \pm 1,9$ jedinki i statistički je značajno više ($p=0,0096$) u odnosu na isto vrijeme izloženosti, ali pri 25 °C ($2,6 \pm 2,2$) (Slika 16). Statistički značajno niže preživljenje ($p=0,0028$) potvrđeno je nakon 24 h pri 13,5 °C ($2,4 \pm 1,5$) u odnosu na 1 h. Nakon 24 sata držanja pri 25 °C nije bilo preživjelih jedinki velike vodenbuhe ni u jednoj replici. U pokusu s po pet gladnih virnjaka od svake vrste, preživljenje nakon 1 h držanja pri 13,5 °C dvostruko je niže u odnosu na prethodni eksperiment i statistički je značajno ($p=0,0197$) (Slika 18). Pri 25 °C nakon jednog sata preživljenje je dvostruko više ($6,0 \pm 1,0$) u odnosu na prethodni pokus i također je statistički značajno ($p=0,0137$). Nakon 24 h pri 13,5 °C nije bilo preživjelih jedinki velike vodenbuhe, a preživljenje pri 25 °C iznosilo je svega $0,8 \pm 1,3$ jedinki (Slika 18). U pokusu s po jednom jedinkom obje vrste virnjaka preživljenje velike vodenbuhe veće je u prisutnosti sitih jedinki (Slika 15), osim u slučaju 24-satne izloženosti pri 13,5 °C gdje je preživljenje neznatno veće u slučaju gladnih virnjaka (Slika 16). Nijedna od ovih razlika nije statistički značajna. Pokus s po pet jedinki obje vrste virnjaka pokazao je za kratko vrijeme izloženosti bez obzira na temperaturu da je preživljenje velike vodenbuhe veće u slučaju dodanih gladnih jedinki u odnosu na site što je pri 25 °C i statistički značajno ($p<0,0000$). Nakon 24 h držanja pri 13,5 °C nema preživjelih bez obzira jesu li jedinke gladne ili site, a pri 25 °C je podjednako (Slika 14).



Slika 14. Eksperimentalni postav: mnogooka puzavica i šiljoglava puzavica uz dodatak velike vodenbuhe kao plijena. Na dnu je vidljiva predacija šiljoglave puzavice nad mnogookom puzavicom (crna strelica) i mrtve jedinke velike vodenbuhe (plava strelica)

Pokus sa šiljoglavom puzavicom uz dodatak velike vodenbuhe kao plijena pokazao je da preživljenje jedinki velike vodenbuhe u prisutnosti jednog sitog virnjaka nakon 1 h pri 13,5 °C je visoko i iznosilo je $9,0 \pm 1,0$ jedinku, a neznatno je niže pri 25 °C $8,2 \pm 1,9$. Statistički značajan pad je potvrđen nakon 24 satne izloženosti pri 13,5 °C ($p=0,0017$) i iznosi $3,8 \pm 2,3$ jedinki. Pri 25 °C preživljenje je gotovo dvostruko više ($7,8 \pm 1,3$) i statistički je značajno ($p=0,0096$) (Slika 15). U drugom pokusu s pet sitih virnjaka (Slika 17) preživljenje je niže u svim uvjetima u odnosu na prisutnost jednog virnjaka (Slika 15). Srednja vrijednost preživljenja velike vodenbuhe u prisutnosti jednog gladnog virnjaka šiljoglava puzavica nakon držanja 1 h pri 13,5 °C je iznosila $6,8 \pm 3,6$ jedinki i neznatno je viša za one držane pri 25 °C ($5,8 \pm 2,4$). Nakon 24-satne izloženosti 13,5 °C preživljenje je iznosilo $6,0 \pm 3,4$ i statistički je značajno više ($p=0,0491$) od preživljenja jedinki držanih na pri 25 °C ($1,6 \pm 1,9$) (Slika 16). U pokusu s pet dodanih gladnih virnjaka preživljenje je za nisko vrijeme izloženosti oko dva puta niže u odnosu na pokus s jednim virnjakom. Nakon 24-satne izloženosti pri 13,5 °C preživljenje je svega $1,4 \pm 1,9$ jedinke i statistički je značajno niže u odnosu na pokus s jednim virnjakom za isto vrijeme izloženosti i temperaturu ($p=0,0297$). Nakon 24-satne izloženosti pri 25 °C smrtnost jedinki velikih vodenbuha bila je 100% u svih pet replika (Slika 18). U slučaju jednog dodanog virnjaka preživljenje velike vodenbuhe veće je u slučaju dodanog sitog virnjaka, a ta razlika je i statistički značajna za 24-satnu izloženost pri 25 °C ($p<0,0000$) (Slika 15 i 16). U prisutnosti pet jedinki virnjaka preživljenje velike vodenbuhe je, kao i u prethodnom eksperimentu, veće u prisutnosti sitih jedinki s izuzetkom 24-satne izloženosti pri 13,5 °C gdje je preživljenje veće u slučaju gladnih jedinki (Slika 17 i 18).

Eksperiment u kojem je bila prisutna mnogooka puzavica uz dodatak velike vodenbuhe kao plijena pokazao je da u pokusu s jednom sitom jedinkom mnogooke puzavice u slučaju kratkotrajne izloženosti od 1 h pri 13,5 °C preživljenje velike vodenbuhe vrlo je visoko (9,2±1,1 jedinka) (Slika 15). Preživljenje je nešto niže, ali ne i statistički značajno nakon 1 h pri 25 °C (7,8±2,3). Nakon 24 h pri 13,5 °C preživljenje je 8,0±1,0 jedinki i ne razlikuje se značajno od preživljenja nakon 1 h. Najniže preživljenje nađeno je nakon 24 h pri 25 °C (5,4±1,1 jedinke) i statistički je značajno niže u odnosu na 24 h pri 13,5 °C (p=0,0045) (Slika 15). Nakon 1 h pri 13,5 °C preživljenje velike vodenbuhe u prisutnosti jednog gladnog virnjaka iznosilo je 7,2±2,4 jedinke. Pri 25 °C je nešto veće, (8,6±1,7). Nakon 24 h preživljenje je iznosilo 6,8±1,1 i 6,4±4,0 jedinke pri 13,5 °C odnosno pri 25 °C (Slika 16). U pokusu s pet gladnih virnjaka preživljenje je nešto niže za obje temperature i oba vremena izloženosti u odnosu na jednog dodanog virnjaka. Najniže preživljenje nađeno je nakon 24 h pri 25 °C (5,8±1,5 jedinki) (Slika 18).

Preživljenja jedinki velike vodenbuhe u prisutnosti jednog sitog virnjaka prilično su visoka i kreću se do 9,2±1,1 (Slika 15) pri 13,5 °C nakon 1h. Usporedbom različitih skupina primijećene su razlike u preživljenju, ali samo se u slučaju usporedbe jedinki koje su provele 24 sata pri 13,5 °C i jedinki koje su provele 24 sata pri 25 °C (5,4±1,1 jedinke) zamjećuje statistički značajna razlika (p=0,0045) (Slika 15-18).

Eksperiment u kojem je bila prisutna šiljoglava puzavica uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* pokazao je da u pokusu s jednom jedinkom sitog virnjaka pri kratkotrajnoj izloženosti nema promjene u odnosu na gladne jedinke, bez obzira na temperaturu. Nakon 24 h pri 13,5 °C mreža je prisutna u jednoj replici, koagulacija također u jednoj, a ostaci mreže u tri replike (Prilog 15). Nakon 24 h pri 25 °C ostaci mreže vidljivi su u dvije replike, a ostaci mreže i koagulacija u jednoj. Kada je dodano po pet gladnih virnjaka nakon 1 h pri 13,5 °C sredina je homogena, a pri 25 °C nema promjene. Nakon 24 h pri 13,5 °C ostaci mreže su vidljivi u svih pet replika, a u jednoj je pridružena i koagulacija. Pri 25 °C ostaci mreže uz koagulaciju vidljivi su u četiri od pet replika dok je u jednoj replici vidljiva samo koagulacija. U pokusu s jednom jedinkom gladnog virnjaka nakon 1 h pri 13,5 °C u dvije replike je prisutna mreža, a u dvije mreža i koagulacija. Pri 25 °C samo je u jednoj replici potvrđena koagulacija dok je nakon 24 h pri 13,5 °C u tri replike potvrđena mreža, u jednoj koagulacija, a u jednoj i mreža i koagulacija (Prilog 15). Nakon 24 h pri 25 °C u svim je replikama prisutna koagulacija. U drugom pokusu s pet jedinki gladnih virnjaka nakon 1 h u pri 13,5 °C nema koagulacije, a pri 25 °C u jednoj je replici potvrđena mreža. Nakon 24 h pri obje temperature u svih pet replika je prisutna koagulacija. Kretanje i položaj virnjaka prikazani su u Prilogu 12.

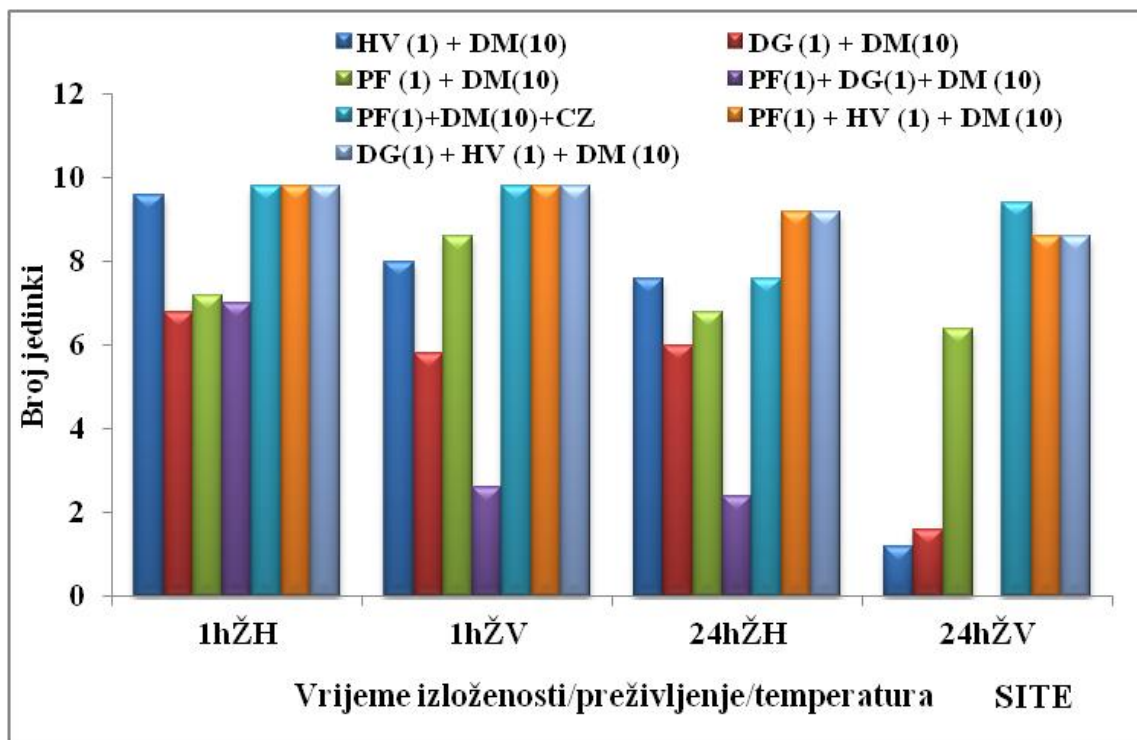
Eksperimentalni postav s mnogookom puzavicom uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* pokazuje da u kombinaciji po jedne site jedinke mnogooke puzavice uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* nakon 1 h pri 13,5 °C od pet replika, koagulacija alge uočena je samo u jednoj, dok u ostalih četiri nije bilo nikakvih promjena. Pri 25 °C nakon 1 h koagulacija je uočena u dvije, a mreža u tri replike (Prilog 15). Nakon 24 h pri temperaturi 13,5 °C koagulacija je prisutna u četiri, a mreža u jednoj replici. U jednoj replici su uz koagulaciju nađene i niti i grumeni algi. Pri 25 °C i mreža i koagulacija prisutni su u dvije replike, samo mreža u jednoj, a samo koagulacija u dvije replike. U kombinaciji po pet jedinki nakon 1 h pri 13,5 °C od pet replika samo u jednoj je uočena mreža (Prilog 15), dok je pri 25 °C u svih pet replika uočena koagulacija. Nakon 24 h pri 13,5 °C u četiri replike je potvrđena koagulacija od čega u jednoj uz prisutnost niti i grumena dok je u jednoj replici prisutna mreža. Pri 25 °C koagulacija je potvrđena u tri replike, a koagulacija i mreža u jednoj replici (Prilog 15). U prisutnosti jedne gladne jedinke mnogooke puzavice uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* nakon 1 h pri 13,5 °C u tri je replike uočena mreža, a u jednoj koagulacija, dok pri 25 °C nije bilo nikakvih promjena. Nakon 24 h pri 13,5 °C u jednoj replici je potvrđena koagulacija, a u ostale četiri zajedno koagulacija i mreža dok je pri 25 °C u svim replikama potvrđena koagulacija. U prisutnosti pet jedinki gladnih virnjaka nakon 1 h pri 13,5 °C u dvije replike je uočena koagulacija dok pri 25 °C nije bilo nikakvih promjena. Nakon 24 h pri 13,5 °C koagulacija je potvrđena u četiri, a koagulacija i mreža u jednoj replici, dok je pri 25 °C koagulacija potvrđena u dvije, a koagulacija i mreža u jednoj replici (Prilog 15).

