

Okučene amebe kao bioindikatori sukcesijskih promjena na cretu Trstenik

Strelec, Sandra

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:217:164465>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-03**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Sandra Strelec

**Okučene amebe kao bioindikatori
sukcesijskih promjena na cretu Trstenik**

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Sandra Strelec

**Testate amoebae as bioindicators of
successional changes in vegetation at
Trstenik bog**

Master thesis

Zagreb, 2022.

Ovaj rad je izrađen u Laboratoriju za beskralježnjake na Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom prof. dr. sc. Renate Matoničkin Kepčija te komentorstvom mag. oecol. Vesne Gulin Beljak. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra edukacije biologije i kemije.

Veliko hvala docentici Andreji Brigić, voditeljici projekta unutar kojeg je proveden ovaj diplomski rad. Profesorici Renati Matoničkin Kepčija i asistentici Vesni Gulin Beljak zahvaljujem na trudu, strpljenju i srdačnosti. Posebno hvala i Petri Hus na nesebičnom dijeljenju znanja i na vremenu koje je utrošila kako bi mi pomogla s determinacijom okućenih ameba te na pruženoj moralnoj podršci. Zahvaljujem sestri na trudu i potpori, nećakinji na ljubavi i zabavi, Karli na svim druženjima, teti na svim nedjeljnim ručkovima, šogoru, obitelji i ostalim prijateljima na razumijevanju i na potpori koju su mi pružali tijekom mog školovanja s nadom da nakon fakulteta svi skupa plovimo u mirnije vode.

Ovaj diplomski rad posvećujem nećakinji: Because Love grows where my ~~Rosemary~~ Ema goes!

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Okučene amebe kao bioindikatori sukcesijskih promjena na cretu Trstenik

Sandra Strelec

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Cretovi su specifična vlažna staništa koje karakterizira prisutnost mahova tresetara. Cret Trstenik relikv je ledenog doba, a ugrožen je sukcesijskim promjenama u vegetaciji i širenjem trave modre beskoljenke. Okučene amebe su protisti koji u močvarnim staništima postižu veliku brojnost. Ciljevi istraživanja bili su: i) utvrditi postoji li razlika u sastavu zajednice okućenih ameba na različitim staništima unutar creta Trstenik (na tipičnim cretnim staništima i na staništima zahvaćenim sukcesijskim promjenama), ii) utvrditi utjecaj glavnih okolišnih čimbenika na sastav zajednice na tri različita staništa unutar creta Trstenik; te iii) odrediti indikatorske vrste na temelju kojih je moguće procijeniti utjecaj klimatskih promjena na bioraznolikost creta Trstenik. Ukupno je zabilježeno 58 vrsta okućenih ameba, pri čemu je najveća raznolikost utvrđena na tipičnom cretnom staništu, a najmanja na rubu creta. Na prostornu raspodjelu okućenih ameba na različitim staništima creta najviše je utjecala pH vrijednost. Abundancija značajnih indikatorskih vrsta za središte creta značajno pozitivno korelirala s vlažnošću tla i pH, dok abundancija značajnih indikatorskih vrsta za rub creta negativno korelirala sa vlažnošću tla. Indikatorske vrste pronađene na rubu creta karakteristične su za suha staništa. Rezultati ovog istraživanja pokazuju da je cret Trstenik još uvijek ekosustav relativno visoke raznolikosti vrsta okućenih ameba, ali i da su sukcesijske promjene vidljive na pojedinim dijelovima creta i moguće ih je detektirati na mikroskali.

