

Gimnazija Kranj
Koroška cesta 13, 4000 Kranj

POČASNIKI *Tardigrada* – CHUCK NORRISI MIKRO SVETA

Vplivi dejavnikov na aktivnost tardigradov

Področje: Ekologija z varstvom okolja

Avtor: Maja Bešter
Mentor: univ. dipl. bio., prof. Marija Maruša Vencelj

Kranj, marec 2018

Kazalo

Povzetek.....	4
Zahvala	5
1. Uvod	6
1.1 Namen	6
1.2 Teoretično ozadje	6
1.3 Hipoteze	8
2. Materiali	9
3. Metode dela	10
3.1 Priprava vzorcev in iskanje primerkov	10
3.2 Poskusi	11
3.2.1 Poskus z barvnim krogom	11
3.2.2 Poskus z laserjem	12
3.2.3 Poskus s sladkorjem	12
3.2.4 Poskus z magnetom	13
4. Rezultati	14
4.1 Iskanje počasnikov	14
4.2 Poskusi z abiotskimi dejavniki	15
4.2.1 Poskus z barvnim krogom	15
4.2.2 Poskus z laserjem	17
4.2.3 Poskus s sladkorjem	17
4.2.4 Poskus z magnetom	18
4.2.5 Skupni pregled poskusov	18
5. Diskusija	19
5.1 Iskanje in vzdrževanje počasnikov	19
5.2 Poskusi z abiotskimi dejavniki	19
5.2.1 Poskus z barvnim krogom	19
5.2.2 Poskus z laserjem	19
5.2.3 Poskus s sladkorjem	19
5.2.4 Poskus z magnetom	19
6. Sklepi	20
6.1 Iskanje počasnikov	20

6.2 Poskusi z abiotskimi dejavniki	20
6.3 Predlogi za nadaljnje raziskovanje	20
7. Viri in literatura	22

Povzetek

V raziskovalni nalogi *“Počasniki Tardigradi– Chuck Norrisi mikro sveta”* smo se posvetili imenitnim bitjem z imenom počasniki. To so drobcene živali, ki so zaslovele zaradi svoje sposobnosti preživetja v skrajnih razmerah. Osredotočili smo se na njihove odzive na vsakdanje abiotske dejavnike, ker na osnovi pregledane literature ocenjujemo, da jih raziskovalci pogosto spregledajo na račun njihovih drugih bolj fascinantnih lastnosti. Raziskavo smo izvedli z uporabo lastnih kvalitativnih metod, večinoma z metodo mikroskopiranja.

Z našim raziskovanjem smo se osredotočili na dva glavna problema. Prvi je bil iskanje in vzdrževanje počasnikov, drugi pa ugotavljanje njihovih odzivov na različne abiotske dejavnike - dražljaje. Iskanje se je kljub navedbam v literaturi, da ji je moč najti povsod, izkazalo za težje od pričakovanj. Počasnike smo našli le v vzorcih lišajev in lubja, ne pa v vzorcih mahu. Vzdrževanje se je izkazalo za relativno enostavno, saj potrebujejo le destilirano vodo in organska hranila, ki nastajajo iz razpadajočega rastlinja in mikroorganizmov.

S svojim raziskovanjem smo prišli do zanimivih ugotovitev, ki so tako podkrepile oziroma spodbile nekaj naših hipotez. Ugotovili smo, da se počasniki raje kot na zeleni in modri barvi zbirajo na roza in rumeni. Toda kljub njihovem vidu – ki se je izkazal pri poskusu z barvnim krogom – na rdečo lasersko svetlobo ne reagirajo. Pri poskusu s sladkorjem smo ugotovili, da dodan sladkor v petrijevke, spodbudi njihovo aktivnost. Pri zadnjem poskusu, poskusu z magnetom, smo ugotovili, da ima magnetno polje opazen vpliv na razporeditev počasnikov.

Zahvala

Rada bi se zahvalila svoji mentorici Maruši Mariji Vencelj in laborantki Jasni Turel za strokovno svetovanje, potrpežljivost in spodbudo pri nastajanju te raziskovalne naloge.

1. Uvod

1.1 Namen

Kljub zaspanemu imenu so počasniki (imenujemo jih tudi morski medvedki oziroma *tardigradi*) ena najbolj trdoživih bitij na našem planetu. Prvič smo o počasnikih brali v članku o različnih trdoživih organizmih, ki je med drugim obravnaval tudi izredno trdoživosti počasnikov. Za raziskovalno nalogo o njih pa smo se odločili, ker smo bitja želeli spoznati поблиžje. Velikokrat smo zasledili, da jih lahko najdemo povsod. Poleg tega kljub številnim člankom, ki govorijo o njihovih edinstvenih preživetvenih mehanizmih, nismo našli nobenega, ki bi predstavil odzive počasnikov na preproste abiotične dejavnike.



Slika 1: Počasnik, vir: Wikipedija (2007).

V raziskovalni nalogi »Počasniki *tardigradi* – Chuck Norrisi mikro sveta« smo se osredotočili na dva glavna problema. Prvi se navezuje na njihovo razširjenost v izbranem ekosistemu, ki je mešan gozd v okolici Šenčurja. Zanimalo nas je, če se število najdenih počasnikov v vzorcih z različnih območij istega gozda razlikuje. Poleg različnih lokacij smo zabeležili tudi temperaturo, vlago in pritisk na območjih v času nabiranja vzorcev.

Drug problem, na katerega smo se osredotočili, je bil odziv počasnikov na preproste abiotične dejavnike. Želeli smo ugotoviti, če vsakdanji dražljaji kot so barve, svetloba in magnetizem vplivajo na aktivnost – gibanje in zbiranje počasnikov.

1.2 Teoretično ozadje

Počasnike je odkril nemški zoolog Johann August Emphraim Goeze leta 1773, ime tardigrad (lat. počasi premikajoč) pa jim je tri leta pozneje nadel Italijanski biolog Lazzaro Spallanzani. Danes je znanih več kot 1.150 vrst počasnikov, 40 od teh pa lahko najdemo tudi v Sloveniji (Sket, 2003).