Eksperiment u kojem je bila prisutna mnogooka puzavica uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* uz dodatak velike vodenbuhe kao plijena pokazao je da je u slučaju dodane jedne jedinke sitog virnjaka mnogooka puzavica uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* pri 25 °C stvaranje mreže potvrđeno u četiri od pet replika od čega su u dvije svih deset jedinki velike vodenbuhe i u jednoj osam, a u jednoj jedna velika vodenbuha. Nakon 24 h pri 13,5 °C prisutna je samo koagulacija u četiri od pet replika, a pri 25 °C koagulacija u svih pet replika koja je u jednoj replici udružena s mrežom. U pokusu s pet sitih virnjaka mnogooka puzavica uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* nakon 1 h pri 13,5 °C nastala je mreža u svih pet replika u kojoj se nalaze od tri do devet jedinki velike vodenbuhe (Prilog 15). U dvije replike prisutna je i koagulacija. Pri 25 °C nema prisutne ni mreže ni koagulacije nakon 1 h izloženosti. Nakon 24 h pri 13,5 °C u svih pet replika uočena je koagulacija, a pri 25 °C koagulacija samo u jednoj replici. U oba pokusa pri obje temperature

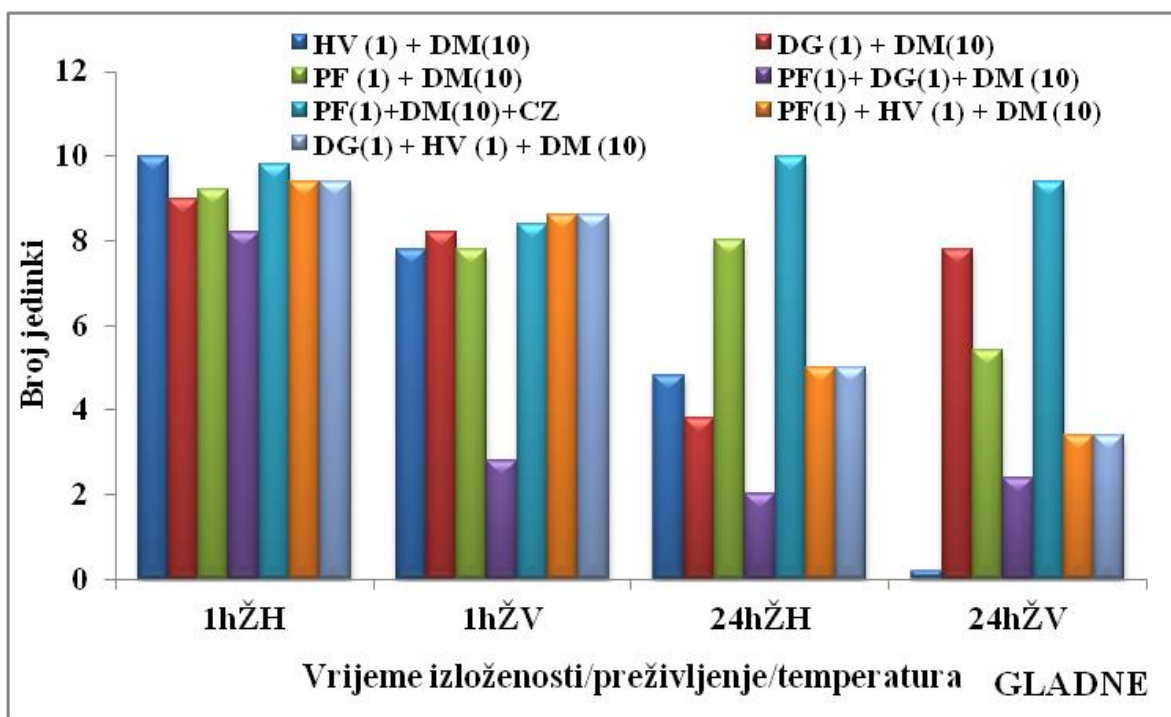
i oba vremena izloženosti preživljenje velike vodenbuhe vrlo je visoko. Nakon 1 h pri 13,5 °C u prvom pokusu s po jednom jedinkom gladnog virnjaka mnogooke puzavice uz dodatak suspenzije alge *Desmodesmus subspicatus* dolazi do stvaranja mreže četiri od pet replika, a u dvije replike je prisutna i koagulacija (Prilog 15). U pokusu s pet gladnih jedinki virnjaka mreža je prisutna u svih pet replika, a u dvije je udružena s koagulacijom. Također je uočen veći broj jedinki velikih vodenbuha u mreži u odnosu na prvi pokus. Pri 25 °C nakon 1 h mreža je prisutna u svim replikama bez obzira na pokus (Prilog 15). U pokusu s pet gladnih jedinki virnjaka u mreži je više velikih vodenbuha u odnosu na prvi. U prvom pokusu u dvije replike uz mrežu je prisutna i koagulacija. Nakon 24 h pri 13,5 °C u oba pokusa i s jednim i pet virnjaka prisutna je mreža koja je u većini slučajeva udružena s koagulacijom dok je pri 25 °C u oba pokusa prisutna samo koagulacija. U prisutnosti jedne jedinke gladnog virnjaka mnogooke puzavice nakon 1 h pri 13,5 °C te također pri 25 °C preživljenje je iznosilo visokih $9,8 \pm 0,4$ jedinki. Nakon 24 h pri 13,5 °C preživljenje je smanjeno na $7,6 \pm 2,3$ jedinke u odnosu na 1 h. Pri 25 °C nakon 24 h preživljenje je također visoko ($9,4 \pm 0,5$ jedinki) (Slika 16). U slučaju pet gladnih virnjaka mnogooke puzavice preživljenje velike vodenbuhe je neznatno. Najniže preživljenje potvrđeno je nakon držanja 24 h pri 25 °C ($6,8 \pm 1,3$ jedinki) (Slika 18). U slučaju dodane jedne jedinke virnjaka preživljenje je podjednako nakon držanja 1 h pri 13,5 °C i 24 h pri 25 °C, a veće je kod gladnih virnjaka nakon 24 h pri 13,5 °C te kod sitih nakon 1 h pri 25 °C (Slika 15 i 16). U slučaju dodanih pet virnjaka preživljenje je veće kod obje temperature i oba vremena izloženosti u slučaju sitih jedinki virnjaka u odnosu na gladne (Slika 17 i 18).

Prilozi 13-16 prikazuju redom: kontrahiranost hidri, kretanje virnjaka, pojavnost mreže u svim promatranim eksperimentalnim postavama pri eksperimentalnim uvjetima.

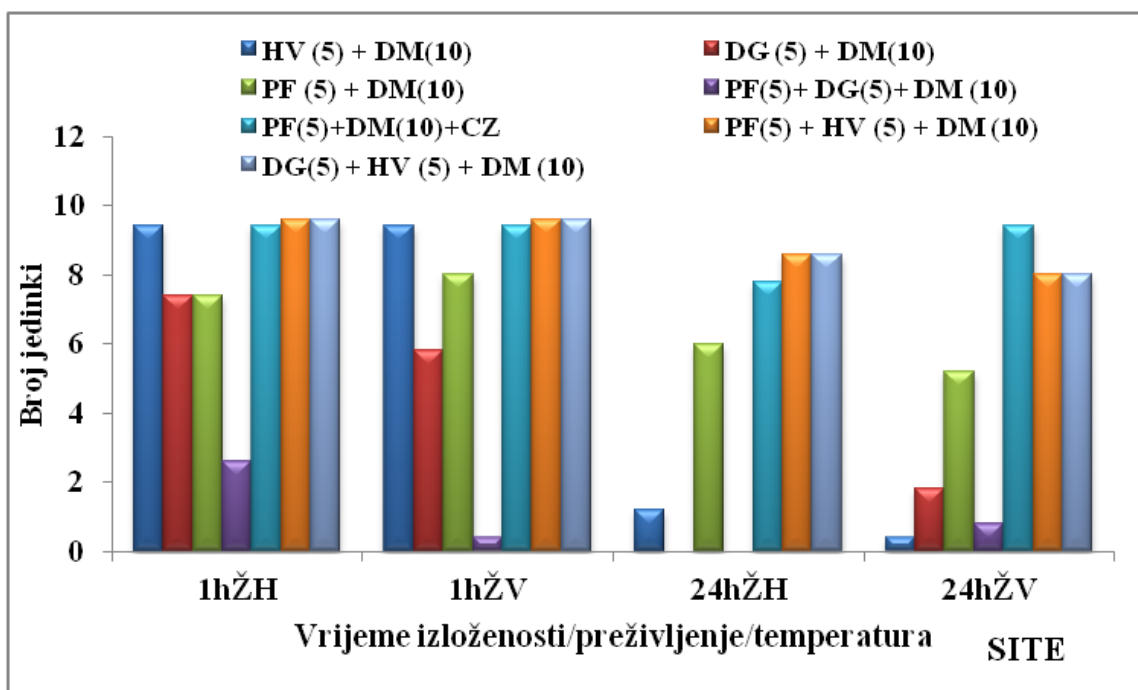
Slike 16-19 prikazuju srednje vrijednosti preživljenja velike vodenbuhe uz sve promatrane i opisane kombinacije organizama pri eksperimentalnim uvjetima.



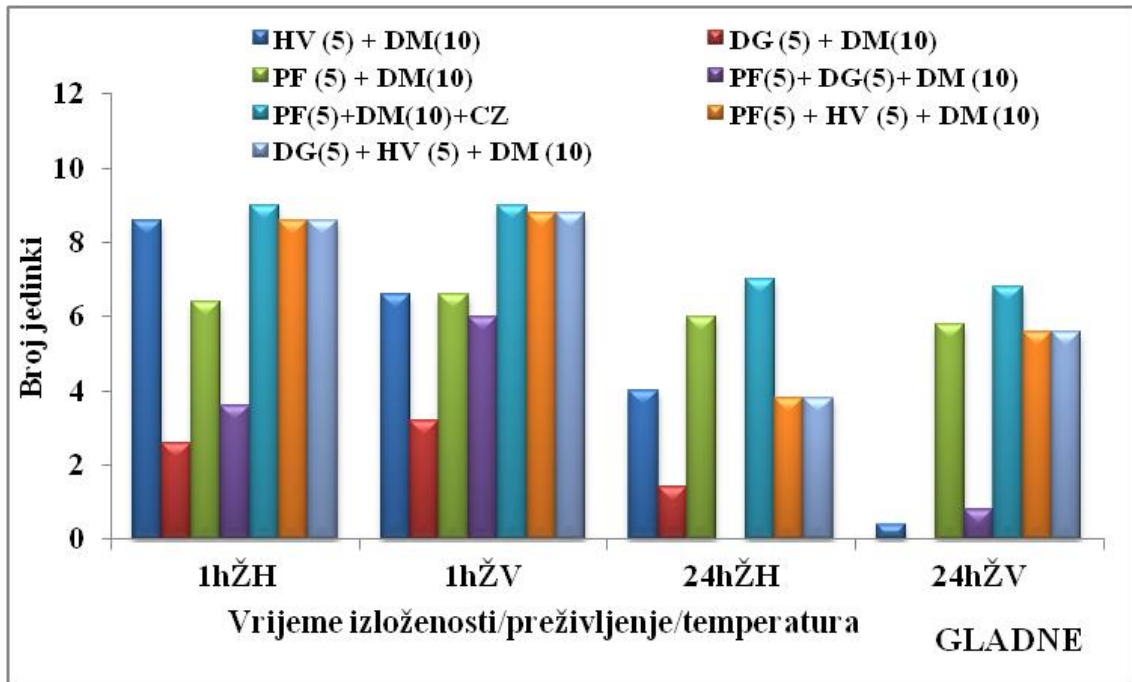
Slika 15. Srednje vrijednosti preživljenja u pet replika po deset jedinki velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) držane 1 h i 24 h pri 13, 5 °C (H) ili pri 25 °C (V) u prisutnosti po jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) ili virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) ili virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) ili obje vrste virnjaka ili kombinacije virnjaka i zelene alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) ili kombinacije virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF)/ šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i zelene hidre *Hydra viridissima* (HV)



Slika 16. Srednje vrijednosti preživljenja u pet replika po deset jedinki velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) držane 1 h i 24 h pri 13, 5 °C (H) ili pri 25 °C (V) u prisutnosti po jedne gladne jedinice zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) ili virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) ili virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) ili obje vrste virnjaka ili kombinacije virnjaka i zelene alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) ili kombinacije virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF)/ šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i zelene hidre *Hydra viridissima* (HV)



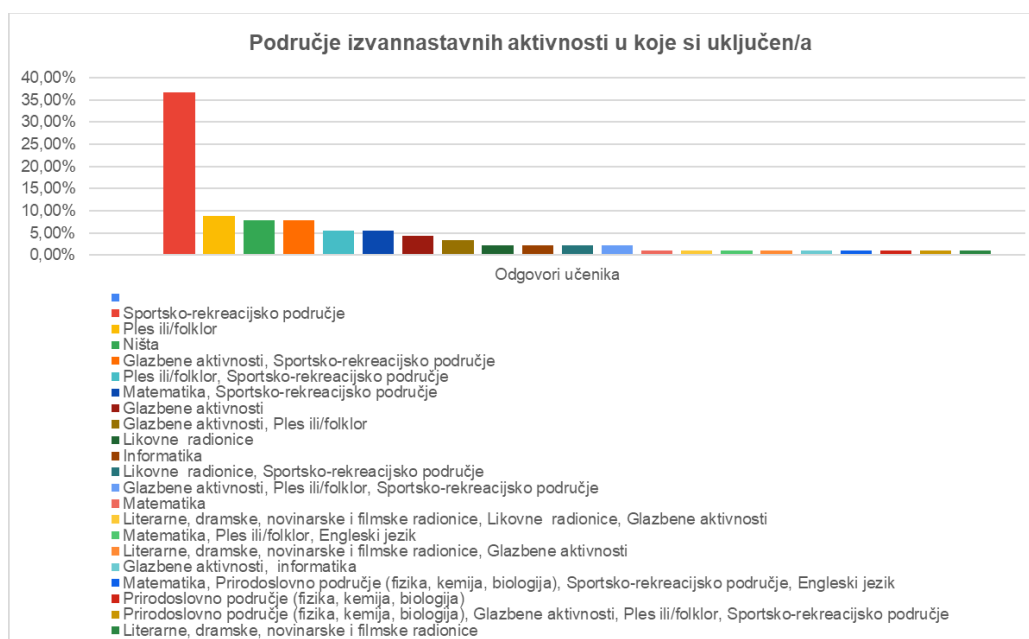
Slika 17. Srednje vrijednosti preživljenja u pet replika po deset jedinki velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) držane 1 h i 24 h pri 13, 5 °C (H) ili pri 25 °C (V) u prisutnosti po pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) ili virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) ili virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) ili obje vrste virnjaka ili kombinacije virnjaka i jedne jedinke zelene alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) ili kombinacije virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF)/ šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i zelene hidre *Hydra viridissima* (HV)



Slika 18. Srednje vrijednosti preživljenja u pet replika po deset jedinki velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) držane 1 h i 24 pri 13, 5 °C (H) ili pri 25 °C (V) u prisutnosti po pet gladnih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) ili virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) ili virnjaka mnogooka puzavica šiljoglava puzavica *Polycelis felina* (PF) ili obje vrste virnjaka ili kombinacije virnjaka i jedne jedinice zelene alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) ili kombinacije virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF)/ šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i zelene hidre *Hydra viridissima* (HV)

3.2. REZULTATI ISTRAŽIVANJA O PRISTUPU IZVANNASTAVNIM AKTIVNOSTIMA I NAČINIMA NJIHOVOG IZBORA TE ATRAKTIVNOSTI SADRŽAJA KOJI BI SE MOGAO PONUDITI U OKVIRU IZVANNASTAVNIH AKTIVNOSTI U OSNOVNOJ ŠKOLI

Najveći postotak ispitanih učenika uključen je u izvannastavne aktivnosti sportsko-rekreacijskog područja, njih 36,67 %, nakon čega slijedi ples/folklor kojim se bavi 8,89 % ispitanih učenika. Glazbenim aktivnostima u kombinaciji sa sportsko-rekreacijskim područjem bavi se 7,78 % anketiranih osnovnoškolaca. Aktivnostima u sportsko-rekreacijskom području u kombinaciji s plesom/folklorom bavi se 5,56 % učenika, a jednak postotak učenika uključen je u aktivnosti sportsko-rekreacijskog područja u kombinaciji s matematikom. Glazbenim aktivnostima bavi se 4,44 % učenika, dok se kombinacijom glazbenih aktivnosti i plesom /folklorom bavi njih 3,33 %. Prirodoslovno područje, koje obuhvaća fiziku, kemiju i biologiju, zastupljeno je s 1,11% učenika i smješteno je među ostala područja ili njihove kombinacije zastupljene s manje od 2,5%. Dio učenika, njih 7,78 % izjasnio se da nisu uključeni ni u kakve izvannastavne aktivnosti (Slika 19).