Ključne riječi: tresetišta, ekologija, klimatske promjene, raznolikost, vlažnost, pH
(41 stranica, 21 slika, 3 tablice, 47 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: Prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

Komentor: mag. oecol. Vesna Gulin Beljak

Ocjenitelji:

Prof.dr.sc. Renata Matoničkin Kepčija

Doc. dr. sc. Mirela Sertić Perić

Izv. prof. dr. sc. Draginja Mrvoš-Sermek

Rad prihvaćen: 8.9.2022

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master Thesis

Testate amoebae as bioindicators of successional changes in vegetation at Trstenik bog

Sandra Strelec

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Bogs are specific wet habitats where various species of *Sphagnum* mosses predominate. The Trstenik bog is a relic from the Ice Age, currently threatened by successional changes in vegetation and the spread of purple moor-grass. Testate amoebae are a polyphyletic group of protists particularly numerous and diverse in peat bogs. The objectives of the study were to: i) determine whether there are differences in testate amoeba community composition in different habitats in Trstenik bog; ii) determine the effects of key environmental factors on testate amoeba community composition; and iii) identify potential indicator species. A total of 58 species of testate amoebae were recorded. The highest diversity of species was recorded in the typical bog habitat, while the bog edge had the lowest diversity. pH was the most important environmental factor determining the spatial distribution of species among the three habitats. Abundance of the indicator species identified for the typical bog habitat was positively correlated with soil moisture and pH, while the abundance of those identified for the bog edge was negatively correlated with soil moisture. The results of this study show that the Trstenik bog continues to have high diversity of testate amoeba species, but that successional changes are present and can be successfully detected at the microscale.

Keywords: peatlands, ecology, climate change, diversity, moisture, pH
(41 pages, 21 figures, 3 tables, 47 references, original in: Croatian)
Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: prof. Renata Matoničkin Kepčija, PhD

Co-mentor: Research and Teaching Assistant Vesna Gulin Beljak, mag. oecol.

Reviewers:

Asst. Prof. Mirela Sertić Perić, PhD

Assoc. Prof. Draganja Mrvoš-Sermek, PhD

Prof. Renata Matoničkin Kepčija, PhD

Thesis accepted: 8.9.2022.

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. CRETOVI	1
1.2. CRETOVI U HRVATSKOJ	4
1.3. OKUĆENE AMEBE	9
1.4. ZNAČAJNI RODOVI OKUĆENIH AMEBA	11
1.4.1. <i>Alabasta</i>	11
1.4.2. <i>Arcella</i>	11
1.4.3. <i>Assulina</i>	11
1.4.4. <i>Centropyxis</i>	11
1.4.5. <i>Corythion</i>	12
1.4.6. <i>Cyclopyxis</i>	12
1.4.7. <i>Cyphoderia</i>	12
1.4.8. <i>Diffugia</i>	12
1.4.9. <i>Euglypha</i>	13
1.4.10. <i>Galeripora</i>	13
1.4.11. <i>Heleopera</i>	13
1.4.12. <i>Hyalosphenia</i>	13
1.4.13. <i>Nebela</i>	13
1.4.14. <i>Padaungiella</i>	14
1.4.15. <i>Quadrulella</i>	14
1.4.16. <i>Sphenoderia</i>	14
1.4.17. <i>Tracheleuglypha</i>	14
1.4.18. <i>Trachelocorytion</i>	15
1.4.19. <i>Trigonopyxis</i>	15
1.4.20. <i>Trinema</i>	15
2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA	16
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA	17
3.1. CRET TRSTENIK	17
4. MATERIJALI I METODE	18
5. REZULTATI	22
5.1. Sastav zajednice okućenih ameba na cretu Trstenik	22
5.2. Okolišni čimbenici	26

5.3. Odnos zajednice okućenih ameba i okolišnih čimbenika	31
6. RASPRAVA	34
7. ZAKLJUČAK	36
8. LITERATURA	37

1. UVOD

1.1. CRETOVI

Cretovi (engl. *mires, peat bogs*) su specifična vlažna staništa kojima dominiraju mahovine, posebice razne vrste mahova tresetara (rod *Sphagnum* Linnaeus, 1753) (Rydin i Jeglum 2006). Mahovi tresetari (Slika 1) imaju veliku sposobnost upijanja vode u svojim stanicama (nalik spužvama) pa stoga cretovi u narodu često dobivaju imena “sunger” ili “sunderak” npr. cret Sungerski lug u Gorkom kotaru. Mah tresetar pripada podrazredu pravih mahovina (Bryidae), nema provodne elemente, a zahvaljujući primanju i pohrani vode u mrtvim stanicama masa mu može narasti i do 20 puta. Ima kuglaste tobolece koji nakon sazrijevanja bučno pucaju i rasipaju svoje spore. Kiselost cretova u velikoj je mjeri posljedica prisutnosti fenolskih spojeva u stijenkama uginulih stanica maha tresetara koji potpomažu izmjenu iona. Rastuće biljke ekstrahiraju metalne katione iz vode i oslobađaju ione vodika te održavaju kiselost na oko pH 4 (Nikolić 2013). Mah tresetar neprestano raste, dok njegovi donji dijelovi neprestano odumiru i postaju dijelom treseta.