Njihovo fiziologijo znanstveniki preučujejo že leta, toda je še vedno v mnogočem neraziskana. Ker je tako edinstvena, nekateri predlagajo tezo, da so počasniki na Zemljo prišli z meteoriti. Raziskava iz leta 2015 je odkrila, da je kar 17,5% DNA počasnikov neznane. Ta naj bi izvirala iz bakterij, rastlin, fungov in arhej (Boothby, 2017).

Počasniki spadajo v kraljestvo živali (*Animalia*), podkraljestvo mnogoceličarjev (*Metazoa*), naddeblo mnogočlenarjev (*Polymeria*), deblo nožičnikov (*Pararthropoda*), deblo tihoptapk (*Tardigrada*) (Mršič, 1997). Počasnike delimo v tri razrede: *heterotardigrada*, *eutardigrada* in *mesotardigrada*. V razred *eutardigrada* uvrščamo čez 700 vrst počasnikov. Zanje je značilno, da nimajo otrdele kutikule; ter da se okončine končajo z enostavnimi kremplji brez izrastkov. Naseljujejo kopno, morje in sladko vodo. V drug razred, razred *heterotardigrada* danes uvrščamo približno 450 vrst. Za predstavnike je značilna odebeljena kutikula, okončine na glavi ob ustih, na trupu in na nožicah. Od počasnikov razreda

eutardigrada so poleg naštetih razlik tudi manjši in nimajo malpighijevih cevčic. Živijo v morju ter na kopnem. Za razred *mesotardigrada* pa je znana le ena vrsta. Opredelitev zaradi uničenja edinega primerka ni splošno znana (ION, 2011).

Počasniki so mikroskopski nevretenčarji, ki merijo od 0,1 mm do 1,5 mm (odvisno od vrste). Imajo sodčkasto telo prekrito s kutikulo iz hitina, ki se redno levi. Imajo štiri pare nog, ki se končujejo s štirimi do osmimi kremplji. Ni popolnoma znano kako dihajo, saj nimajo pljuč, srca ali krvi. Zato znanstveniki sklepajo, da izmenjava plinov poteka skozi telesno površino. Njihove oči sestavlja nekaj senzornih celic in celica s pigmentom (Greven, 2007).

Prehranjujejo se z rastlinami, bakterijami, organskim drobirjem in manjšimi talnimi živalmi. Nekatere vrste so celo kanibali (Morgan, 1977).

Redke vrste so hermafroditi, velika večina vrst pa ima ločena spola. Razmnožujejo se lahko spolno in nespolno. Spolno razmnoževanje poteka med levitvijo, ko samice izležejo jajčeca v odvrženo kutikulo, ki jo samec nato oplodi. V celem življenju se levijo do 12-krat. Kopenske vrste imajo notranjo oploditev. Hkrati lahko samice izležejo od enega do 30 jajčec. Potomci se iz jajčec izvalijo po dveh tednih ali manj. Od takrat naprej se njihova velikost povečuje na račun večanja celic (Barnes, 1982).

Njihova edinstvena zgradba in preživetveni mehanizem jim omogoča življenje praktično povsod. Najdemo jih vse od najvišjih vrhov gora do najglobljih globin morja, prav tako vse od tropskih gozdov do Antarktike. Preživijo lahko ekstremne temperature od -272°C do $+151^{\circ}\text{C}$, pritisk 6.000-ih atmosfer kot tudi vakuum, dehidracijo ter 1.000-krat večjo radiacijo kot katerakoli žival. Omembe vredna je tudi misija FOTON-M3 iz septembra leta 2007. Dve vrsti počasnikov sta bili 10 dni na višini 258-281 kilometrov nad površjem Zemlje izpostavljeni vakuumu in dvema vrstama UV-radiacije (UV-A in UV-B). Sončne radiacije vsi počasniki niso preživeli, toda na izvaljena jajca ni imela velikega vpliva (Rebbechi, in drugi, 2009).

Kot omenjeno, imajo počasniki edinstven preživetveni mehanizem. Dehidracijo lahko preživijo več kot desetletje v stanju kriptobioze oziroma anabioze. To je stanje neaktivnosti metabolizma živega bitja, tako so s tem ustavljeni tudi obnavljanje, razvoj in razmnoževanje. Organizem se pri vzpostavitvi ugodnih razmer vrne v normalno metabolično stanje, kakršno je bilo pred stanjem kriptobioze (Tauger & Gill, 2016).

Prav tako zanimiv je tudi njihov obrambni mehanizem pred radiacijo. Prej so znanstveniki mislili, da so molekule, ki popravljajo poškodovano DNA pri obrambi pred radiacijo najpomembnejše. Izkazalo se je, da je za zaščito proti radiaciji odgovoren protein Dsup¹. Ta je odgovoren za minimiziranje povzročene škode na DNA. Uspelo jim je izolirati gen, ki ta določen protein kodira, ter ga vstaviti v človeško ledvico. To ledvico so nato izpostavili radiaciji, ki bi človeku povzročila radiacijsko okužbo in smrt v 30-ih dneh. Celice ledvice z dodanim genom so prenesle radiacijo s 40% manjšo okvaro, kot tiste brez dodanega gena. Poleg tega so bile te celice še vedno sposobne razmnoževanja (Hashimoto, in drugi, 2016).

Poleg radiacije obstaja še mnogo drugih abiotičnih dejavnikov, ki vplivajo na delovanje vsakega živega organizma. Na primer svetloba vpliva na metabolizem tako, da ga pospeši. Zato imajo živali, ki živijo v temnejših okoljih, počasnejši in manj aktiven metabolizem. Netopirji v času primanjkljaja hrane vstopijo v stanje torporja, kjer se upočasnijo njihovo srčni utrip in zniža telesna temperatura. Te spremembe prispevajo k znižanju potrebne energije za metabolizem (McGuire, Jonasson, & Guglielmo, 2014). Ptice imajo edinstven mehanizem za zaznavanje magnetizma, saj vsako leto s pomočjo le-tega vsako leto najdejo svojo pot domov. Poleg sonca, lune, zvezd in drugih vizualnih namigov, zemeljsko magnetno

¹ Op.: ang. »Damage suppressor«, prevod: zatiralec poškodb.

polje ptičem ponuja prostorsko predstavo za natančno navigacijo (Mora, Davison, Wild, & Walker, 2004).