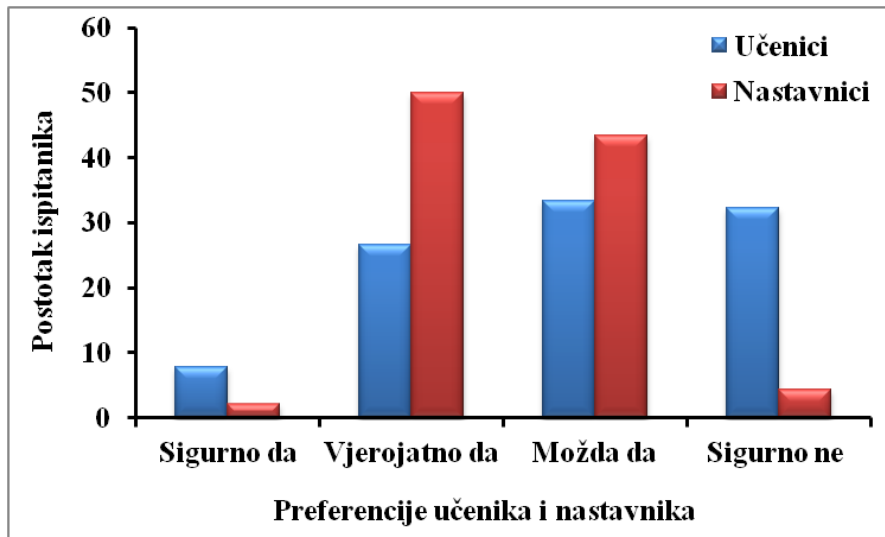


Slika 19. Prikaz zastupljenosti područja izvannastavnih aktivnosti ispitanih učenika.

Prirodoslovno područje prikazano je predzadnjim stupićem

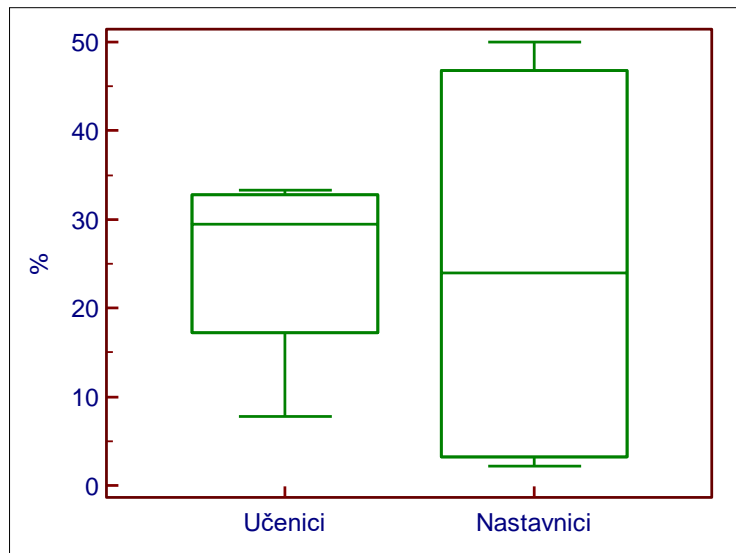
Učestalost i postotci odgovora učenika i nastavnika na četiri pitanja vezanih za odabir biologije kao izbornog predmeta s obzirom na mogući sadržaj predmeta prikazani su Slikama 20-23. Na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na nastavi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanje iz biologije?“, 7,78 % učenika

i 2,17 % nastavnika odgovorilo je “sigurno da”. “Sigurno ne” zaokružila je gotovo trećina učenika (32,22 %) i samo 4,35 % nastavnika. Iako se odgovori između učenika i nastavnika prilično razlikuju za sve četiri ponuđene mogućnosti, ta razlika (kao i u daljnjim prikazima) nije bila dovoljna da bi se pokazala i statistički značajnom ($p=0,2234$) (Slika 20a).



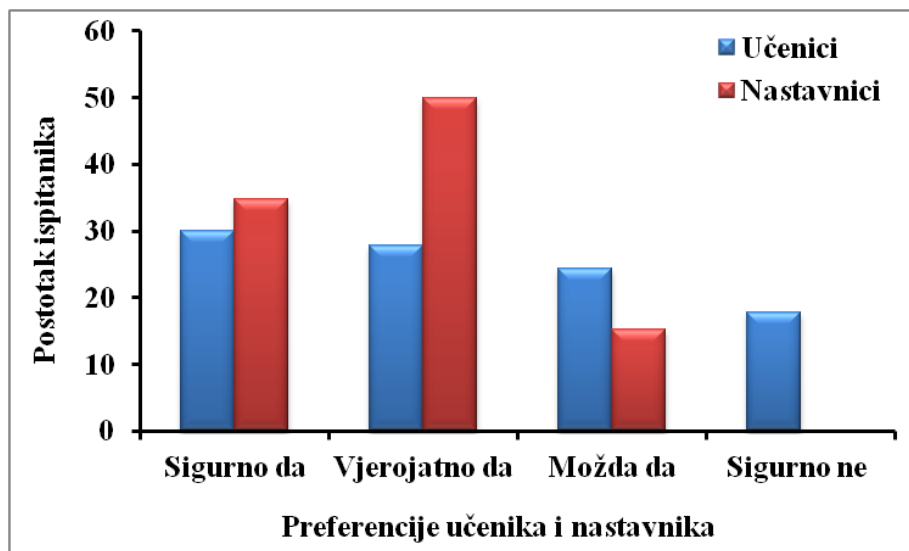
Slika 20a. Postotci ispitanika s obzirom na odgovor na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na nastavi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanje iz biologije?“

Nadalje, iz slike 20b (kao i u daljnjim prikazima) vidljiva je veća varijacija odgovora nastavnika u odnosu na učenike (veća standardna pogreška i standardna devijacija).

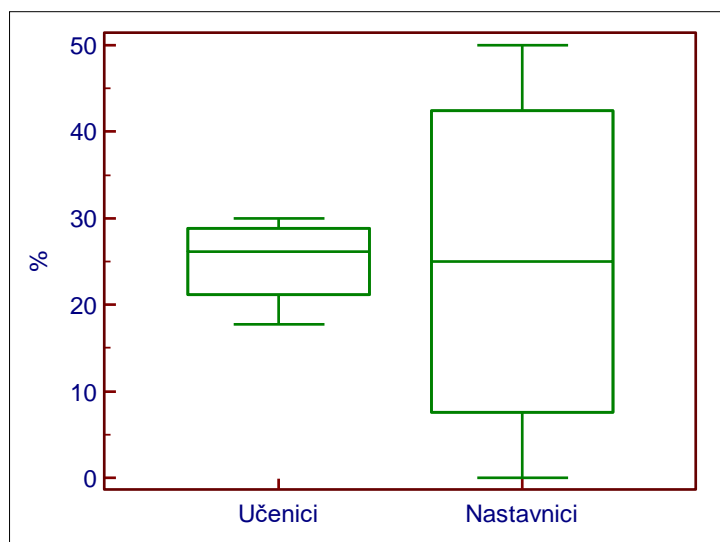


Slika 20b. Distribucija rezultata između odgovora učenika i nastavnika na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na nastavi rješavali zadatke i pripremali se za natjecanje iz biologije?“

Ukoliko bi na izvannastavnim aktivnostima mikroskopirali ili izvodili jednostavne pokuse, čak 30 % učenika bi sigurno te još 27,78 % vjerojatno odabrali izbornu nastavu iz biologije (Slika 21a). Sigurno da“ i „Vjerojatno da“ odabralo je 84,78 % nastavnika ($p=0,0628$) (slika 21b).

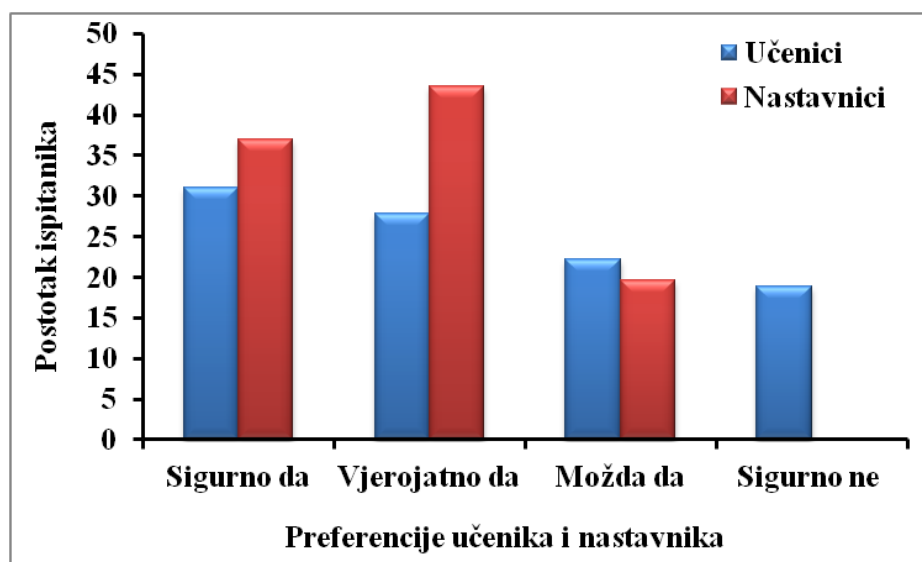


Slika 21a. Postotci ispitanika s obzirom na odgovor na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na izvannastavnim aktivnostima mikroskopirali ili izvodili jednostavne pokuse?“

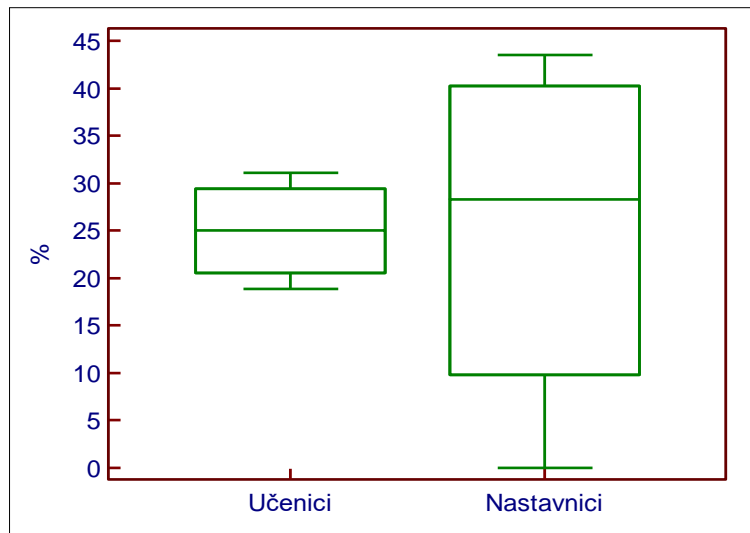


Slika 21b. Distribucija rezultata između odgovora učenika i nastavnika na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi na izvannastavnim aktivnostima mikroskopirali ili izvodili jednostavne pokuse?“

Oko 59 % učenika odabrali bi izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskopa (Slika 22a). Nastavnici kao i kod prethodnog pitanja očekuju znatno veći upis učenika (čak do 80%) ($p=0,0766$) (Slika 22b).

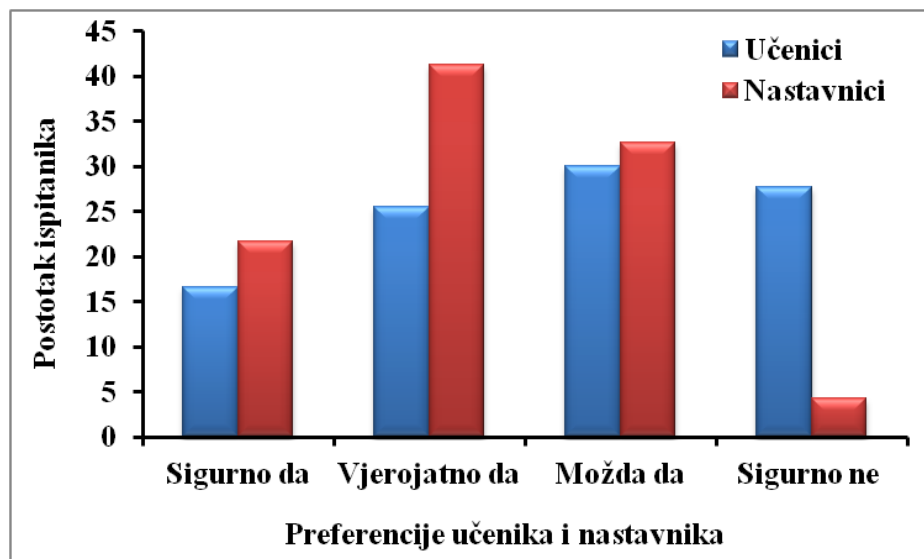


Slika 22a. Postotci ispitanika s obzirom na odgovor na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskopa?“

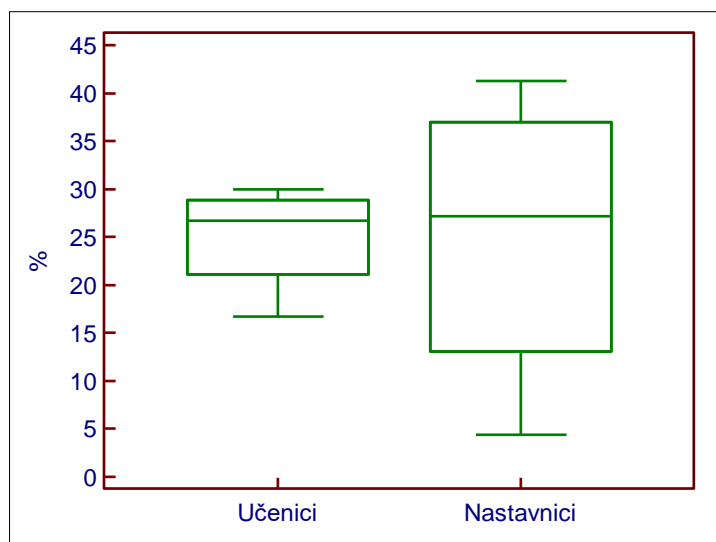


Slika 22b. Distribucija rezultata između odgovora učenika i nastavnika na pitanje „Kolika je vjerojatnost da bi učenici iduće godine odabrali izbornu nastavu iz biologije ako bi se na nastavi bavili istraživačkim radom uz korištenje laboratorijskoga pribora i mikroskopa?“

Ukoliko bi se na nastavi bavili istraživanjem ponašanja životinja kao što su, npr., žrnjaci ili kukci, izbornu nastavu iz biologije bi sigurno ili vjerojatno izabralo 42,22 % učenika (Slika 23a), dok nastavnici očekuju upis 62,04 % učenika, ($p=0,1136$) (slika 23b).