Slika 1. Mah tresetar na cretu Sungerski lug (foto: Sandra Strelec)

Cretovima pogoduje umjereno hladna i vlažna klima te su stoga najrašireniji na sjeveru Europe, Azije i Sjeverne Amerike (Montanarella i sur. 2006). Hrvatska predstavlja krajnji južni dio njihovog areala stoga su na području Hrvatske rijetki, lokalno izolirani i malih površina. U Europi se smatraju najugroženijim tipom staništa (Buchholz i sur. 2009), a u Hrvatskoj spadaju u kritično ugrožena staništa (Topić i Vukelić 2009). Cretove karakterizira mala koncentracija hranjivih tvari, prezasićenost vodom i niska koncentracija kisika u tlu zbog čega je proces razgradnje organske tvari usporen te dolazi do stvaranja treseta. Treset (Slika 2) je talog nastao nepotpunom razgradnjom biljnih ostataka koji s

geološkog aspekta predstavlja primarnu fazu nastanka ugljena (Rydin i Jeglum 2006). Tresetište (engl. *peatland*) je izraz koji se koristi za teren prekriven tresetom, a minimalna dubina treseta da bi se lokacija klasificirala kao tresetište varira, ovisno o nacionalnim klasifikacijskim sustavima. U Kanadi granica iznosi 40 cm, dok u većini ostalih zemalja iznosi 30 cm (Joosten i Clarke 2002). Prema nekim shvaćanjima, cret je širi pojam od tresetišta jer se treset može nakupljati na cretovima koji nemaju potrebnu dubinu treseta da se klasificiraju kao tresetišta. Prema drugim shvaćanjima, cret je uži pojam od tresetišta budući da isušeno područje creta s kojeg se iskopava treset spada u tresetište, no zbog toga što nema živih biljaka koje stvaraju treset se ne može smatrati cretom. Cret je naziv koji se koristi u botaničkim i ekološkim istraživanjima vegetacijskih vrsta ili procesa stvaranja treseta, dok se naziv tresetište češće koristi u šumarstvu i gospodarenju zemljištem gdje je ograničenje dubine treseta ključno (Rydin i Jeglum 2006). Treset se tradicionalno koristio kao sirovina za ogrjev, a danas se najčešće upotrebljava u hortikulturi za izradu supstrata za biljke.



Slika 2. Iskopavanje treseta (foto: Derek Mayes, preuzeto s <https://www.geograph.org.uk/photo/2301210>)

U Europi tresetišta zauzimaju 7 % kopnene površine što čini 0,5 milijuna km² (Montanarella i sur. 2006). Tresetišta su od iznimne važnosti jer sekvstriraju, odnosno uklanjaju ugljik iz atmosfere (Fei i sur. 2022). Također pomažu u filtriranju vode, usporavaju protok oborinskih voda te sprječavaju nepoželjne poplave. Procjenjuje se da se približno trećina svjetskog ugljika u tlu nalazi upravo u tresetištima, što je više od polovice trenutne koncentracije ugljikovog dioksida (CO₂) u atmosferi (Rydin i Jeglum 2006). Upravo zbog ogromnih zaliha ugljika i dušika predstavljaju strateška mjesta za ublažavanje klimatskih promjena (Günther i sur. 2020). Isušivanjem tresetišta u atmosferu se ispušta ugljik u obliku ugljikovog dioksida. Iako ponovno vlaženje tresetišta učinkovito zaustavlja emisiju ugljikovog dioksida, uspostavlja se emisija metana (CH₄) koji je uz ugljikov dioksid značajni staklenički plin koji pridonosi klimatskim promjenama. Ipak, rezultati istraživanja pokazuju da ukupno smanjenje

emisije ugljikovog dioksida prilikom ponovnog vlaženja tresetišta značajno nadmašuje negativan učinak ispuštanja metana (Günther i sur. 2020).