Pri opazovanju dražljajev na manjše organizme se zanašamo na metodo opazovanju objektov pod veliko povečavo oziroma mikroskopiranje. Poznamo tri vrste mikroskopov. Prvi so svetlobni ali optični, ki za opazovanje uporabljajo svetlobo; drugi so elektronski, ki za opazovanje uporabljajo snop elektronov, zadnji, stereomikroskopi pa uporabljajo svetlobo, toda imajo od svetlobnih mikroskopov manjšo povečavo. Zaradi večje razdalje, kot je tista pri svetlobnem mikroskopu, omogočajo delo z materialom med samim opazovanjem. Pri mikroskopiranju smo uporabljali svetlobni mikroskop in stereomikroskop (Lodish, in drugi, 2000).

1.3 Hipoteze

Pri raziskovalni nalogi smo postavili 4 hipoteze.

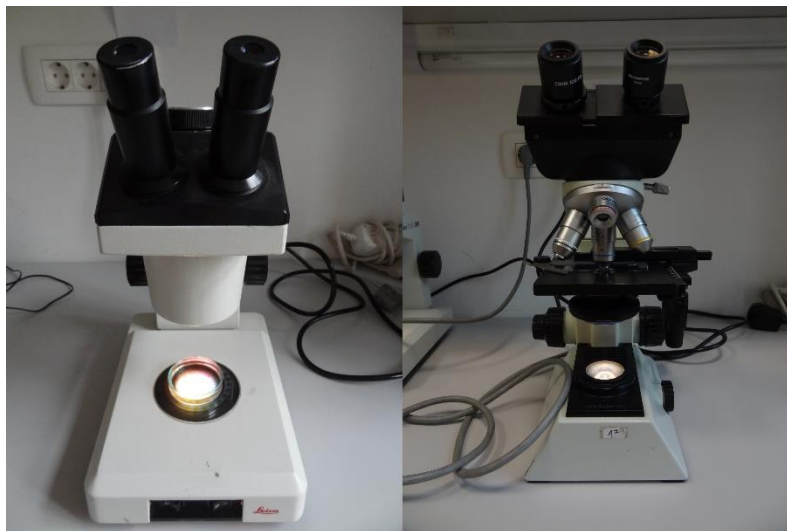
1. Vzdrževanje počasnikov ni težavno, saj brez problema preživijo tudi najbolj ekstremne pogoje.
2. Vsakdanji dražljaji vplivajo na aktivnost počasnikov. Počasniki se najraje zbirajo na modri in zeleni barvi. Nanje tudi vpliva rdeč laser.
3. Njihova aktivnost se z dodatkom sladkorja poveča.
4. Na počasnike vpliva magnetizem.

2. Materiali

- Vzorci iz različnih možnih habitatov počasnikov
- Destilirana voda
- Jedilni sladkor (saharoza)
- Objektno steklo
- Krovno steklo
- Petrijevke s premerom 6 cm
- Prozorni lepilni trak
- Kapalka
- Igla z ročajem
- Magnet
- Prosojnica z barvnim krogom s premerom 7 cm
- Mikroskop Olympus CH20
- Stereomikroskop Leica ZOOM 2000



Slika 2: Laboratorijski pripomočki; lastni vir.



Slika 3: Mikroskop Olympus CH20 in Stereomikroskop Leica ZOOM 2000; lastni vir.

3. Metode dela

3.1 Priprava vzorcev in iskanje primerkov

Uporabljene vzorce smo pridobili večinoma z lišajev in debel. Zbrali smo jih v izbranem ekosistemu listnatega gozda. Poleg dokumentiranja lokacij pobranih vzorcev, smo zabeležili tudi temperaturo, pritisk in vlago v zraku. Vzorce smo nabirali 8. 1. 2018, 13. 1. 2018, 20. 1. 2018, 1. 3. 2018 in 3. 3. 2018.

Območje A je v gozdu, in je od ceste oddaljeno približno 500 metrov. Drugo območje B je jasa, ki je od ceste oddaljena ravno tako približno 500 metrov. Območje C je jasa, ki je od ceste oddaljena približno 310 metrov.



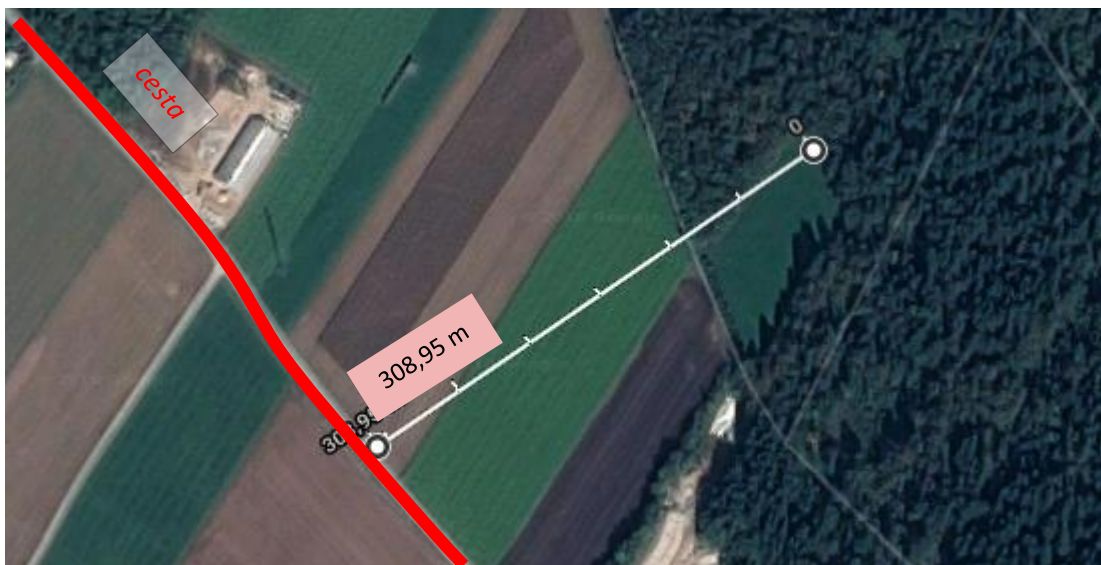
Slika 4: Deblo s katerega smo nabrali vzorce, lastni vir.