Slika 23a. Postotci 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?“



Slika 23b. Distribucija rezultata između 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., žarnjaci ili kukci?“

4. RASPRAVA

U ovom su istraživanju korišteni dobro poznati organizmi pripadnici slatkovodnih ekosustava: zelena hidra (*Hydra viridissima* Pallas, 1766), izolirana endosimbiotska alga *Desmodesmus subspicatus* (Chlorophyceae) (Chodat) Hegewald et Schmidt, virnjaci mnogooka puzavica (*Polycelis felina* Dalyell, 1814) i šiljoglava puzavica (*Dugesia gonocephala* Duges, 1830) i velika vodenbuha (*Daphnia magna* Straus, 1820). Ovi se organizmi koriste u ekološkim i ekotoksikološkim istraživanjima te istraživanjima koja uključuju aspekte slatkovodnih biocenoza (Kenaga, 1892; Galliot i Schmid, 2002; Rajević i sur., 2004; Horvat i sur., 2005; Bosch, 2009; Khalturin i sur., 2009; Kovačević i sur., 2010a, b; Technau i Steele, 2011), a u posljednje vrijeme neke od tih vrsta i srodne vrste koriste se u istraživanjima metode mikrokozmosa zbog mogućnosti potpune izolacije i kontrole pojedinog sustava (Majdi i sur., 2016; Petrincec i sur., 2018; Hevrøy i sur., 2019; Kovačević i sur., 2019; Choi i Kim, 2020; Ptatscheck i sur., 2020). Ovaj diplomski rad doprinosi razumijevanju koncepta mikrokozmosa u slatkovodnim ekosustavima, uz naglasak na uopće slabo zastupljeni aspekt simbioze.

Rezultati istraživanja pokazali su da zelena hidra praktički ni u jednom eksperimentalnom postavu mikrokozmosa bez obzira na organizam koji je uz hidru bio prisutan i između kojih su bili promatrani međuodnosi, kao i bez obzira na uvjete u mikrokozmosu, nije bila plijen. Hidra

posjeduje žarne stanice koje su bitno obilježje žarnjaka kao složene osjetno-efektivne stanice koje imaju ključnu ulogu u obrani i hvatanju plijena što žarnjacima pa tako i hidri daje vrlo dobre predatorske kompetencije (Habdija i sur., 2011). Hidra posjeduje nematociste koje su jedan od tri tipa žarnih stanica. Otrov u nematocistama hidre sadrži spojeve velike molekulske mase kao što su paralitički i hemolitički proteini, kao i proteine koji uzrokuju dugotrajnu paralizu (Klug i sur., 1989). Istraživanje koje je pokazalo da naupliji račića *Aritemia salina* koje je hidra uhvatila i koji su odvojeni od lovki, ostaju paralizirani i nepokretni (neki i mrtvi), ali ni kroz 24 h ne započinje njihov raspad, podupiru činjenicu da kada hidra koristi lovke odnosno žarne stanice tijekom predacije, uloga njihova otrova je uglavnom za paralizu i omamljivanje plijena, a ne kao inicijator početka probave (Sher i sur., 2008). To je u skladu s rezultatima ovog istraživanja gdje su u mikrokozmosu s hidrom kao plijenom bile prisutne jedinke velike vodenbuhe čije je preživljenje drastično palo nakon 24 h pri 25 °C, ali bez naznaka raspada jedinki plijena. Činjenicu da u ovom istraživanju hidra praktički nikada nije bila plijen od strane ostalih sudionika eksperimentalnih mikrokozmosa, možemo usporediti s rezultatima istraživanja u kojem je glavni fokus bio proučavanje interakcija plijena i predatora koje uključuje dvije vrste hidre: *Hydra viridissima* i *Hydra salmacidis* i slatkovodne beskralješnjake veslonošce uključujući ciklopede, nifme vretenaca i larve kukaca iz porodice Chaoboridae. Massaro i sur. (2013) pokazali su da zelena hidra bira uglavnom manji plijen poput nauplija i planktonskih veslonožaca, što je bio slučaj i u ovom istraživanju gdje je velika vodenbuha bila plijen zelenoj hidri. Isto istraživanje pokazalo je i da hidre nikada nisu bile konzumirane što potvrđuje činjenicu da su hidre kao predatori pri vrhu hranidbenog lanca u slatkovodnim ekosustavima. Nadalje, istraživanje u kojem se koristila zelena hidra i kolnjaci pokazuje da je prisutnost hidre značajno smanjila preživljenje kolnjaka što ukazuje na njenu jaku predatorsku ulogu u području litorala (Walsh, 1995).

Zelenoj hidri endosimbiotske alge u mutualističkom odnosu daju bolje kompeticijske predispozicije jer joj omogućuju prinos energije kada u okolišu nije prisutan plijen, odnosno u stanju gladovanja. Rezultati u mikrokozmosu gdje je prisutna zelena hidra uz suspenziju izolirane endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* pokazuju prisutnost algi na lovkama hidre, posebice u pokusu s gladnim hidrama nakon 24 h pri temperaturi 13, 5 °C, gdje je prisutnost algi na lovkama bila isključivo uz pojavu koagulacije algi u eksperimentalnoj posudici i nastanka mreže, pri čemu su gladne hidre u relaksiranom stanju hvatale potencijalni plijen/hranu (u ovom slučaju alge), dok su site hidre bile kontrahirane i nisu hvatale alge jer im dodatna hrana nije bila nužno potrebna. Prilikom navednih uvjeta u mikrokozmosu došlo je i

do migracije i pupanja hidre što ukazuje na činjenicu da joj uvjeti mikrokozmosa odgovaraju, tj. na kompeticijske prednosti zelene hidre. S druge strane, ti uvjeti algi nužno ne odgovaraju. Pojavnost algi na lovkama hidre može ukazivati na pokušaj ponovne uspostave endosimbioze i traženje povoljnijeg staništa, no treba imati na umu da jednom uspostavljena endosimbioza s jednom vrstom algi onemogućuje hidri uspostavu simbioze s drugom vrstom (Rahat, 1991). S obzirom na to, u ovom slučaju ponovna uspostava nije bila moguća, iako su alge jasno nakupljane na lovkama hidre. Ova pojava može se tumačiti i zbog specifičnosti u građi endosimbiotske alge, atipičnoj za zooklozele, odnosno time što stanice rastu u cenobijama ili čine tetrade, prilikom čega je došlo do formacije mreže te i do koagulacije gdje su se i koagulati algi posljedično nalazili na lovkama. Prilikom stalnog rasta u kulturi, ove alge također pokazuju karakterističan zrnati suhi rast (Ivšić i Kovačević, 2018). S obzirom na to da je i u kontrolnim replikama, gdje je prisutna samo suspenzija izolirane endosimbiotske alge došlo do nastanka mreže i koagulacije, upravo su alge ključni pripadnik za nastanak kompleksne mreže, a vjerojatano kao posljedica njihove građe.

Pojava mreže uočena je i u eksperimentalnim postavima u kojima su uz suspenziju endosimbiotske alge bili prisutni i virnjaci, najintenzivnije nakon 24 h kada je u mikrokozmosu bila prisutna mnogooka puzavica bez obzira na sitost i glad životinja te temperaturu. Uz mrežu je uočeno i pojačano izlučivanje sluzi, bilo od strane virnjaka ili od hidri. Podložna ploča hidre izlučuje sluz koja joj pomaže prilikom pričvršćivanja za podlogu, a s obzirom na to da alge u sustavu mogu otežati hidrino pričvršćivanje, pojačano lučenje sluzi može biti hidrina prilagodba za bolje pričvršćivanje za podlogu. Sluz virnjacima omogućuje pokretanje i zaštitu od isušivanja i mogućih predatora. Tako je u istraživanju endemskih kopnenih virnjaka vrste *Othelosoma impensum*, otoka Svetog Tome u Gvinejskom zaljevu, koji su poznati predatori nad ostalim kopnenim beskrašlješnjacima poput puževa, ličnki kukaca, termita itd., uočeno da navedena vrsta hvata mrave gdje je jedna jedinka virnjaka zarobila čak 41 jedinku mrava pomoću izlučene sluzi (Thielicke i Sluys, 2019). Pojačano lučenje sluzi za vrijeme lova pokazala se efikasnom tehnikom koja virnjacima omogućuje bolje predatorske kompetencije što ukazuje na to da sluz ne štiti samo virnjake od predatora, već ih čini boljim predatorima. U mikrokozmosu gdje je bio prisutan virnjak vrste mnogooka puzavica uz suspenziju endosimbiotske alge i dodatkom velike vodenbuhe kao plijena, također je uočena pojava mreže i sluzi u kojoj su u pojedinim replikama bile zarobljene jedinke velike vodenbuhe što također može ukazati na to da uz prisutan plijen dolazi do jačeg lučenja sluzi koja pomaže virnjacima u lovu, te uz dodatak endosimbiotske alge nastanak mreže pogoduje još boljem zarobljivanju

plijena, što predstavlja primjer interspecijske kooperacije između navedenih organizama. Nadalje, istraživanje koje je uključivalo vrstu virnjaka *Polycelis tenuis* (Ijima, 1884), koja također koristi sluz za hvatanje plijena, pokazalo je da jedinke virnjaka ostavljaju sloj polisaharidima bogate sluzi debljine 15 μm na kojima dolazi do rasta bakterija i praživotinja uz nastanak biofilma što je u istom istraživanju smanjilo reproduktivni uspjeh oblića, vjerojatno zbog bakterijske kompeticije za hranjive tvari, što ukazuje na to da izlučena sluz virnjaka ima utjecaj kako na mikrobne zajednice, tako i na njihove hranidbene lance jer im služi kao izvor hranjivih tvari (Wilden i sur., 2019). U mikrokozmosima gdje su bile prisutne obje vrste virnjaka uočena je predacija šiljoglave puzavice nad mnogookom, prilikom čega je šiljoglava puzavica preuzela crni pigment od mnogooke, što joj može poslužiti kao mehanizam kamuflaže. U istim je uvjetima u pojedinim replikama bila prisutna grupacija jedinki mnogooke puzavice, što im može služiti kao mehanizam zaštite od predatorske vrste šiljoglave puzavice. Kada je u sustavu bila prisutna predacija između virnjaka, bili su jasno vidljivi ostaci mnogooke puzavice u obliku sitnih mrvica. Rezultati su pokazali da je predacija najintenzivnija nakon 24 h pri 25 °C, prilikom čega je u svim replikama došlo do preuzimanja pigmentacije, a u eksperimentu s gladnim životinjama uočena je slična pojava. Na temelju toga zaključujemo da se predacija zbiva bez obzira na to jesu li korištene životinje gladne ili site. Ista je pojava predacije i preuzimanja pigmentacije uočena i kada su obje vrste virnjaka bile u sustavu s velikom vodenbuhom koja je plijen za obje vrste, pa su šiljoglava i mnogooka puzavica u tom slučaju u međusobnoj kompeticiji, a također i kada su bile u mikrokozmosu sa zelenom hidrom. U tom slučaju uočena je i separacija između jedinki mnogooke puzavice i hidre, gdje su organizmi bili međusobno udaljeni. Istraživanje u kojem su se pomoću pristupa mikrokozmosa proučavale interakcije između šiljoglave puzavice i oblića vrste *Caenorhabditis elegans* također pokazuje veoma dobre predacijske kompetencije ove vrste virnjaka (Beier, 2004). U ovom istraživanju mnogooka puzavica nikada nije vršila predaciju nad šiljoglavom puzavicom. Uočeno je da jedinke šiljoglave puzavice miruju kada su site pri 13,5 °C uz velike vodenbuhe kao plijen, iz čega se može zaključiti da tada nemaju potrebe za kretanjem jer su zadovoljile energetske potrebe. Također, kretanje iste vrste izostalo je nakon 24 h uz dodatak suspenzije endosimbiotske alge.

Anonimno anketno istraživanje koje je provedeno na uzorku od 46 osnovnoškolskih nastavnika i 90 učenika osnovne škole u dobi od 13 i 14 godina pokazalo je da se najveći broj učenika bavi izvannastavnim aktivnostima koja su u području sportsko-rekreacijskih aktivnosti. Slične podatke pokazuje i nacionalno istraživanje američkih obitelji gdje se 57 % učenika u dobi od

12 do 17 godina izjasnilo da se bavi sportskim aktivnostima (NSAF, 1997). S druge strane, postoje istraživanja koja pokazuju da se većina učenika te dobi bavi višestrukim aktivnostima, ali čak 75 % tih učenika je uz druge uključeno u sportske aktivnosti (Feldman i Matjasko, 2007) što je također u skladu s našim rezultatima. Posljedično, zastupljenost izvannastavnih aktivnosti iz prirodoslovnog područja vrlo je niska i bilo bi dobro povećati interes učenika za te aktivnosti iz razloga što nastavnici iz prirodoslovnih predmeta kroz izvannastavne aktivnosti imaju velik utjecaj na odnos učenika prema prirodoslovlju što može povećati interes učenika za ostvarivanje karijere u prirodoslovnom području (Munro i Elsom, 2000). Prilikom odabira izborne nastave iz biologije rezultati su pokazali da je manje od 10% učenika zaista zainteresirano za pripreme za natjecanje iz biologije. U isto vrijeme nastavnici očekuju zainteresiranost većeg postotka učenika za ovakav tip nastave iz biologije pa takav tip izvannastavnih aktivnosti iz biologije vrlo često susrećemo u školama. Gotovo 58 % anketiranih učenika zainteresirano je za praktični rad iz biologije, ali i u ovom slučaju nastavnici očekuju veću zainteresiranost učenika u odnosu na realno stanje. Učenički odabir izborne nastave iz biologije koja bi se bazirala istraživačkom radu uz korištenje laboratorijskog pribora i mikroskopa ponovno pokazuje da su učenici zainteresirani za praktični rad, ali opet ne u mjeri u kojoj nastavnici to očekuju. Veliko zanimanje za istraživanje uz pomoć mikroskopa ukazuje na potrebu za boljim opremanjem škola mikroskopima jer je istraživanje koje su proveli Ruščić i sur. (2018) pokazalo da, iako većina škola posjeduje mikroskope, nastavnici ih koriste samo povremeno jer ih nemaju u dovoljnom broju, odnosno mnoge škole imaju samo po jedan mikroskop.