Prema podrijetlu vode i količini nutrijenata, cretovi se mogu podijeliti na ombotrofne cretove (engl. *bogs*), koji svu vodu i nutrijente primaju iz atmosfere te na minerotrofne cretove, koji vodu i nutrijente primaju iz podzemnih voda ili površinskim tokovima (engl. *fens*). Na temelju hidrološkog režima u vrijeme njihovog postanka, cretove možemo podijeliti na ombrogene cretove, koji su izolirani od matične podloge te su se napajali samo oborinskom vodom te na minerogene cretove, koji su nastali pod utjecajem podzemnih voda te su u trajnom kontaktu s mineralnim sastavom matičnog supstrata na kojem su se razvili (Rydin i Jeglum 2006). Minerogeni se cretovi mogu dalje podijeliti na: topogene, ravne ili niske kod kojih je voda prisutna statički kao rezultat samog položaja creta; soligene, nadignute ili visoke kod kojih je prisutan protok tekuće vode kroz sam treset ili po površini supstrata te na limnogene, kod kojih je prisustvo vode osigurala neposredna blizina jezera, rijeke ili kanala koji periodički poplavljuju okolno područje (Rydin i Jeglum 2006). Na temelju produktivnosti creta i dostupnosti nutrijenata, cretove možemo podijeliti na oligotrofne, mezotrofne i eutrofne. Oligotrofni cretovi su slabo produktivni i nemaju dostupne nutrijente poput fosfora i dušika. U njih se većinom ubrajaju ombrogeni i ponekad minerogeni cretovi niskog pH. Poznati su slučajevi oligotrofije i kod minerogenih cretova s visokom pH vrijednošću koji su bogati kalcijevim ionima, jer tada fosfor nije dostupan nutrijent uslijed formiranja slabo topljivih kalcijevih fosfata (Rydin i Jeglum 2006).

Klimatske promjene dovele su do progresivnih promjena u strukturi vegetacije i zarastanja cretova, a u kombinaciji s negativnim antropogenim utjecajem u vidu isušivanja i prenamjene zemljišta, naposljetku i do njihovog nestanka (Topić i Stančić 2006). U Hrvatskoj postoji nekoliko manjih cretova koji zbog sve suše i toplije klime, ali i antropogenog utjecaja polako zarastaju i podliježu sukcesiji. Sukcesija se može definirati kao proces smjenjivanja populacija, odnosno proces promjene strukture biocenoza u vremenu nakon nekog prirodnog ili antropogenog poremećaja (Chang i Turner 2019). Primarne sukcesijske promjene se zbivaju na prethodno nenastanjenim područjima, odnosno novim staništima, dok su sekundarne one koje se zbivaju na prethodno nastanjenim područjima, odnosno nakon promjena postojećih biocenoza. Sukcesija se zbiva do određene završne točke - klimaksa gdje se uspostavlja dinamička ravnoteža te biocenoze.

1.2. CRETOVI U HRVATSKOJ

Najpoznatiji cretovi u Hrvatskoj su: cret Dubravica u Hrvatskom zagorju, cret Đon Močvar kod Blatuše, cret Trstenik kod Klane u blizini Rijeke, cret Sungerski lug kod Mrkoplja u Gorskom kotaru, bazofilni cretovi uz rijeku Dretulju kod Plaškog, acidofilni cret u dolini Matice unutar Plitvičkih jezera te bazofilni cret unutar Plitvičkih jezera. Zbog specifičnih uvjeta na staništu, biljke i životinje cretnih područja morale su razviti posebne prilagodbe, a nestajanjem cretnih staništa uslijed sukcesije, nestaju i biljne vrste koje su za njih karakteristične. Tako je npr. Sungerski lug jedino poznato nalazište borealne vrste močvarnog zmijanca (*Calla palustris* L.) (Slika 3) u Hrvatskoj gdje ta vrsta raste u cretnoj vegetaciji unutar šume jele i rebrače (Topić i Ilijanić 1989).