Slika 5: Oddaljenost območja A od ceste, vir: Google Maps.



Slika 6: Oddaljenost območja A od ceste, vir: Google Maps.



Slika 7: Razdalja območja C do ceste; vir, Google Maps.

Do namakanja smo vzorce hranili v označenih kuvertah. Vsak vzorec smo ločeno namočili z destilirano vodo za vsaj 1 uro in ga shranili v petrijevko. Pred izvajanjem poskusov smo pregledali vzorce, ter zbrali čim več počasnikov za opazovanje. Pregledovali smo jih z mikroskopom in s stereomikroskopom, hranili pa smo jih na pladnju pokritim z aluminijsko folijo, da je izhlapelo čim manj vode.

Zbrane počasnike smo s kapalko prenesli v tri petrijevke. Poleg aluminijske folije, smo jih prekrili še s steklenim pokrovom. Pri vseh poskusih smo vzorce hranili na pladnju, razen poskusa z barvnim krogom, kjer smo petrijevke pokrite s steklenim pokrovom nastavili na okensko polico.

Počasnike smo opazovali z metodo mikroskopije, ki je namenjena opazovanju objektov pod veliko povečavo.



Slika 8: Označene papirnate kuverte z vzorci, lastni vir.

3.2 Poskusi

3.2.1 Poskus z barvnim krogom

Pri poskusu z barvnim krogom nismo uporabili nobene poznane metode dela. Nastavili smo tri petrijevke, vsako z vsaj 7 počasniki na okensko polico, ter jih prekrili s steklenim pokrovom. Pod vsako smo položili barvni krog, katerega smo na vsako petrijevko tudi nalepili s prozornim lepilnim trakom, da se ta ne bi premikal. Pripravljene vzorce smo nato pustili na okenski polici en dan. V tem času okna niso bila odprta, in radiator ni bil prižgan. Tako je bila manjša možnost vpliva dejavnika temperature na razpored počasnikov.

Naslednji dan smo vsak vzorec posebej prenesli pod stereomikroskop skupaj z barvnim krogom, in prešteli število primerkov na vsaki barvi. Vsako petrijevko smo pod stereomikroskopom opazovali največ 7 minut, ker se ta hitro segreje. Po vsakem opazovanju smo počakali vsaj 2 minuti preden smo pregledali naslednji vzorec.



Slika 9: Poskus z barvnim krogom, lastni vir.

3.2.2 Poskus z laserjem

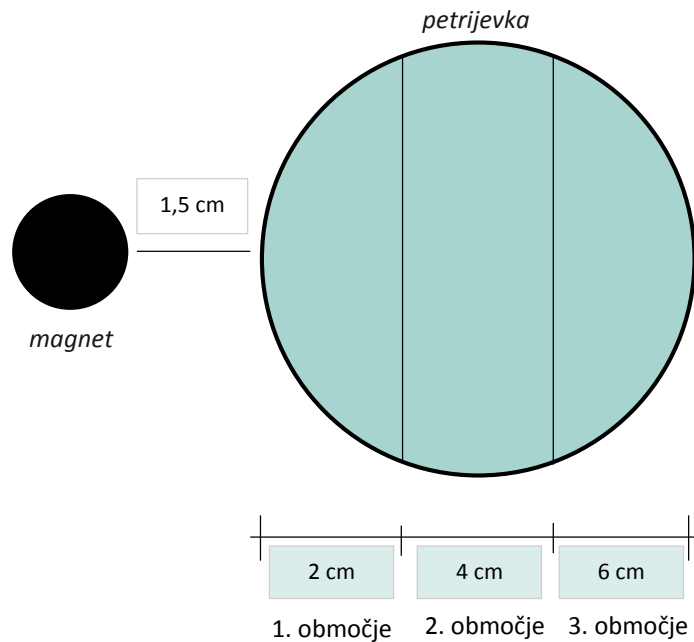
Pri poskusu z laserjem smo opazovali samo aktivne počasnike - tiste, ki so se med opazovanjem kakorkoli premikali. Pod stereomikroskopom smo opazovali deset počasnikov, na katere smo posvetili z laserjem. Na vsakega počasnika smo svetili približno minuto in opazovali odzive.

3.2.3 Poskus s sladkorjem

Poskus s sladkorjem smo izvedli s tremi vzorci. Dvema smo dodali zrna sladkorja, enemu pa ne, saj je bila tretja petrijevka kontrolna. Ti trije vzorci niso bili isti kot tisti uporabljeni pri drugih poskusih. V prvi dve petrijevki smo dali 10 zrn jedilnega sladkorja (saharoze), in jih pustili čez noč. Naslednji dan smo primerjali aktivnost počasnikov v prvih dveh petrijevkah s kontrolno.

3.2.4 Poskus z magnetom

Za poskus z magnetom smo dali petrijevke z vzorci na pladenj, ter jih prekrili s steklenimi pokrovi in aluminijevo folijo. Poleg vsake petrijevke smo postavili 1 magnet, ki je bil od petrijevke oddaljen 1,5 cm. Vsako petrijevko smo nato razdelili na 3 območja glede na oddaljenost od magneta. Prvo območje je od magneta oddaljeno 1,5 – 3,5 cm, drugo 3,5 – 5,5 cm, tretje pa 5,5 – 7,5 cm. Vzorce smo pregledali naslednji dan pod lupo in prešteli počasnike na vsakem območju.



Skica 1: Poskus z magnetom, lastni vir.