Isto tako, istraživanje ponašanja životinja kao što su npr., kukci ili žarnjaci privukao bi nešto manji postotak učenika nego što to nastavnici očekuju, no rezultati pokazuju da je ovaj tip aktivnosti gotovo jednako atraktivan kao i ostali visoko rangirani sadržaji što ukazuje da je dobar temelj za izvannastavne aktivnosti iz biologije u osnovnim školama. Prikazani rezultati pokazuju da postoji razlika između interesa učenika i percepcije njihovog interesa od strane nastavnika. Iako nije zabilježena statistički značajna razlika, vidljivo je da su kod nekih sadržaja one na rubu statističke značajnosti, a vidljiva je i mnogo veća raspršenost rezultata kod nastavnika u odnosu na učenike. Jedan od razloga je i taj što nastavnici uopće nisu predvidjeli da neki sadržaji ne bi privukli određen, a ponekad i značajan broj učenika. S ciljem poboljšanja kvalitete izvannastavnih aktivnosti, a time i približavanja biologije učenicima, ključno je da nastavnici imaju bolji uvid u očekivanja učenika iz razloga što upravo nastavnici biologije i ostalih prirodoslovnih predmeta imaju veoma velik utjecaj na učenike, kako kroz redovitu nastavu, tako i kroz izvannastavne aktivnosti čime utječu na motivaciju i odabir prirodoslovnih

predmeta u daljnjem obrazovanju (Munro i Elsom, 2000). Zbog manjka interesa za prirodoslovno područje, nastavnici bi se trebali i dalje educirati po pitanju tog problema i međusobnom suradnjom (Stringer, 2019) pokušati povećati interes učenika kvalitetnijom ponudom izvannastavnih aktivnosti. Pri odabiru aktivnosti koje će se nuditi važno je uključiti i interes učenika, što je rijetko kada primijenjeno u praksi. S obzirom na to da se učenici s prirodoslovnim predmetima susreću relativno kasno u osnovnoškolskom obrazovanju, interes za iste često je manji u odnosu na ostale aktivnosti, što je ovo istraživanje potvrdilo. Upravo iz tog razloga bilo bi korisno provoditi anketiranje učenika o njihovim interesima i očekivanjima kako bi se ujednačili s očekivanjima nastavnika. Zbog razvoja prirodoslovne pismenosti od najranije dobi, izvannastavne aktivnosti iz prirodoslovnog područja trebalo bi potencijalno uvoditi u ranijoj dobi što bi rezultiralo većim interesom za navedeno područje, a i većom uključenosti u iste koje se, prema ovom istraživanju, nalazi na začelju u odnosu na sportsko-rekreacijske i ostale aktivnosti koje se nude u osnovnim školama. Prema rezultatima istraživanja, ukoliko bi se u školama nudio atraktivniji sadržaj na izvannastavnim aktivnostima, postoji velika vjerojatnost da bi se u izvannastavne aktivnosti iz biologije, a time i iz prirodoslovnog područja, uključilo značajno više anketiranih učenika nego što ih je trenutno uključeno. Osim toga, rezultati ankete pokazuju da provedeni pokus može biti dobar temelj za privlačenje učenika i njihovo zadovoljstvo zbog sudjelovanja na izvannastavnim aktivnostima iz biologije. Budući da postoje jasne razlike u atraktivnosti određenih sadržaja, te da određeni sadržaji imaju potencijal za privlačenje mnogo većeg broja učenika na izvannastavne aktivnosti iz biologije, bitno je te razlike naglasiti nastavnicima biologije osnovnih škola. Iz tog razloga, rezultati i zaključci ovog istraživanja bit će predstavljeni nastavnicima iz biologije u osnovnim školama, učiteljima razredne nastave, studenticama i studentima nastavničkog smjera biologije i biologije i kemije iz Osijeka, Splita i Zagreba, studenticama i studentima Učiteljskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te Hrvatskom mikroskopijskom društvu. Osim toga, istraživanje bi trebalo proširiti i na ostale dijelove Hrvatske, što će se svakako učiniti.

5. ZAKLJUČCI

Hidre su pokazale izraženu kompetitorsko-predatorsku ulogu u postavljenom modelu mikrokozmosa. Mehanizam predacije i migracije postignut je i hvatanjem vodenbuha ne samo lovkama, već i stopalom. Zelene hidre u prisutnosti izolirane endosimbiotske alge pokazale su jasno nakupljanje algi na lovkama, što ukazuje na mogućnost pokušaja ponovne uspostave endosimbioze. Rezultati su pokazali da su gladne hidre u prisustvu endosimbiotske alge relaksirane, dok su site jedinke u istom slučaju kontrahirane. Uz prisutnost mnogooke puzavice uočena je separacija između hidre i virnjaka na različitim dijelovima eksperimentalne posude. U mikrokozmosu s virnjacima i uz dodatak izolirane endosimbiotske alge formirana je i vizualizirana mreža čiji je intenzitet u korelaciji s brojem mrtvih jedinki vodenbuhe koja je dodana kao plijen, što ukazuje da pojava mreže potencijalno omogućuje jaču predatorsku ulogu virnjacima u ovom slatkovodnom ekosustavu. Ista pojava mreže, manjeg intenziteta, uočena je i kada se u sustavu nalazila samo izolirana endosimbiotska alga što ukazuje na to da je nastanak mreže posljedica prisutstva alge, što ističe potencijalnu ulogu algi kao predatora. Time je pokazana i interspecijska kooperacija između virnjaka i algi. Najveći intenzitet mreže postignut je nakon 24 h u prisustvu mnogooke puzavice bez obzira na temperaturu i sitost, odnosno glad životinja. Jedinke šiljoglave puzavice preuzimale su pigmentaciju pojedenih jedinki mnogooke puzavice što im može poslužiti kao kamuflaža u slatkovodnom ekosustavu, dok su mnogooke puzavice kao mehanizam zaštite koristile grupiranje. Pokazano je da dvije ili više predatorskih vrsta mogu koegzistirati, a među virnjacima, šiljoglava puzavica pokazala se kao jači predator. Zastupljenost izvannastavnih aktivnosti iz prirodoslovnog područja među anketiranim učenicima osnovnih škola u Zagrebu niska je, ali je u skladu s trendovima u svijetu. Učenicima su atraktivni sadržaji koji obuhvaćaju praktične radove, a pogotovo mikroskopiranje pa provedeni istraživački rad može biti dobar temelj za izvannastavne aktivnosti iz biologije koje bi mogle povećati interes učenika za prirodoslovno područje.

6. LITERATURA

1. Agrawal S.C., Singh V. (2001): Viability of dried cells, and survivability and reproduction under water stress, low light, heat, and UV exposure in *Chlorella vulgaris*. Israel Journal of Plant Sciences 49: 27-42.
2. Babica P., Hilscherová K., Bártová K., Bláha L., Maršálek B. (2006): Effects of dissolved microcystin on growth of planktonic photoautotrophs. Phycologia 46: 137-142.
3. Balčiunas D., Lawler S.P. (1995): Effects of basal resources, predation, and alternative prey in microcosm food chains. Ecology 76: 1327–1336. U: Benton T. G., Solan M., Travis M.J.M., Sait S.M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. Trends in Ecology and Evolution 22: 516-521.
4. Beier S., Bolley M., Traunspurger W. (2004): Predator–prey interactions between *Dugesia gonocephala* and free-living nematodes. Freshwater Biology 49: 77-86.
5. Benton T.G., Solan M., Travis M. J. M., Sait S. M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. Trends in Ecology and Evolution 22: 516-521.
6. Beyers R.J. (1963): A characteristic diurnal metabolic pattern in balanced microcosms. Publications of the Institute of Marine Science University of Texas 9: 19-27. U: Beyers R. J. (1964): The Microcosm Approach to Ecosystem Biology. The American Biology Teacher 26: 491-498.
7. Beyers R.J. (1964): The Microcosm Approach to Ecosystem Biology. The American Biology Teacher 26: 491-498.
8. Bonsall M.B., Hassell M.P. (1997): Apparent competition structures ecological assemblages. Nature 388: 371–373. U: Benton T.G., Solan M., Travis M.J.M., Sait S.M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. Trends in Ecology and Evolution 22: 516-521.
9. Bosch T. (2009): Hydra and the evolution of stem cells. BioEssays 31: 478-486.
10. Butler J.L. (1964): Interaction of effects by environmental factors on primary productivity in ponds and microecosystems. Ph.D. Thesis. Oklahoma State University. U: Beyers R.J. (1964): The Microcosm Approach to Ecosystem Biology. The American Biology Teacher 26: 491-498.

11. Campbell D.R. (1990): Transmission of symbiotic algae through sexual reproduction in hydra: Movement of algae into the oocyte. *Tissue Cell* 22: 137-147.
12. Cook C.B. (1980): Sulfur metabolism in the green hydra symbiosis: The incorporation of sulfate-sulfur by symbiotic and aposymbiotic *Hydra viridis*. U: Schwemmler W., Schenk H.E.A. (ur.) *Endocytobiology. Endosymbiosis and Cell Biology*. Vol. I. A Synthesis of Recent Research. Berlin, New York, WdeG, 249-257.
13. Diehl S., Feißel M. (2000): Effects of enrichment on three-level food chains with omnivory. *The American Naturalist*. 155: 200–218. U: Benton T.G., Solan M., Travis M.J.M., Sait S.M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 516-521.
14. Douglas A.E. (1994): *Symbiotic Interactions*. Oxford University Press Inc, Oxford i New York.
15. Ebringer L., Krajčinič J. (1987): Prokaryotic character of chloroplasts and mitochondria-the present knowledge. *Folia Microbiologica* 32: 244-280.
16. Feldman A.F., Matjasko J.L. (2007): Profiles and portfolios of adolescent school-based extracurricular activity participant. *Journal of adolescence* 30: 313-332.
17. Forbes S.A. (1887): The Lake as a Microcosm. *Bulletin of the Scientific Association of Peoria, Illinois*: 77–87.
18. Friedl T. (1997): Evolution of Green Algae. U: Bhattacharya D. (ur.) *Origins of Algae and their Plastids*. Springer-Verlag, Berlin, 87-101.
19. Galliot B., Schmid V. (2002): Cnidarians as a model system for understanding evolution and regeneration. *The International Journal of Developmental Biology* 46: 39-48.
20. Guecheva T. N., Erdtmann B., Benfato M.S., Henriques J.A.P. (2003): Stress protein response and catalase activity in freshwater planarian *Dugesia (Girardia) schubarti* exposed to copper. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 56: 351-357.
21. 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*, Alfa d.d., Zagreb.
22. Have A. (1993): Effects of area and patchiness on species richness: an experimental archipelago of ciliate microcosms. *Oikos* 66: 493–500. U: Benton T. G., Solan M., Travis M.J.M., Sait S.M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 516-521.

23. Heidemann R. (2003): *Korpersprache im Unterricht*. Quelle Meyer Verlag, Wiebelsheim. U: Martinčević J. (2010): Provođenje slobodnog vremena i uključenost učenika u izvannastavne aktivnosti unutar škole. *Život i škola* 56: 19-34.
24. Hevrøy T.H., Golz A.L., Hansen E.L., Xie L., Bradshaw C. (2019): Radiation effects and ecological processes in a freshwater microcosm. *Journal of Environmental Radioactivity* 203: 71-83.
25. Holyoak M., Lawler, S.P. (1996) Persistence of an extinction-prone predator-prey interaction through metapopulation dynamics. *Ecology* 77: 1867–1879. U: Benton T.G., Solan M., Travis M.J.M., Sait S.M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 516-521.
26. 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 (Amsterdam, Netherlands)* 73: 342-352.
27. Ivšić, M., Kovačević, G. (2018): Evaluation of algae farming using the. *Chlorella* bioassay. *Croatian Journal of Fisheries* 76: 99-106.
28. Jong-Yun C., Seong-Ki K. (2020): A Study of the Distribution of *Daphnia obtusa* and *Simocephalus vetulus* in Response to Varying Environmental Conditions Using Field and Microcosm Approaches. *Water* 12: 815.
29. Kalafatić M., Kovačević G., Ljubešić N., Šunjić H. (2001): Effects of ciprofloxacin on green hydra and endosymbiotic alga. *Periodicum Biologorum* 103: 267-272.
30. Kenaga E.E. (1982): The use of environmental toxicity and chemistry data in hazard assessment: progress, needs, challenges. *Environmental Toxicology Chemistry* 1: 69-79.
31. Khalturin K Hemmrich G., Fraune S., Augustin R., Bosh T.C.G (2009): More than just orphans: are taxonomically-restricted genes important in evolution? *Trends in Genetics* 25: 404-413.
32. Klug M., Weber J., Tardent P. (1989): Hemolytic and toxic properties of *Hydra attenuata* nematocysts. *Toxicon* 27: 325–339. U: Sher D., Fishman Y., Zhang M., Melamed-Book N., Zlotkin E. (2008): Osmotically-driven prey disintegration in the gastro-vascular cavity of the green hydra by a pore-forming protein. *The FASEB Journal* 22: 207–214.

33. Knakievicz T. (2014): Planarians as invertebrate bioindicators in freshwater environmental quality: the biomarkers approach. *Ecotoxicology and Environmental Contamination* 9: 1-12.
34. Koivisto S. (1995): Is *Daphnia magna* an ecologically representative zooplankton species in toxicity tests? *Environmental Pollution* 90: 263-267.
35. Kovačević G. (2012): Value of the Hydra model system for studying symbiosis. *International Journal of Developmental Biology* 56 :627-635.
36. Kovačević G. (2013): *Praktikumski priručnik Simbioza hidre i alge*, Zagreb.
37. Kovačević G., Franjević D., Jelenčić B., Kalafatić M. (2010a): Isolation and Cultivation Endosymbiotic Algae from Green Hydra and Phylogenetic Analysis of 18S rDNA Sequences. *Folia biologica. (Kraków)* 58: 135-143.
38. Kovačević G., Gregorović G., Kalafatić M. (2009): The Effect of Aluminium on the Planarian *Polycelis felina* (Daly.). *Water, Air, & Soil Pollution* 196: 333–344.
39. Kovačević G., Jelenčić B., Kalafatić M., Ljubešić N. (2008): Chlorella test. *Periodicum Biologorum* 110: 373-374.
40. 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.
41. Kovačević G., Sirovina D., Karin M., Bartol, V., Vujčić V., Ruščić, M. (2018): Učinak flavonoida na simbiozu hidre i alge i primjena navedenog eksperimenta u školama. *Croatian Journal of Education* 20: 1173-1192.
42. Kovačević G., Petrincec D., Tramontana P., Špoljar M. (2019): 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. (ur.) Ivković M., Stanković I., Matoničkin Kepčija R., Gračan, R. Zagreb: Croatian Association of Freshwater Ecologists, 48.
43. Krajčovič J., Ebringer L., Schwartzbach S. D. (2001): Reversion of endosymbiosis. U: Seckback J (ur.) *Symbiosis*. Netherlands, Kluwer Academic: 185-206.
44. Kremer B.P. (1980): Carbon metabolism of endosymbiotic algae. U: Schwemmler W., Schenk H.E.A. (ur.) *Endocytobiology. Endosymbiosis and Cell Biology*. Vol. I. A Synthesis of Recent Research. Berlin, New York, WdeG, 89-96.
45. Lake R. (2015): 23 energizing extracurricular activities statistics. Credit Donkey. U: Shaffer M. L. (2019): *Impacting Student Motivation: Reasons for Not Eliminating*

- Extracurricular Activities, *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* 90: 8-14.
46. Lawler S.P., Morin P.J. (1993): Food web architecture and population dynamics in laboratory microcosms of protists. *The American Naturalist* 141: 675–686. U: Benton T.G., Solan M., Travis M.J.M., Sait S. M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 516-521.
 47. Majdi N., Kreuzinger-Janik B., Traunspurger W. (2016): Effects of flatworm predators on sediment communities and ecosystem functions: a microcosm approach. *Hydrobiologia* 776 193–207.
 48. Margulis L. (2001): *The Conscious Cell*. *Annals of the New York Academy of Sciences* 929: 55-70.
 49. Margulis L., Sagan D. (2002): *Acquiring Genomes: A Theory of the Origin of Species*, Basic Books, New York.
 50. Martinčević J. (2010): Provođenje slobodnog vremena i uključenost učenika u izvannastavne aktivnosti unutar škole. *Život i škola* 56: 19-34.
 51. Massaro F.C, Negreiros N.F., Rocha O. (2013): A search for predators and food selectivity of two native species of Hydra (Cnidaria: Hydrozoa) from Brazil. *Biota Neotropica*, 13: 35-40.
 52. McConnell W.J. (1962): Productivity relations in carboy microcosms. *Limnology Oceanography journal*. 7: 335- 343. U: Beyers R.J. (1964): The Microcosm Approach to Ecosystem Biology. *The American Biology Teacher* 26: 491-498.
 53. Mlinarević, V., Brust, M. (2009): Kvaliteta provedbe školskih izvannastavnih aktivnosti. III. Tehetseg Nap : Az eljárás = III. Dan talenata: zbornik radova = The 3rd talented pupils day: proceedings U: Majorosi, Imre (ur.). Kanjiža: Bolyai Farkas Alapitvány: 25-32.
 54. Morin P.J. (1999): Productivity, intra-guild predation, and population dynamics in experimental food webs. *Ecology* 80: 752–760. U: Benton T.G., Solan M., Travis M. J. M., Sait S.M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 516-521.
 55. Munro M., Elsom D. (2000): *Choosing Science at 16: The Influence of Science Teachers and Career Advisers on Students' Decisions about Science Subjects and Science and Technology Careers*. NICEC Briefing.