Slika 3. Dvije jedinke vrste *Calla palustris* L. označene strelicom na cretu Sungerski lug (foto: Sandra Strelec)

Na vlažnim cretnim staništima također možemo pronaći kritično ugrožene i strogo zaštićene vrste biljki mesožderki kao što su: okruglolisna rosika (*Drosera rotundifolia* L.) i tustica kukcolovka (*Pinguicula vulgaris* L.). Tustica kukcolovka (Slika 4) raste na cretovima uz rijeku Dretulju kod Plaškog te na bazofilnom cretu na Plitvičkim jezerima. Okruglolisna rosika raste na cretu Dubravica, cretu Đon Močvar te na prijelaznom acidofilnom cretu u dolini Matice unutar Plitvičkih jezera (Topić i Stančić 2006) gdje raste i mala mješinka (*Utricularia minor* L.) koja je u Hrvatskoj rijetka vrsta. Na cretu Đon močvar zabilježeno je najviše jedinki cretne breze (*Betula pubescens* Ehrh.) na području Hrvatske.

Cretna breza je kritično ugrožena svojta u flori Hrvatske i jedine poznate lokacije na koja raste su ispod sela Gradišće u okolici Samobora i na cretu Đon močvar (Petković 2017).



Slika 4. Tustica kukcolovka (foto: Jörg Hempe, preuzeto s https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinguicula_vulgaris_LC0331.jpg)

Prema priručniku za određivanje kopnenih staništa u Hrvatskoj i Direktivi o staništima Europske unije, cret na Trsteniku možemo smatrati kompleksnim cretom (engl. *blanket bog*). Kompleksni cretovi pojavljuju se na ravnim ili nagnutim terenima sa slabom površinskom odvodnjom, u uvjetima umjerene klime s mnogo oborina (Topić i Vukelić 2009). S obzirom na klimu, uglavnom su rasprostranjeni u Velikoj Britaniji i Irskoj, a rjeđe ih možemo pronaći u ostalim dijelovima Europe. Često nastaju nakon degradacije nadignutih cretova tako se uklapajući u kompleks močvarno-cretnih staništa različitih zajednica (Topić i Vukelić 2009). Kompleksim cretovima, pa tako i cretu Trstenik, svojstvene su vrste cretna suhoperka (*Eriophorum vaginatum* L.), mah tresetar (*Sphagnum* spp.), vrijesak (*Calluna vulgaris* L.), brusnica (*Vaccinium vidis-idaea* L.), petoprst (*Potentilla erecta* L.), prosasti šaš (*Carex panicea* L.) i trava modra beskoljenka (*Molinia caerulea* (L.) Moench).

Cret Trstenik botanički je istraživao Ivo Horvat ga te ga je 1963. godine opisao kao sastojinu vrsta maha tresetara i krutog vlaska (*Sphagnum medium-Polytrichum strictum*). Palinološki su cret 1960. istraživali Aleksandar Gigov i Vojislav Nikolić te 1971. Alojz Šercelj. Degradacija creta već je tada bila uočljiva jer su osim mahova tresetara nedostajale više biljke cvjetnjače značajne za nadignute cretove

sjevernih područja, a krenulo je naseljavanje biljaka močvarnih travnjaka i planinskih vriština kiselih staništa (Topić i sur. 2006). Proces degradacije se nastavlja i danas prvenstveno zbog klimatskih promjena i previsokih temperatura nepovoljnih za taj tip staništa i vegetaciju. Ubrzani se proces razgradnje creta događa i zbog izostanaka tradicionalnog načina gospodarenja te promjene vodnog režima na staništu izazvanih kaptiranjem izvora pitke vode uz istočni rub creta te davnom izgradnjom kanala za odvodnju na cretu čime je bitno poremećen nekadašnji prirodni vodni režim. Kanali su iskopani kako bi se poboljšali stanišni uvjeti za naseljavanje i rast šume, a pritom se nije vodilo računa o očuvanju raznolikosti staništa i biološke raznolikosti. Zbog toga je proces degradacije krenuo napredovati sve brže što je vidljivo nazadovanjem rijetkih mahova tresetara i rijetkih cretnih cvjetnica hrvatske flore, kao što su kritično ugrožene uskolisna suhoperka (*Eriophorum angustifolium* Honck.) i rukavičasta suhoperka (*E. vaginatum* L.) (Slika 5). Rukavičasta suhoperka je prvi put pronađena na cretu Trstenik 18.5.2000. godine te je Trstenik ujedno i jedino nalazište te vrste unutar Hrvatske (Ilijanić i Topić 2002).