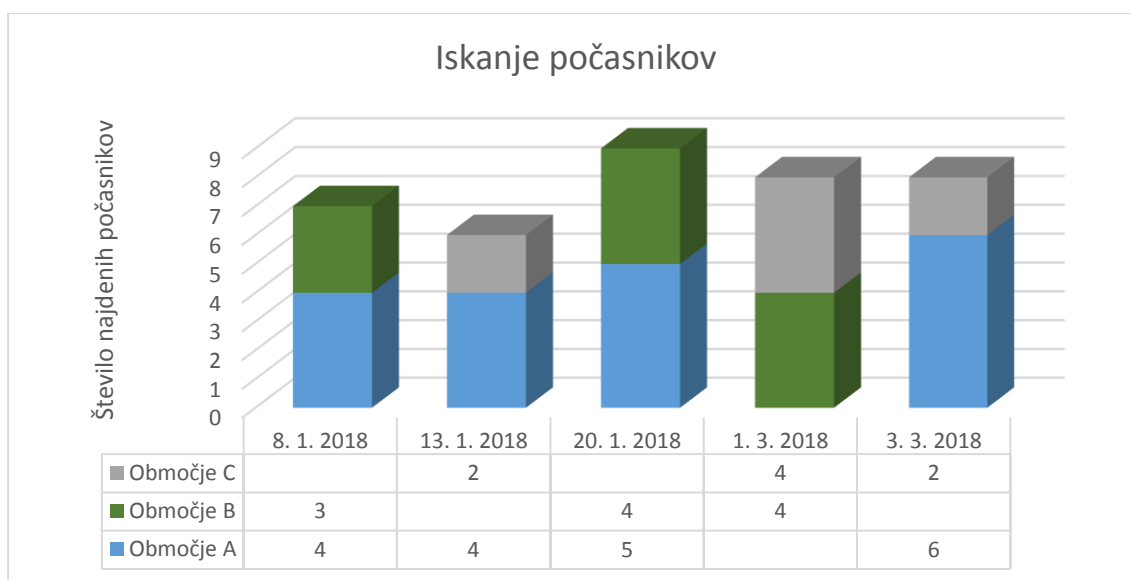
Slika 10: Poskus z magnetom, lastni vir.

4. Rezultati

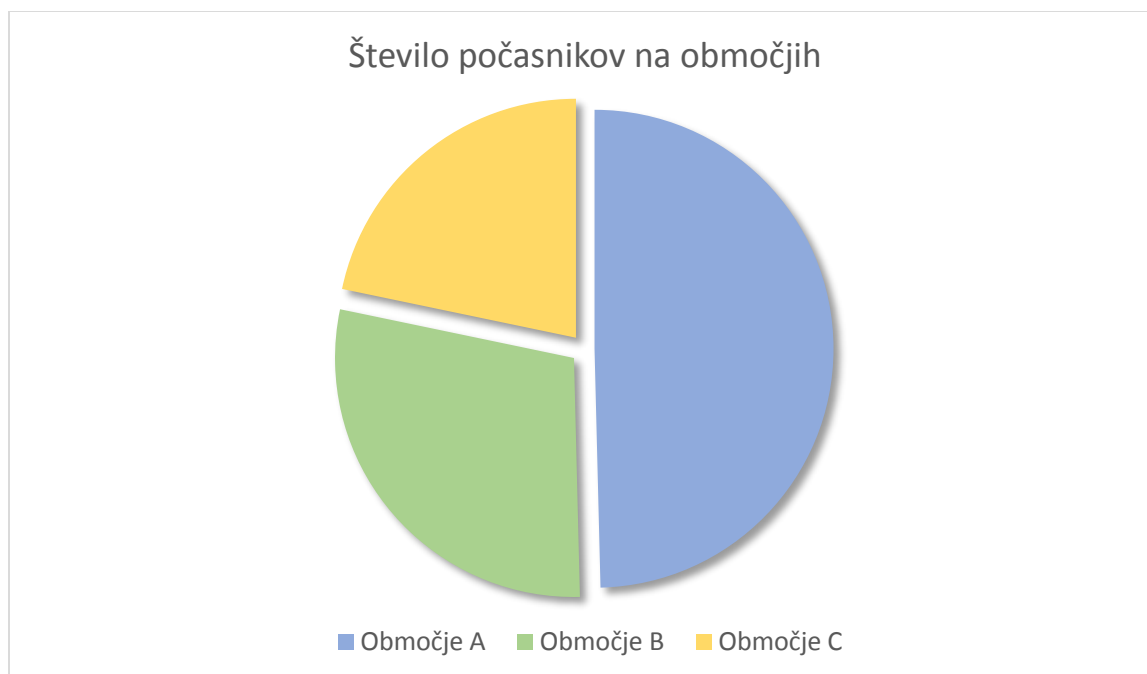
4.1 Iskanje počasnikov

	Območje	Temperatura [°C]	Vlaga [%]	Pritisk [hPa]	Št. Najdenih počasnikov
8. 1. 2018	A	5	100	1025	4
	B				3
13. 1. 2018	A	6	81	1023	4
	C				2
20. 1. 2018	A	0	97	1011,40	5
	B				4
1. 3. 2018	C	-10	80	1012,80	4
	B				4
3. 3. 2018	A	0	83	1002	6
	C				2

Tabela 1: Tabela števila počasnikov na izbranih območjih, (Yr, 2018).



Graf 1: Graf števila počasnikov na določenih območjih, lastni vir.