56. National Survey of America's Families (NSAF) (1997): Benchmarking measures of child and family well-being. NSAF Methodological Reports. Rep. No. 6: Assessing the new federalism: An urban institute program to assess changing social policies. Washington DC: Urban Institute U: Feldman A. F., Matjasko J. L. (2007): Profiles and portfolios of adolescent school-based extracurricular activity participant. *Journal of adolescence* 30: 313-332.
57. Olson J.M. (1981): Evolution of photosynthetic and respiratory prokaryotes and organelles. U: *Origins and Evolution of Eukaryotic Intracellular Organelles*. Frederick JF (ur.) New York, The New York Academy of Sciences, 8-19.
58. Petrinc D., Kovačević G., Tramontana, P., Peharec-Štefanić P., Špoljar M. (2018): Visualisation of hunting nets formed by algae: a perfect hunting mechanism? IMC19 abstract proceedings Sydney, Australija, 1048, 1.
59. Ptatscheck C., Brüchner-Hüttemann H., Kreuzinger-Janik B. (2020): Are meiofauna a standard meal for macroinvertebrates and juvenile fish? *Hydrobiologia* 847: 2755–2778.
60. Rahat M. (1991): An ecological approach to hydra-cell colonization by algae-algae/hydra symbioses. *Oikos* 62: 381-388.
61. Rajević N., Kovačević G., Kalafatić M., Gould B.S., Martin F.W., Franjević D. (2015): Algal endosymbionts in European Hydra strains reflect multiple origins of the zoochlorella symbiosis. *Molecular phylogenetics and evolution* 93: 55-62.
62. Raven J.A. (2002): The Evolution of Cyanobacterial Symbioses. U: *Biology and environment: Proceedings of the Royal Irish Academy, Special issue: Commentaries on Cyanobacterial Symbioses*, 102.
63. Ruščić M., Vidović A., Kovačević G., Sirovina D. (2018): The Use of microscope in School Biology Teaching. *Resolution and discovery* 3: 13-16.
64. Shaffer M.L. (2019): Impacting Student Motivation: Reasons for Not Eliminating Extracurricular Activities, *Journal of Physical Education, Recreation & Dance* 90: 8-14.
65. Sher D., Fishman Y., Zhang M., Melamed-Book N., Zlotkin E. (2008): Osmotically-driven prey disintegration in the gastro-vascular cavity of the green hydra by a pore-forming protein. *The FASEB Journal* 22: 207–214.
66. Shimizu H., Fujisawa T. (2003) Peduncle of Hydra and the Heart of Higher Organisms Share a Common Ancestral Origin. *Genesis* 36: 182-186.

67. Sluys R., Riutort M. (2018): Planarian Diversity and Phylogeny. *Methods in Molecular Biology* 1774: 1-56.
68. Stringer K., Mace K., Clark T., Donahue T. (2019): STEM focused extracurricular programs: who's in them and do they change STEM identity and motivation? *Research in Science & Technological Education*: 1-16.
69. Tatsuo A., Hotaka S., Niikura Y., Shigeoka T.I., Nakano Y. (2001): Embryonic development assay with *Daphnia magna*: application to toxicology of aniline derivatives. *Chemosphere* 45: 487-495.
70. Technau U., Steele R. E. (2011): Evolutionary crossroads in developmental biology: Cnidaria. *Development* 138: 1447-1458.
71. Thielicke M., Sluys R. (2019): Prey capture and feeding behaviour in an endemic land flatworm from São Tomé Island, *Journal of Natural History*, 53:23-24, 1385-1393.
72. Tilman D. (1977): Resource competition between planktonic algae: an experimental and theoretical approach. *Ecology* 58: 338–348. U: Benton T. G., Solan M., Travis M.J.M., Sait S.M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 516-521.
73. US Environmental Protection Agency (1988): Protocols for Short Term Toxicity Screening of Hazardous waste sites. EPA/600/3-88/029.PB235510/AS, ERL-COR.496.
74. Vandermeer J.H. (1969): The competitive structure of communities: an experimental approach with protozoa. *Ecology* 50: 362–371. U: Benton T.G., Solan M., Travis M.J.M., Sait S.M. (2007): Microcosm experiments can inform global ecological problems. *Trends in Ecology and Evolution* 22: 516-521.
75. Walsh E.J. (1995): Habitat-specific predation susceptibilities of a littoral rotifer to two invertebrate predators. *Hydrobiologia* **313**: 205–211.
76. Weelden S.W.H.V., Hellemond J.J.V., Tielens A.G.M. (2001): The evolutionary relation between hydrogenosomes and aerobically and anaerobically functioning mitochondria. U: Soll J., Fulgosi H., Votknecht U. (ur.) FESB Advanced Course on Origin and Evolution of Mitochondria and Chloroplasts. Kiel, Botanisches Institut der CAU Kiel, L7.
77. Whatley J.M. (1993): The endosymbiotic origin of chloroplasts. *International Review of Cytology* 144: 259-299.

78. Wilden B., Majdi N., Kuhlicke U. *et al.*(2019): Flatworm mucus as the base of a food web. *BMC Ecology* **19**: 15
79. <https://commons.wikimedia.org/>

7. PRILOZI

POPIS PRILOGA

Prilog 1. Stanje sitih hidri i položaj sitih virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne site jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet sitih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 2. Srednja vrijednost i standardna devijacija ($X \pm SD$) preživjelih planktonskih račića velike vodenbuhe u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne site jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet sitih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 3. Stanje gladnih hidri i položaj virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne gladne jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne gladne jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet gladnih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet gladnih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 4. Srednja vrijednost i standardna devijacija ($X \pm SD$) preživjelih planktonskih račića u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne gladne jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne gladne jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet gladnih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet gladnih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 5. Stanje gladnih hidri i položaj virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* i jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) te jedne site jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* i pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet sitih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 6. Srednja vrijednost i standardna devijacija ($\bar{X} \pm SD$) preživjelih planktonskih račića u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) te jedne site jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet sitih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 7. Stanje gladnih hidri i položaj šiljoglave puzavice virnjaka u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne gladne jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) te jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet gladnih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet gladnih jedinki virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 8. Srednja vrijednost i standardna devijacija ($X \pm SD$) preživjelih planktonskih račića (DM-Ž) u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne gladne jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) te jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet gladnih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet gladnih jedinki virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 9. Stanje i položaj jedne site jedinke virnjaka monogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i jedne site jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) u prisutnosti jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet sitih jedinki virnjaka monogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet sitih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia*

gonocephala (DG) u prisutnosti pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 10. Stanje i položaj jedne gladne jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) u prisutnosti jedne jedinke gladne zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet gladnih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet gladnih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) u prisutnosti pet jedinki gladnih zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 11. Stanje i položaj jedne site jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne site jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i pet sitih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet sitih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 h pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 12. Stanje i položaj jedne gladne jedinke virnjaka mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) te jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i pet gladnih jedinki virnjaka mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) i pet gladnih jedinki virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 h pri 13,5 °C i 25 °C.

Prilog 13. Kontrakcija sitih i gladnih jedinki zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) nakon 1 i 24 h pri 13, 5 °C i 25°C.

Prilog 14. Kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) i/ili šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) nakon 1 i 24 h pri 13, 5 °C ili 25°C.

Prilog 15. Pojavnost mreže oko sitih i gladnih jedinki istraživanih beskralježnjaka nakon 1 i 24 h pri 13,5 °C i 25 °C uz dodatak suspenzije endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ).

Prilog 16. Anketa za učenike o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima osnovnih škola i atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u osnovnoj školi te atraktivnosti navedenog pokusa u osnovnoj školi.

Prilog 17. Anketa za nastavnike o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima osnovnih škola i atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u osnovnoj školi te atraktivnosti navedenog pokusa u osnovnoj školi.

8. ŽIVOTOPIS

Opći podaci:

Ime i Prezime: Daniela Petrinec

Datum i mjesto rođenja: 25. lipnja 1994., Zagreb, Hrvatska

Obrazovanje:

2001.-2009. Osnovna škola Izidora Kršnjavoga, Zagreb.

2009.-2013. Gornjogradska gimnazija, Zagreb.

2015.-2020. Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij Biologija i kemija; smjer: nastavnički, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu.

Sudjelovanje na simpozijima:

Petrinec, Daniela; Kovačević, Goran; Tramontana, Petra; Peharec-Štefanić, Petra; Špoljar, Maria: Visualisation of hunting nets formed by algae: a perfect hunting mechanism? // IMC19 abstract proceedings Sydney, Australija, 2018. 1048, 1 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

Tramontana, Petra; Kovačević, Goran; **Petrinec, Daniela**; Peharec-Štefanić, Petra; Špoljar, Maria: Free-living alga *Chlorella vulgaris* as a freshwater ecosystem inhibitor? // IMC19 abstract proceedings. Sydney, Australija, 2018. 1047, 1 (poster, međunarodna recenzija, sažetak, znanstveni)

Kovačević, Goran; **Petrinec, Daniela**; Tramontana, Petra; Špoljar, Maria: 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)

Kovačević, Goran; Tramontana, Petra; **Petrinec, Daniela**; Špoljar, Maria: 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)

Pasivna sudjelovanja:

2017. Treći simpozij studenata bioloških usmjerenja, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

2018. Četvrti simpozij studenata bioloških usmjerenja, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

2017., 2018., 2019. Simpozij Studenata Kemičara, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

2019. Peptide Chemistry Day, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Sudjelovanje na manifestacijama:

2016. volontiranje na Znanstvenom pikniku

2017. i 2018. Noć Biologije, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

2019. Otvoreni dan kemije, Kemijski odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

2017., 2018. i 2019. Festival znanosti u Tehničkom muzeju Nikola Tesla

2018. 4th Symbiotic Week at Biology: Symbiosis & Evolution, Biološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu

Stručna osposobljavanja:

2019. Tečaj za osposobljavanje osoba koje rade s pokusnim životinjama, LabAnim, Laboratory Animal Science Course, FELASA equivalent, A kategorija

2019. Metodička radionica Dr. Stuart Kohlhaus – The Science Nomad, Humble Materials - Sticky Questions -Powerful Outcomes

Stipendije:

STEM stipendija Ministarstva znanosti i obrazovanja za akademsku godinu 2017./2018.

Stipendija Sveučilišta u Zagrebu, B kategorija, za akademsku godinu 2018./2019. i 2019./2020.

Stipendija Hrvatskog Mikroskopijskog društva, 2018.

Stipendija Europskog Mikroskopijskog društva (European Microscopy Society), 2018.

Potpura Grada Zagreba i Biološkog odsjeka za sudjelovanje na Internacionalnom mikroskopijskom kongresu IMC19, Sydney, Australija, 2018.

Članstvo u društvima:

Hrvatsko mikroskopijsko društvo

Ostalo:

2009. Diplôme d'études en langue française, DELF A1

2020. Provođenje programa Škola za život u aktivnostima: Nastava na daljinu, Ministarstvo znanosti i obrazovanja, Republika Hrvatska

2019./2020. Studentski predstavnik u Vijeću biološkog odsjeka

Prilog 1. Stanje sitih hidri i položaj sitih virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne site jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet sitih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	Replika	1h				24 h			
		13, 5 °C		25 °C		13, 5 °C		25 °C	
		HV	PF	HV	PF	HV	PF	HV	PF
HV(1)+PF(1)+DM(10)	1	R	S-G	R	D-G	R	D-G	R	S-G
	2	R	D-G	R	D-G	K	S-G	R	S-G
	3	R	D-G	R	D-M	R	D-G	R	D-G
	4	R	S-G	R	PO-M	progutala DM	D-G	R	D-G
	5	drži DM	D-G	R	D-M	progutala DM	S-G	R	D-G
HV(5)+PF(5)+DM(10)	1	3K, 2R	2PO-M, 2D-G, 1S-M	4R, 1DM	3D-M, 2S-G	4R, 1K	5D-M	5R	3D-M, 1PO-P, 1S-M
	2	3K, 1R, na 1 DM	3S-M, 1D-M, 1D-G	4R, 1K	2D-M, 3PO-M,	5K	1S-G, 2D-M, 2D-G	5R	1 PO – drži 1DM živu i 1 DM praznu, 1PO-P, 3D-M
	3	5R	4D-M, 1PO-M	4R, 1K	5D-M	2R, 3 K	3S-G, 2D-M	5R	5D-M
	4	4R, 1K	3D-M, 1D-isisava DM, 1S-G	5R	4S-M, 1S-G	3R, 2K	4D-M, 1S-G	5R	4D-M, 1PO-M
	5	4K, 1 na 1 DM	3D-M, 1PO-M, 1S-M	3R, 2K	3S-M, 2S-G	5R	3S-G, 1S-M, 1D-M	5R	3S-M, 2D-M

K-Kontrahirano; R-relaksirano; D-dno; S-stijenka; PO-površina; P-pliva; PL-pluta; DP-dno pliva; G-gmiže; M-miruje

Prilog 2. Srednja vrijednost i standardna devijacija ($X \pm SD$) preživjelih planktonskih račića velike vodenbuhe u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne site jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet sitih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	1 h		24 h	
	13,5 °C	25 °C	13,5 °C	25 °C
	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$
HV(1)+ PF(1)+ DM (10)	9,4±0,9	8,6±0,9	5,0±3,3	3,4±2,3
HV(5)+ PF(5)+ DM (10)	9,6±0,5	9,6±0,5	8,6±1,1	8,0±1,6

(DM-Ž) -žive jedinke velike vodenbuhe

Prilog 3. Stanje gladnih hidri i položaj virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne gladne jedinice virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne gladne jedinice zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet gladnih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet gladnih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	Replika	1h				24 h			
		13,5 °C		25 °C		13,5 °C		25 °C	
		HV	PF	HV	PF	HV	PF	HV	PF
HV(1)+PF(1)+DM(10)	1	K	PO-M	R	PO-P	R	D-M	R	PO-P
	2	R	S-M	drži živu DM i pliva s njom		R	D-M	R	S-G
	3	K	S-G	R i drži DM		K	S-G	R	S-G
	4	R	D-G	R	D-G	Nema	PO-P	R	D-M
	5	K	PO-P	R	D-M	R	PO-M	R	D-G
HV(5)+PF(5)+DM(10)	1	5R	5D-M	4R	2D isisavaju DM, 2D-M, 1D-G	4R	3S-M, 2D-M	2R, 3K	4S-G, 1D-G
	2	5R	5D-M	4R	3PO-M, 1S-G, 1S-M	4R	3D-M, 1D-G, 1S-M	3R, 1K, 1 na DM	5S-G
	3	5R	5D-M	5R	3S-M, 2D-M	5R	4D-M, 1S-G	4R, 1K	2D-G, 2S-G, 1mrtav
	4	5R	5D-M	3R, 2K	3S-M, 1D-M, 1D-G	3R, 2K	3S-G, 2PO-M	4R, 1K	3S-G, 2D-G
	5	4R, 1 na DM	5D-M	3R, 2K	5D-M	5R	5PO-P	4R, 1K	5S-G