Slika 5. Rukavičasta suhoperka (preuzeto s https://en.wikipedia.org/wiki/Eriophorum_vaginatum#/media/File:Eriophorum_vaginatum_close.jpg)

Vrsta buhin šaš (*Carex pulicaris* L.) (Slika 6) pronađena je 2001. godine na cretu u Trsteniku što je prvi nalaz te vrste u Hrvatskoj, a ujedno predstavlja i južnu granicu areala te vrste (Topić i Ilijanić 2001).



Slika 6. Buhin šaš (foto: Ivar Leidus, preuzeto s https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carex_pulicaris_-_Keila.jpg)

Potiskujući prethodno nabrojane cretne vrste, danas na cretu u Trsteniku prevladava trava beskoljenka (*M. caerulea* L.) (Slika 7) koja vrlo agresivno osvaja područje. Ljeti u vrijeme cvatnje posebno se ističe svojim metlicama koje daju izgled čitavoj površini ceta. Cretne vrste su svjetloljubive i ne podnose zasjenu te se njihova brojnost smanjuje sve većim bujanjem trave modre beskoljenke koja uz stvaranje zasjene također i isušuje stanište (Topić i Vukelić 2009).



Slika 7. Modra beskoljenka na cretu Trstenik (foto: Vesna Gulin Beljak)

Modra beskoljenka svojim snažnim sustavom korijenja stvara uvjete za naseljavanje drugih biljaka pa mjestimice možemo pronaći grmove običnog vrijeska (*Calluna vulgaris* L.), obične borovnice

(*Vaccinium myrtillus* L.) i brusnice (*Vaccinium vitis-idaea* L.) te grmove smreke (*Picea abies* (L.) Karsten) koje spadaju u biljke brdskih i planinskih vriština, odnosno crnogoričnih šuma na kiselj podlozi (Topić i sur. 2006). Na cretu raste i nekoliko velikih stabala smreke koje su rasadište sjemenaka za prirodno širenje podmlatka. U mladoj smrekovoj sastojini koja zarasta rubni dio creta je 2010. godine pronađena gljiva golema dvoprstenka (*Catathelasma imperiale* (Quél.) Singer) (Slika 8) koja se nalazi u Crvenoj knjizi gljiva Hrvatske. Zabilježena je samo na samo dva lokaliteta u Gorskom kotaru jer je kao mikorizna vrsta gljive vezana uglavnom uz šume smreke i jele odnosno crnogorične šume borealnog tipa (Randić 2017).



Slika 8. Golema dvoprstenka (foto: Sava Krstic, preuzeto s https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Catathelasma_imperiale_107604.jpg)

Kroz proteklih nekoliko godina uvidjelo se kako su neki od zahvata koji su provedeni na cretu bili štetni te su se poduzele određene akcije kako bi se cret pokušalo spasiti. Projekt revitalizacije creta započeo je 2009. godine kada su zatrpani drenažni kanali, pokosila se trava modra beskoljenka, posječena su stabla i grmovi na cretu koji su stvarali zasjenu, a mahovi tresetari su presađeni kako bi im se povećala brojnost na staništu (Priroda Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode 2017). Ovakve kratkotrajne intervencije bile su korisne, no potrebno je odrediti stalne mjere kako bi se taj cret moglo sačuvati. Kako bi se donijele što konkretnije mjere potrebno je kontinuirano pratiti promjene ekoloških prilika na staništu, ponajprije vodni režim te promjene u sastavu biljnog i životinjskog svijeta.