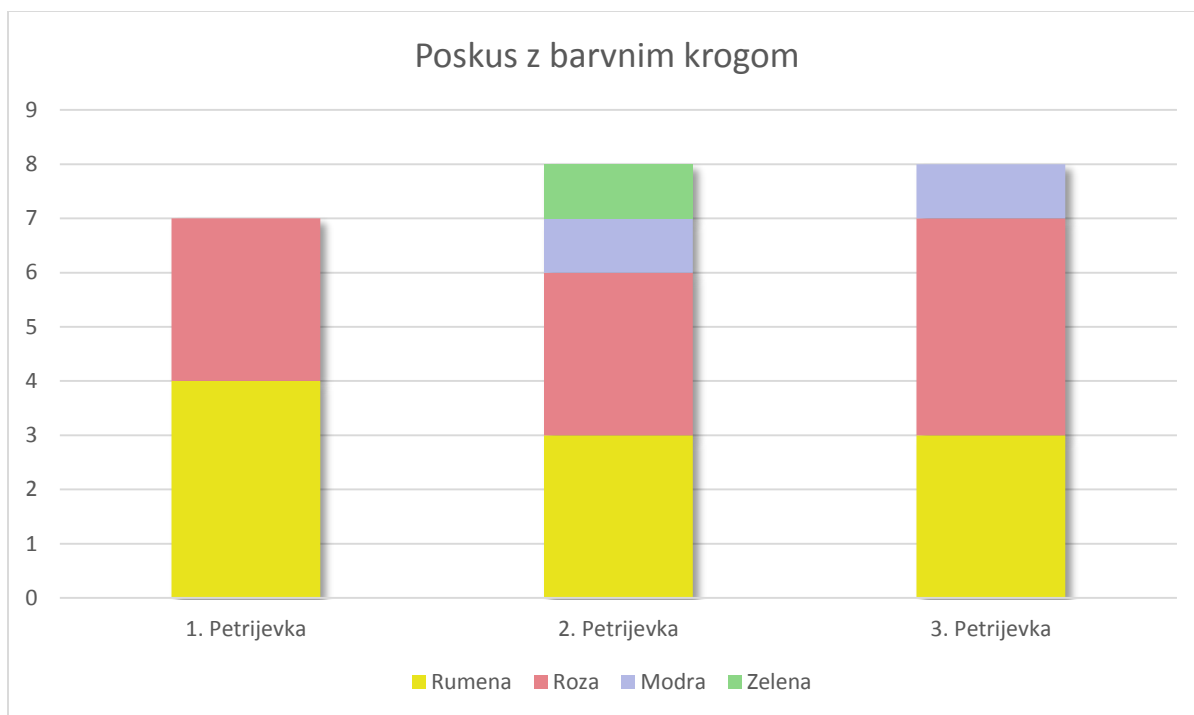
Graf 2:Število počasnikov na različnih območjih, lastni vir.

4.2 Poskusi z abiotskimi dejavniki

4.2.1 Poskus z barvnim krogom

	1. Petrijevka	2. Petrijevka	3. Petrijevka	SKUPAJ	Odstotki
<i>Rumena</i>	4	3	3	10	43,5%
<i>Roza</i>	3	3	4	10	43,5%
<i>Modra</i>	0	1	1	2	8,7%
<i>Zelena</i>	0	1	0	1	4,3%
SKUPAJ	7	8	8	23	100,0%

Tabela 2: Razporeditev počasnikov po barvnih območjih, lastni vir.



Graf 3: Razporeditev počasnikov po barvnih območjih, lastni vir.



Slika 11: Počasnik na roza barvi, lastni vir.

4.2.2 Poskus z laserjem

Pri poskusu z rdečim laserjem od počasnikov nismo zaznali nikakršnega odziva.

4.2.3 Poskus s sladkorjem

	Petrijevki s sladkorjem				Petrijevka brez sladkorja	
	1. Petrijevka	2. Petrijevka	SKUPAJ	Odstotki	3. Petrijevka	Odstotki
Aktivni	5	7	12	66,7%	4	40,0%
Neaktivni	4	2	6	33,3%	6	60,0%
SKUPAJ	9	9	18	100,0%	10	100,0%

Tabela 3: Aktivnost počasnikov glede na prisotnost sladkorja, lastni vir.