K-Kontrahirano; R-relaksirano; D-dno; S-stijenka; PO-površina; P-pliva; PL-pluta; DP-dno pliva; G-gmiže; M-miruje

Prilog 4. Srednja vrijednost i standardna devijacija ($X \pm SD$) preživjelih planktonskih račića u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne gladne jedinice virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne gladne jedinice zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet gladnih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet gladnih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	1 h		24 h	
	13,5 °C	25 °C	13,5 °C	25 °C
	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$
HV(1)+ PF(1)+ DM (10)	9,8±0,4	9,8±0,4	9,2±0,4	8,6±0,5
HV(5)+ PF(5)+ DM (10)	8,6±1,3	8,8±0,8	3,8±0,4	5,6±2,7

(DM-Ž)-žive jedinice velike vodenbuhe

Prilog 5. Stanje gladnih hidri i položaj virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* i jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) te jedne site jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* i pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet sitih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	Replika	1h				24 h			
		13,5 °C		25 °C		13,5 °C		25 °C	
		HV	DG	HV	DG	HV	DG	HV	DG
HV(1)+DG(1)+ DM (10)	1	K	D-G	K	S-G	R	D-G	R	D-M
	2	R	D-G	R	D-G	R	S-G	R	D-M
	3	K	S-G	R	PO-P	R	S-G	R	D-M
	4	R	S-G	R	D-G	R	S-G	R	D-G
	5	R	S-G	R	D-G	R	PO-P	R	D-M
HV(5)+DG(5)+ DM (10)	1	R	5S-G	R	4S-G, 1D-M	4R, 1K	5S-G	R	4D-M, 1D-G
	2	R	5S-G	R	3S-M, 1S-G, 1D-G	R	3S-G, 2PO-P	4K, 1R	5D-M
	3	R	5S-G	R	5D-M	R	5S-G	R	5D-M
	4	R	5S-G	R	4D-M, 1S-G	R	3S-G, 1PO-P, 1D-G	R	5D-M
	5	R	3S-G, 2PO-P	R-Stijenka	2D-M, 3D-G	R	5S-G	4K, 1R-stijenka	5D-M

K-Kontrahirano; R-relaksirano; D-dno; S-stijenka; PO-površina; P-pliva; PL-pluta; DP-dno pliva; G-gmiže; M-miruje

Prilog 6. Srednja vrijednost i standardna devijacija ($\bar{X} \pm SD$) preživjelih planktonskih račića u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) te jedne site jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet sitih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	1 h		24 h	
	13,5 °C	25 °C	13,5 °C	25 °C
	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$
HV(1)+ DG(1)+ DM (10)	9,4±0,9	8,8±1,3	6±0,7	2,8±2,2
HV(5)+ DG(5)+ DM (10)	3,6±2,3	2,4±0,9	0,8±1,1	0±0

(DM-Ž) -žive jedinke velike vodenbuhe

Prilog 7. Stanje gladnih hidri i položaj šiljoglave puzavice virnjaka u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne gladne jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) te jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet gladnih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet gladnih jedinki virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	Replika	1h				24 h			
		13, 5 °C		25 °C		13, 5 °C		25 °C	
		HV	DG	HV	DG	HV	DG	HV	DG
HV(1)+DG(1)+DM(10)	1	1 drži DM	S-G	R	D-M	R	D-G	R	D-M
	2	K	D-G	R	D-M	K	S-G	R	S-M
	3	R	PO-P	R	S-M	R	S-G	R	D-M
	4	R	D-G	R	S-M	K	D-G	R	D-M
	5	R	S-G	R	D-M	K	S-G	R	D-M
HV(5)+DG(5)+DM(10)	1	R	5S-M	R	5S-M	R	4S-G, 1PO-P	R	5D-M
	2	R	2S-M, 1D-M, 1S-G	R	5D-M	R	3D-M, 1S-G, 1PO-P	4 R Dno, 1R Stijenka	5D-M
	3	R	1D-M, 2S-M, 1D-G	R	4D-M, 1S-M	R	4S-G,	4 R Dno, 1R Stijenka	5D-M
	4	R	1PO-M, 1S-M, 3S-G	4 R-Dno, 1R Stijenka	2S-M, 3D-M	R	3PO-P, 1S-M, 1D-M	4 R Dno, 1R Stijenka	5D-M
	5	R	1 jede DM, 1D-M, 3S-G	4 R-Dno, 1R Stijenka	3D-M, 2S-M	R	2D-M, 1S-M, 2PO-P		5D-M

R-relaksirana; K-kontrahirana, D-dno; S-stijenka; PO-površina; P-pliva; PL-pluta; DP-dno pliva; G-gmiže

Prilog 8. Srednja vrijednost i standardna devijacija ($X \pm SD$) preživjelih planktonskih račića (DM-Ž) u pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i jedne gladne jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) te jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i pet replika po deset jedinki planktonskog račića velika vodenbuha *Daphnia magna* (DM) i pet gladnih jedinaka zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet gladnih jedinaka virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	1 h		24 h	
	13,5 °C	25 °C	13,5 °C	25 °C
	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$	DM-Ž $\bar{X} \pm SD$
HV(1)+ DG(1)+ DM (10)	7,2±1,3	7,4±1,7	4,4±1,8	0,8±1,1
HV(5)+ DG(5)+ DM (10)	4,4±1,5	1,2±1,3	0±0	0±0

(DM-Ž) žive jedinke velike vodenbuhe

Prilog 9. Stanje i položaj jedne site jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i jedne site jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) u prisutnosti jedne site jedinke zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet sitih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet sitih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) u prisutnosti pet sitih jedinki zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 sata pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	Replika	1h						24 h					
		13,5 °C			25 °C			13,5 °C			25 °C		
		PF	DG	HV	PF	DG	HV	PF	DG	HV	PF	DG	HV
PF(1)+ DG(1)+HV(1)	1	D-G	S-G	K	D-G	S-G	K	D-M	D-M	K	S-G	D-M	K
	2	D-M	S-G	R	D-M	PO-P	K	S-M	S-M	K	D-G	D-M	R
	3	S-M	D-G	K	S-G	S-G	K	S-G	S-G	mrtva	polovica	C D-M	R
	4	D-G	S-M	K	PO-P	S-M	K	D-G	D-G	K	komadići	2 C D-M	R
	5	D-G	D-G	K	PO-P	S-M	K	D-G	S-G	K	S-G izgrižen	C S-G	R
PF(5)+ DG(5)+HV(5)	1	5S-G	2D-G, 3S-G	5K	5D-M	1 S-G, 4D-M (uz 4PF)	5K	5D-G	5S-G	5R	5D-G	5D-M	5R
	2	1S-M, 2S-G, 3D-G	2D-G, 2S-G, 1S-M	5K	5S-M (skupa)*	3S-M, 1D-M, 1D-G	5K	3S-G, 2D-M	4S-G, 1D-G	5R	3D-M, 1S-M, 1PO-P	5D-M (2zajedno)	5R
	3	1D-M, 4S-G	1PO-P, 1S-G, 3S-M	5K	4S-M (3+1), 1S-G	3D-M, 2D-G	5K	4S-G, 1D-M (zajedno s 3DG)*	3D-M, 2S-G	5R	4D-M (zajedno s 3DG), 1S-G *	3D-M, 2S-M	5R
	4	3S-G, 2D-G	1PO-P, 1S-G, 3S-M	5K	5S-M (skupa)* +1DG	4S-M (3+1, 1 uz PH), 1D-G	1R, 4K	5S-G	5S-G	5R	1S-G, 2D-M, komadići	3C S-M, 2D-M	4R, 1R-stijenka
	5	3D-M, 1PO-P, 1S-M	2D-M (uz 3PF), 1D-G, 2S-M	5K	5S-M (skupa)*+1DG	4S-M, (3+1, 1 uz PH), 1PO-P	1R, 4K	5S-G	5S-G	5R	5D-M (zajedno *, iznad 1DG)	2D-M, 3S-G	5R

*u eksperimentalnim posudama došlo je do grupacije jedinki mnogooke puzavice, (D-dno; S-stijenka; PO-površina; P-pliva; PL-pluta; DP-dno pliva; G-gmiže; M-miruje; PJ-pojeden; C-preuzeo crni pigment, R-relaksirana, K-kontrahirana)

Prilog 10. Stanje i položaj jedne gladne jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) u prisutnosti jedne jedinke gladne zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) i pet gladnih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet gladnih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) u prisutnosti pet jedinki gladnih zelene hidre *Hydra viridissima* (HV) držane 1 i 24 pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	Replika	1h						24 h					
		13,5 °C			25 °C			13,5 °C			25 °C		
		PF	DG	HV	PF	DG	HV	PF	DG	HV	PF	DG	HV
PF(1)+ DG(1)+HV(1)	1	D-G	S-M	K	S-M	S-M	K	-	C S-G	R	komadići	C	R
	2	S-M	S-G	R	S-M	D-M	K	S-M	S-M	R, svinuta,	komadići	C	R
	3	S-G	S-G	K	S-M	S-M	K	S-G	S-G	svinuta, K	komadići	C	R
	4	S-G	S-G	K	D-G	S-G	K	S-G	S-G	K	PO-P	S-M	R
	5	PO-P	S-G	R	S-G	S-G	K	D-G	D-G	K	D-M	S-M	R
PF(5)+ DG(5)+HV(5)	1	1D-G, 3S-G	3S-M, 1D-G, 1D-M	5K	5D-M (4 skupa)*	2D-G, 2S-G, 1S-M	5K	3S-G, 1D-G	3S-G, 3D-G (1 C)	4R, 1PL	3D-M (izgriženi), komadići	4C D-M,	5R
	2	2PO-P, 1D-G, 1D-M	1D-G, 3S-G, 1D-M	5R	5D-M (2+2+1)	2PO-P, 2PO-P, 1D-na 2PF	5K	4S-G, komadići	1PO-P, 2S-G, 1C D-M	5R	komadići	3D-M, 2C S-M	5R
	3	4D-M, 1S-G	5D-M	5R	4D-M, 1S-G	3S-M, 2S-G	4K, 1R	4S-G, 1D-G		5R	1D-M, komadići	3S-M, 2C D-M	4R
	4	3D-M, 1D-G, 1S-G	3S-M, 2S-G	5K	3D-M(2+1+1), 1PO-P	3D-M(uz 2PF),	-	3S-G, komadići	5S-G (3C)	5R	3D-M (izgriženi), komadići	2D-M, 3C S-M	5R

*u eksperimentalnim posudama došlo je do grupacije jedinki mnogooke puzavice, (D-dno; S-stijenka; PO-površina; P-pliva; PL-pluta; DP-dno pliva; G-gmiže; M-miruje; PJ-pojeden; C-preuzeo crni pigment, R-relaksirana, K-kontrahirana)

Prilog 11. Stanje i položaj jedne site jedinke virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) te jedne site jedinke virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) i pet sitih jedinki virnjaka mnogooka puzavica *Polycelis felina* (PF) i pet sitih jedinki virnjaka šiljoglava puzavica *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 h pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	Replika	1h				24 h			
		13,5 °C		25 °C		13,5 °C		25 °C	
		PF	DG	PF	DG	PF	DG	PF	DG
PF(1)+ DG(1)	1	S-G	S-G	S-G	DG	D-M	S-M	PO-P	D-G
	2	S-G	S-G	D-M	PO-P	S-M	S-M	PJ	S-M
	3	S-G	S-G	D-M	S-M	S-G	S-G	SG	D-G
	4	D-M	PO-P	D-G	S-G	S-G	D-M	PJ	C D-M
	5	S-G	S-G	PO-P	S-G	S-G	S-M	S-M (oštećen)	C D-G
PF(5)+ DG(5)	1	2D-G, 1S-G, 1PO-P, 1PJ	1D-G, 3C D-G; 1C D-M	4D-M, 1S-M	2S-G, 3D-G	4S-G, 1PJ	5S-G (3C)	1D-M, 4PJ	2C D-G, 2C D-M,
	2	3D-G, 1D-M, 1 S-G	2D-G, 3S-G	5D-G	4D-G, 1SG	5S-G	3S-G, 2D-M	2G-D, 3PJ	3C G-D, 1C M-D
	3	4D-G, 1PJ	3C D-G, 2D-M	2D-G, 3S-G	1PO-P, 1D-M, 3S-G	4S-G, 1PJ	4S-G (1C), 1C D-M	1PO-P, 2S-G, 1D-M	3C S-G, 2C D-G
	4	5D-M	5D-G	3D-G, 2D-M	2D-G, 2S-G, 1D-M	3S-G, 2D-G	5S-G	1PO-P, 2S-G, 1D-M	3C S-G, 2C D-G
	5	4D-M, 1PO-P	2S-G, 2S-M, 1 D-M	3D-M, 1S-M, 1PJ	3C S-G, 2S-G	5S-G	5S-G	1 D-M, 1PJ, 2DG napadaju PF	5C

(D-dno; S-stijenka; PO-površina; P-pliva; PL-pluta; DP-dno pliva; G-gmiže; M-miruje; PJ-Pojeden; C-preuzeo crni pigment)

Prilog 12. Stanje i položaj jedne gladne jedinke virnjaka mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) te jedne gladne jedinke virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i pet gladnih jedinki virnjaka mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) i pet gladnih jedinki virnjaka šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) držane 1 i 24 h pri 13,5 °C i 25 °C.

Pokus	Replika	1h				24 h			
		13,5 °C		25 °C		13,5 °C		25 °C	
		PF	DG	PF	DG	PF	DG	PF	DG
PF(1)+ DG(1)	1	D-G	S-G	D-M	D-G	S-G	D-G	S-M	S-M
	2	S-G	S-G	S-G	S-G	D-G	D-M	pola pojeden na dnu	C-G
	3	D-G	S-M	S-M	S-G	S-M	S-M	S-M	S-M
	4	D-G	S-M	S-M	PO-M	S-G	S-M	PO-P	PO-P
	5	S-G	S-G	D-M	D-G	D-G	S-M	S-G (izgrižen)	C S-G
PF(5)+ DG(5)	1	5P svuda	5S-M	4D-M, 1S-G	4D-M, 1D-G	3D-M, 1S-G, 1D-G	3D-G, 2D-M	2PJ	5C
	2	4D-M, 1PO-P	5S-M (4 zajedno)*	4D-M, 1D-G	3D-G, 1S-M, 1S-G	5S-G	5S-G	2PJ	5C
	3	2S-M, 1PO-P, 1 na DG	5S-M	3D-G, 2D-M	4D-M, 1S-G	1PO-P, 4S-G	3D-M, 2D-M	2PJ	5C G
	4	4D-M, 1PO-P	3S-M, 2S-G	5D-M (3 zajedno)*	5S-G	3S-G, 2D-M	3S-M, 2D-G	2PJ	4C G, 1 nije jeo
	5	2S-M, 3D-G	5S-M	4D-M (3 zajedno)*, 1S-M	3D-M, 1S-G, 1D-G	5S-G	5S-M	2PJ	4C G, 1 nije jeo

*u eksperimentalnim posudama došlo je do grupacije jedinki mnogooke puzavice, (D-dno; S-stijenka; PO-površina; P-pliva; PL-pluta; DP-dno pliva; G-gmiže; M-miruje; PJ-pojeden; C-preuzeo crni pigment)

Prilog 13. Kontrakcija sitih i gladnih jedinki zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) nakon 1 i 24 h pri 13, 5 °C i 25 °C u različitim pokusima.