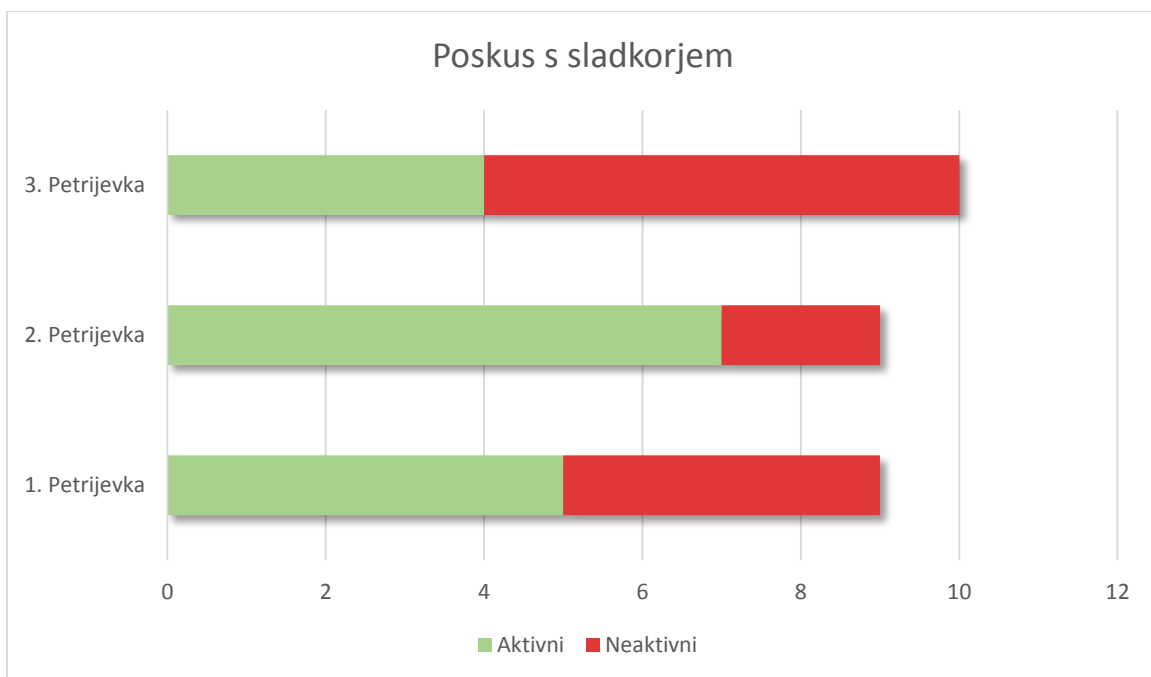
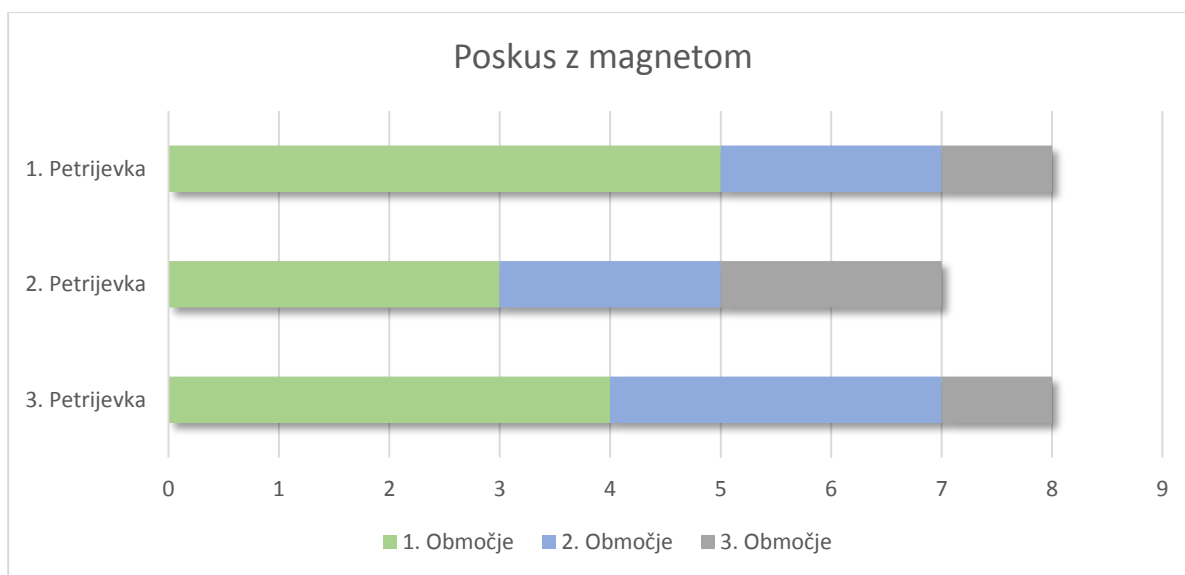


Tabela 4: Aktivnost počasnikov glede na prisotnost sladkorja, lastni vir.

4.2.4 Poskus z magnetom

	1. Petrijevka	2. Petrijevka	3. Petrijevka	SKUPAJ	Odstotki
1. Območje	4	3	5	12	52,2%
2. Območje	3	2	2	7	30,4%
3. Območje	1	2	1	4	17,4%
SKUPAJ	8	7	8	23	100,0%

Tabela 5: Razporeditev počasnikov glede na oddaljenost od magneta, lastni vir.



Graf 4: Razporeditev počasnikov glede na oddaljenost od magneta, lastni vir.

4.2.5 Skupni pregled poskusov

	Odziv	Ni odziva
Barve	♦	
Laser		♦
Sladkor	♦	
Magnet	♦	

Tabela 6: Odzivnost počasnikov na dražljaje

5. Diskusija

5.1 Iskanje in vzdrževanje počasnikov

Preučevane vzorce smo nabirali v treh glavnih območjih. Največ počasnikov smo našli v vzorcih z območja A, ki je od ceste oddaljen približno 500 metrov. Tam smo našli 50% vseh počasnikov. Na drugem območju, ki je od ceste prav tako oddaljen 500 metrov smo našli 28,9%, na tretjem, ki je od ceste oddaljen 310 metrov pa 21,9% počasnikov.

Počasniki so bili najbolj aktivni popoldne, večinoma od 12. ure naprej.

5.2 Poskusi z abiotskimi dejavniki

5.2.1 Poskus z barvnim krogom

Pri poskusu z barvnim krogom smo največ počasnikov našli na rumeni in roza barvi. Na roza in na rumeni barvi smo našli po deset počasnikov (87,0%, na vsaki 43,5%), na modri dva (8,7%) in na zeleni le enega (4,3%).

5.2.2 Poskus z laserjem

Pri poskusu z laserjem od počasnikov nismo zaznali nobenega odziva.

5.2.3 Poskus s sladkorjem

Pri poskusu s sladkorjem smo zaznali povečano aktivnost počasnikov, čeprav ta ni velika. V petrijevkah z dodanim sladkorjem je bila v primerjavi s kontrolno petrijevko nekoliko večja aktivnost. V kontrolni petrijevki je bilo razmerje med aktivni in neaktivnimi počasniki 4:6 (40% aktivnih in 60% neaktivnih). V prvi petrijevki je bilo razmerje med aktivnimi in neaktivnimi počasniki 5:4 (55,6% in 44,4%), v drugi pa 7:2 (77,8% in 22,2%).

5.2.4 Poskus z magnetom

Pri poskusu z magnetom smo opazovali razporejanje počasnikov glede na oddaljenost od magneta. Največ počasnikov smo našli v prvem območju, ki je bil najbližje magnetu. Ta je bil od magneta oddaljen 1,5 – 3,5 cm. V tem območju smo našli 12 počasnikov, ki predstavljajo 52,2% vseh počasnikov, ki smo jih pri tem poskusu opazovali. V drugem območju, ki je bil od magneta oddaljen 3,5 – 5,5 cm, smo našli 7 počasnikov (30,4%). V tretjem območju, ki pa je bil od magneta oddaljen 5,5 – 7,5 cm, smo našli najmanj počasnikov in sicer 4 (17,4%).