	Eksperimentalni organizmi	Kontrahiranost	
		1h	24 h
SITO (13,5 °C)	HV (1)	+	+
	HV (5)	+	-
GLADNO (13,5 °C)	HV (1)	-	+
	HV (5)	+	+
SITO (25 °C)	HV (1)	+	-
	HV (5)	-	+
GLADNO (25 °C)	HV (1)	+	+
	HV (5)	+	+
SITO (13,5 °C)	HV (1) + DM (10)	+	+
	HV (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	HV (1) + DM (10)	+	+
	HV (5) + DM (10)	+	+
SITO (25 °C)	HV (1) + DM (10)	+	+
	HV (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (25 °C)	HV (1) + DM (10)	+	+
	HV (5) + DM (10)	+	+
SITO (13,5 °C)	HV (1) + CZ	+	+
	HV (5) + CZ	+	+
GLADNO (13,5 °C)	HV (1) + CZ	-	-
	HV (5) + CZ	-	-
SITO (25 °C)	HV (1) + CZ	+	+
	HV (5) + CZ	+	+
GLADNO (25 °C)	HV (1) + CZ	-	-
	HV (5) + CZ	-	-
SITO (13,5 °C)	HV (1) + PF (1)	+	+
	HV (5) + PF (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	HV (1) + PF (5)	+	-
	HV (5) + PF (5)	+	+
SITO (25 °C)	HV (1) + PF (1)	-	-
	HV (5) + PF (5)	+	-
GLADNO (25 °C)	HV (1) + PF (5)	+	+
	HV (5) + PF (5)	+	+
SITO (13,5 °C)	HV (1) + DG (1)	+	+
	HV (5) + DG (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	HV (1) + DG (5)	-	-
	HV (5) + DG (5)	+	+
SITO (25 °C)	HV (1) + DG (1)	-	+
	HV (5) + DG (5)	+	-
GLADNO (25 °C)	HV (1) + DG (5)	-	-
	HV (5) + DG (5)	+	-
SITO (13,5 °C)	HV (1) + DG (1) + DM (10)	+	-
	HV (5) + DG (5) + DM (10)	-	+
GLADNO (13,5 °C)	HV (1) + DG (5) + DM (10)	+	+
	HV (5) + DG (5) + DM (10)	-	-
SITO (25 °C)	HV (1) + DG (1) + DM (10)	+	-
	HV (5) + DG (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (25 °C)	HV (1) + DG (1) + DM (10)	-	-
	HV (5) + DG (5) + DM (10)	-	-

SITO (13,5 °C)	HV (1) + DG (1) + PF (1)	+	+
	HV (5) + DG (5) + PF (5)	+	-
GLADNO (13,5 °C)	HV (1) + DG (1) + PF (1)	+	+
	HV (5) + DG (5) + PF (5)	+	-
SITO (25 °C)	HV (1) + DG (1) + PF (1)	+	+
	HV (5) + DG (5) + PF (5)	+	-
GLADNO (25 °C)	HV (1) + DG (1) + PF (1)	+	-
	HV (5) + DG (5) + PF (5)	+	-
SITO (13,5 °C)	HV (1) + PF (1) + DM (10)	-	+
	HV (5) + PF (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	HV (1) + PF (1) + DM (10)	+	+
	HV (5) + PF (5) + DM (10)	-	+
SITO (25 °C)	HV (1) + PF (1) + DM (10)	-	-
	HV (5) + PF (5) + DM (10)	+	-
GLADNO (25 °C)	HV (1) + PF (1) + DM (10)	-	-
	HV (5) + PF (5) + DM (10)	+	+

Kontrakcija sitih i gladnih jedinki zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) nakon 1 i 24 h pri 13, 5 °C i 25 °C uz dodatak velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena (HV + DM); uz dodatak suspenzije endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) (HV + CZ); uz dodatak mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) (HV + PF); uz dodatak šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) (HV + DG); uz dodatak šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena (HV + DG + DM); uz dodatak šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) (HV + DG + PF); uz dodatak mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) i velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena (HV + PF + DM)

Prilog 14. Kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) i/ili šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) nakon 1 i 24 h pri 13,5 °C ili 25°C.

	Eksperimentalni organizmi	Kretanje PF	
		1 h	24 h
SITO (13,5 °C)	PF (1)	+	+
	PF (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1)	+	+
	PF (5)	+	+
SITO (25 °C)	PF (1)	-	+
	PF (5)	+	+
GLADNO (25 °C)	PF (1)	+	+
	PF (5)	+	+
SITO (13,5 °C)	PF (1) + DM (10)	+	+
	PF (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + DM (10)	+	+
	PF (5) + DM (10)	+	+
SITO (25 °C)	PF (1) + DM (10)	+	+
	PF (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (25 °C)	PF (1) + DM (10)	+	+
	PF (5) + DM (10)	+	+
SITO (13,5 °C)	PF (1) + CZ	+	+
	PF (5) + CZ	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + CZ	+	+
	PF (5) + CZ	+	+
SITO (25 °C)	PF (1) + CZ	+	+
	PF (5) + CZ	+	+
GLADNO (25 °C)	PF (1) + CZ	+	+
	PF (5) + CZ	+	+
SITO (13,5 °C)	PF (1) + HV (1)	+	+
	PF (5) + HV (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + HV (1)	+	+
	PF (5) + HV (5)	+	+
SITO (25 °C)	PF (1) + HV (1)	-	-
	PF (5) + HV (5)	-	+
GLADNO (25 °C)	PF (1) + HV (1)	+	+
	PF (5) + HV (5)	-	+
SITO (13,5 °C)	PF (1) + DG (1)	+	+
	PF (5) + DG (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + DG (1)	+	+
	PF (5) + DG (5)	+	+
SITO (25 °C)	PF (1) + DG (1)	+	+
	PF (5) + DG (5)	-	+
GLADNO (25 °C)	PF (1) + DG (1)	+	+
	PF (5) + DG (5)	+	-
SITO (13,5 °C)	PF (1) + DG (1) + HV (1)	+	+
	PF (5) + DG (5) + HV (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + DG (1) + HV (1)	+	+
	PF (5) + DG (5) + HV (5)	+	+

SITO (25 °C)	PF (1) + DG (1) + HV (1)	+	+
	PF (5) + DG (5) + HV (5)	-	+
GLADNO (25 °C)	PF (1) + DG (1) + HV (1)	+	-
	PF (5) + DG (5) + HV (5)	+	-
SITO (13,5 °C)	PF (1) + HV (1) + DM (10)	+	+
	PF (5) + HV (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + HV (1) + DM (10)	+	+
	PF (5) + HV (5) + DM (10)	-	+
SITO (25 °C)	PF (1) + HV (1) + DM (10)	+	+
	PF (5) + HV (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (25 °C)	PF (1) + HV (1) + DM (10)	+	+
	PF (5) + HV (5) + DM (10)	+	+
SITO (13,5 °C)	PF (1) + CZ + DM (10)	+	-
	PF (5) + CZ + DM (10)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + CZ + DM (10)	+	+
	PF (5) + CZ + DM (10)	+	+
SITO (25 °C)	PF (1) + CZ + DM (10)	+	+
	PF (5) + CZ + DM (10)	+	+
GLADNO (25 °C)	PF (1) + CZ + DM (10)	+	+
	PF (5) + CZ + DM (10)	+	+
	Ekperimentalni organizmi	Kretanje DG	
		1 h	24 h
SITO (13,5 °C)	DG (1)	+	+
	DG (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	DG (1)	+	+
	DG (5)	+	+
SITO (25 °C)	DG (1)	+	+
	DG (5)	+	+
GLADNO (25 °C)	DG (1)	+	-
	DG (5)	+	+
SITO (13,5 °C)	DG (1) + DM (10)	-	-
	DG (5) + DM (10)	-	-
GLADNO (13,5 °C)	DG (1) + DM (10)	+	+
	DG (5) + DM (10)	+	+
SITO (25 °C)	DG (1) + DM (10)	-	+
	DG (5) + DM (10)	-	+
GLADNO (25 °C)	DG (1) + DM (10)	+	+
	DG (5) + DM (10)	+	+
SITO (13,5 °C)	DG (1) + CZ	+	+
	DG (5) + CZ	+	-
GLADNO (13,5 °C)	DG (1) + CZ	+	+
	DG (5) + CZ	+	+
SITO (25 °C)	DG (1) + CZ	+	+
	DG (5) + CZ	+	-
GLADNO (25 °C)	DG (1) + CZ	+	-
	DG (5) + CZ	+	-
SITO (13,5 °C)	DG (1) + HV (1)	-	-

	DG (5) + HV (5)	+	-
GLADNO (13,5 °C)	DG (1) + HV (1)	+	+
	DG (5) + HV (5)	+	+
SITO (25 °C)	DG (1) + HV (1)	-	-
	DG (5) + HV (5)	+	-
GLADNO (25 °C)	DG (1) + HV (1)	+	+
	DG (5) + HV (5)	+	+
SITO (13,5 °C)	DG (1) + PF (1)	+	+
	DG (5) + PF (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	DG (1) + PF (1)	+	+
	DG (5) + PF (5)	+	+
SITO (25 °C)	DG (1) + PF (1)	+	+
	DG (5) + PF (5)	+	+
GLADNO (25 °C)	DG (1) + PF (1)	+	+
	DG (5) + PF (5)	+	+
SITO (13,5 °C)	DG (1) + HV (1) + DM (10)	+	+
	DG (5) + HV (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	DG (1) + HV (5) + DM (10)	+	+
	DG (5) + HV (5) + DM (10)	+	+
SITO (25 °C)	DG (1) + HV (1) + DM (10)	+	+
	DG (5) + HV (5) + DM (10)	+	+
GLADNO (25 °C)	DG (1) + HV (1) + DM (10)	-	-
	DG (5) + HV (5) + DM (10)	-	-
SITO (13,5 °C)	DG (1) + PF (1) + HV (1)	+	+
	DG (5) + PF (5) + HV (5)	+	+
GLADNO (13,5 °C)	DG (1) + PF (1) + HV (1)	+	+
	DG (5) + PF (5) + HV (5)	+	+
SITO (25 °C)	DG (1) + PF (1) + HV (1)	+	+
	DG (5) + PF (5) + HV (5)	+	+
GLADNO (25 °C)	DG (1) + PF (1) + HV (1)	+	-
	DG (5) + PF (5) + HV (5)	+	-

Kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF); kretanje jedinki šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG); kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) uz dodatak velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena (DG + DM); kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) uz dodatak suspenzije endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) (DM + CZ); kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) uz dodatak zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) (PF + HV); kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) u prisutnosti šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG); kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) uz prisutnost šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) i zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) (PF + DG + HV); kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) uz prisutnost zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) i dodatak velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena (PF + HV + DM); kretanje jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF)) uz dodatak suspenzije endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ) i velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena (PF + CZ + DM); kretanje jedinki šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) uz dodatak velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena (DG + DM); kretanje jedinki šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) uz dodatak suspenzije endosimbiotske alge

Desmodesmus subspicatus (CZ) (DG + CZ); kretanje jedinki šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) uz dodatak zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) (DG + HV); kretanje jedinki šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) u prisutnosti mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) (DG + PF); kretanje jedinki šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) uz prisutnost zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) i dodatak velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena (DG + HV + DM); kretanje jedinki šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG) uz prisutnost mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) i zelene hidre *Hidra viridissima* (HV) (DG + PF + HV)

Prilog 15. Pojavnost mreže oko sitih i gladnih jedinki istraživanih beskraljeznjaka nakon 1 i 24 h pri 13,5 °C i 25 °C uz dodatak suspenzije endosimbiotske alge *Desmodesmus subspicatus* (CZ).

	Eksperimentalni organizmi	Pojavnost mreže	
		1 h	24 h
SITO (13,5 °C)	HV (1) + CZ	-	-
	HV (5) + CZ	-	+
GLADNO (13,5 °C)	HV (1) + CZ	-	+
	HV (5) + CZ	-	+
SITO (25 °C)	HV (1) + CZ	-	-
	HV (5) + CZ	-	+
GLADNO (25 °C)	HV (1) + CZ	-	+
	HV (5) + CZ	-	+
SITO (13,5 °C)	PF (1) + CZ	-	+
	PF (5) + CZ	+	+
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + CZ	+	+
	PF (5) + CZ	-	+
SITO (25 °C)	PF (1) + CZ	+	+
	PF (5) + CZ	+	+
GLADNO (25 °C)	PF (1) + CZ	-	-
	PF (5) + CZ	-	+
SITO (13,5 °C)	DG (1) + CZ	-	+
	DG (5) + CZ	-	+
GLADNO (13,5 °C)	DG (1) + CZ	+	+
	DG (5) + CZ	-	-
SITO (25 °C)	DG (1) + CZ	-	+
	DG (5) + CZ	-	+
GLADNO (25 °C)	DG (1) + CZ	-	-
	DG (5) + CZ	+	+
SITO (13,5 °C)	PF (1) + CZ + DM (10)	-	-
	PF (5) + CZ + DM (10)	+	-
GLADNO (13,5 °C)	PF (1) + CZ + DM (10)	+	+
	PF (5) + CZ + DM (10)	+	+
SITO (25 °C)	PF (1) + CZ + DM (10)	+	-
	PF (5) + CZ + DM (10)	+	-
GLADNO (25 °C)	PF (1) + CZ + DM (10)	+	-
	PF (5) + CZ + DM (10)	+	-

Pojavnost mreže oko sitih i gladnih jedinki zelene hidre *Hidra viridissima* (HV); pojavnost mreže oko sitih i gladnih jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF); pojavnost mreže oko sitih i gladnih jedinki šiljoglave puzavice *Dugesia gonocephala* (DG); pojavnost mreže oko sitih i gladnih jedinki mnogooke puzavice *Polycelis felina* (PF) i velike vodenbuhe *Daphnia magna* (DM) kao plijena

Prilog 16. Anketa za učenike o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima osnovnih škola i atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u osnovnoj školi te atraktivnosti navedenog pokusa u osnovnoj 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.

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.

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.

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.

Vjerojatno bih.

Sigurno bih.

Prilog 17. Anketa za nastavnike o zastupljenosti izvannastavnih aktivnosti iz područja prirodoslovlja među učenicima osnovnih škola i atraktivnosti sadržaja koji bi se mogao ponuditi u okviru izvannastavnih aktivnosti u osnovnoj školi te atraktivnosti navedenog pokusa u osnovnoj 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.