6. Sklepi

6.1 Iskanje počasnikov

Kljub navedbam v literaturi, da lahko počasnike najdemo povsod, smo ugotovili, da iskanje primerkov ni tako preprosto. Sprva smo nekaj mesecev opazovali samo vzorce mahov, v katerih nismo našli niti enega počasnika. Našli pa smo mnogo drugih vrst mikroorganizmov, ki so brez problema v novih habitatih – petrijevkah živeli, in se tam tudi razmnoževali. Na prvega počasnika smo naleteli šele po nekaj mesecih raziskovanja v vzorcu lišaja. Od takrat naprej smo opazovali samo vzorce lišajev in lesa – sploh tistega, ki se je razgrajeval. V veliki večini vzorcev lišajev oziroma debel smo našli po vsaj 5 počasnikov.

Vzdrževanje počasnikov je relativno enostavno. Sposobni so preživeti tudi najbolj ekstremne razmere, vendar je njihova povprečna življenjska doba 3 – 30 dni. Zato smo v času dvomesečnega opazovanja opazili tudi zmanjšanje njihove števila. Opazili smo, da na teden izgubimo približno 2 počasnika.

V raziskovalni nalogi smo opazovali tudi aktivnost počasnikov tekom dneva. Ugotovili smo, da postanejo aktivni okrog dvanajste ure. Dopoldne se večinoma ne premikajo, prehranjujejo in gibajo se večinoma popoldne. Ta ugotovitev naše hipoteze glede največje aktivnosti dopoldne ne podpira, toda podpira prvi del hipoteze, ki pravi, da se aktivnost počasnikov tekom dneva spreminja.

6.2 Poskusi z abiotskimi dejavniki

Pri poskusu z barvnim krogom in svetlobo rdečega laserja smo opazovali odzive počasnikov na različno svetlobo. Ugotovili smo, da so se odzvali samo pri poskusu z barvami. Prvi poskus sicer ne podpira naše hipoteze glede zbiranja počasnikov na modri, zeleni in rjavi barvi; toda vseeno krepi predlog, da imajo sposobnost razločevanja barv. Drugi poskus naše hipoteze glede odzivnosti na svetlobo laserja ne podpira, saj nismo zaznali spremenjene aktivnosti.

Pri poskusu s sladkorjem smo ugotovili, da ima raztopina sladkorja na aktivnost počasnikov takšen vpliv, da jo poveča. Sklepamo, da imajo podoben vpliv tudi druga hranila, ki vsebujejo sladkor saharozo.

Zadnji, poskus z magnetom podpira našo hipotezo, da ima magnetizem vpliv na razporeditev počasnikov. S poskusom smo ugotovili, da je bila največja zgostitev v območju najbližje magnetu. S temi ugotovitvami sklepamo, da imajo počasniki, kot mnogo drugih živali, sistem zaznavanja magnetizma.

6.3 Predlogi za nadaljnje raziskovanje

Kljub po našem prepričanju dokaj inovativnemu pristopu k raziskovanju, kjer smo uporabili npr. prosojnico z barvnim krogom, magnet in lasersko svetlobo, pa vidimo tudi številne možnosti za nadaljnjo raziskovanje počasnikov. Kakovost raziskave bi lahko bistveno izboljšali predvsem s povečanjem števila opazovanih primerkov. Hkrati bi lahko počasnike izpostavljali še številnim drugim dražljajem in opazovali njihove odzive.

Pri raziskovanju se nam odpirajo naslednja vprašanja:

- Kakšna je vloga in vpliv počasnikov na biodiverziteto v različnih ekosistemih?
- Ali je prisotnost počasnikov pokazatelj stopnje onesnaženosti različnih ekosistemov?
- Ali je mogoče z regulacijo števila počasnikov vplivati na izboljšanje kakovosti ekosistemov?

7. Viri in literatura

- Barnes, R. (1982). *Invertebrate Zoology*. Philadelphia: Holt-Saunders International. Retrieved Februar 14, 2018
- Boothby, T. (2017, Marec 16). *NCBI*. Retrieved Marec 13, 2018, from PubMed: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28306513>
- Greven, H. (2007, December). *NCBI*. Retrieved Marec 13, 2018, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18089118>
- Hashimoto, T., Horikawa, D. D., Saito, Y., Kuwahara, H., Kozuka-Hata, H., Shin-I, T., . . . Kunieda, T. (2016, September 20). *Nature*. Retrieved Marec 13, 2018, from Nature Communications: <https://www.nature.com/articles/ncomms12808>
- Hill, U. O. (2004, November 29). *ScienceDaily*. Retrieved from ScienceDaily: www.sciencedaily.com/releases/2004/11/041129100043.htm
- ION*. (2011, November 10). Retrieved Marec 13, 2018, from Index to Organism Names: Organismnames.com
- Kinchin, I. (1994). *The Biology of Tardigrades*. Portland: Portland Press. Retrieved Marec 13, 2018
- Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S., Matsudaira, P., Baltimore, D., & Darnell, J. (2000). Microscopy and Cell Architecture. *Molecular Cell Biology*.
- McGuire, L. P., Jonasson, K. A., & Guglielmo, C. G. (2014, December 31). *PLOS*. Retrieved Marec 13, 2018, from PLOS one: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0115724>
- Mora, C. V., Davison, M., Wild, J. M., & Walker, M. M. (2004, November 25). *NCBI*. Retrieved Marec 14, 2018, from NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15565156?dopt=Abstract&holding=npg>
- Morgan, C. I. (1977). Population dynamics of two species of Tardigrada. *Journal of Animal Ecology*, 263-279.
- Mršič, N. (1997). *Živali naših tal: Uvod v pedzoologijo*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Rebbechi, L., Altiero, T., Guidetti, R., Cesari, M., Bertolani, R., Negroni, M., & Rizzo, A. (2009, Avgust). *NCBI*. Retrieved Marec 12, 2018, from NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19663764>
- Sket, B. (2003). *Živalstvo Slovenije*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.
- Tauger, N., & Gill, V. (2016, September 21). *BBC News*. Retrieved Marec 12, 2018, from <http://www.bbc.com/news/science-environment-37384466>
- Yr. (2018, Marec). Retrieved from <https://www.yr.no/>
- Yr.no. (2018, Marec 3). Retrieved Marec 3, 2018, from Yr.no: <https://www.yr.no/>