1.3. OKUĆENE AMEBE

Termin okućene amebe se koristi kako bi se ujedinjeno opisalo slobodnoživuće jednostanične eukariote s ameboidnom stanicom prekrivenom ekstracelularnom kućicom koja najčešće ima jedan otvor (aperturu) (Slika 9) iz kojeg izlaze lobožni (lobopodiji) ili filozni pseudopodiji (filopodiji). Prosječna veličina okućenih ameba se kreće od 20 do 200 μm . Kućica im je glavno taksonomsko obilježje, a može biti organska - proteinska, vapnenjačka, silikatna ili aglutinirana (Todorov i Bankov 2019). Ameboidna stanica je okružena tankom i elastičnom plazmalemom s brojnim mikrotubulima i mikrofilamentima koji grade citoskelet. Citoplazma je najčešće podijeljena u dvije zone: granularnu anteriornu i posteriornu zonu. U anteriornoj zoni nalaze se hranidbeni mjehurići koji su zaduženi za procese probave te mnogobrojni mitohondriji i vezikule koje sadrže organski cement. Posteriorna zona sadrži jezgru koja je okružena kompaktnom masom zrnatog endoplazmatskog retikuluma, ribosome, jedan ili više Golgijevih tijela te nekoliko kontraktilnih vakuola koje služe za osmoregulaciju i smještene su lateralno od jezgre (Todorov i Bankov 2019). Okućene amebe se najčešće razmnožavaju nespolno binarnom diobom, a zabilježeno je i spolno razmnožavanje (Hofstatter i sur. 2018). U nepovoljnim uvjetima stvaraju ciste pri čemu se apertura kućice zatvori te dolazi do dehidracije i smanjenja volumena citoplazme, koja formira manje-više pravilnu kuglu. Nepovoljnim okolišnim uvjetima smatraju se suša, nedostatak kisika, ekstremno visoke ili ekstremno niske temperature te manjak hrane.



Slika 9. *Galeripora catinus* (Penard, 1890) González-Miguéns et al., 2021 (foto: Sandra Strelec)

Zahvaljujući napretku u molekularnoj filogeniji poznato je da su okućene amebe polifiletska „skupina“ koja obuhvaća skupine koje ubrajamo u tri velike, filogenetski nepovezane taksonomske skupine jednostaničnih eukariota: Amoebozoa, Stramenopiles i Cercozoa (Adl i sur. 2019). Važni su vršni predatori u mikrobnim hranidbenim mrežama te doprinose kruženju hranjivih tvari. Hrane se

bakterijama, algama i gljivama, ali i drugim praživotinjama, uključujući druge okućene amebe. Veće vrste mogu za hranu uzeti i manje beskralježnjake, kao što su oblići i kolnjaci (Todorov i Bankov 2019). Posebice su važne u ciklusima kruženja dušika, ugljika i silicija u tlu češći pokazatelj hidroloških promjena u paleoekološkim istraživanjima (Marcisz i sur. 2020). U močvarnim staništima postižu veliku brojnost, a posebno su brojne i raznolike na tresetištima. Područja njihove rasprostranjenosti odraz su njihovih specifičnih prilagodbi širokom rasponu raznih okolišnih čimbenika kao što su vlažnost staništa, dostupnost i količina hranjivih tvari i pH vrijednost. Struktura zajednice okućenih amebe pokazuje korelaciju s dubinom vode, vodnim režimom, kemijom okoliša u kojem se nalaze te prisutnošću različitih onečišćivača, a poznavanje dinamike njihove zajednice i njihove povezanosti s cjelokupnim funkcioniranjem ekosustava olakšava predviđanje budućih promjena okoliša uzrokovanih klimatskim promjenama (Marcisz i sur. 2020). Okućene amebe su uobičajene za cretove gdje postižu brojnost i do 16×10^6 jedinki po m^2 ili biomasom od $1g$ po m^2 (Heal 1962). Odlični su bioindikatori okolišnih uvjeta jer su brojne vrstama i raznolike u izgledu; zahvaljujući vršnoj poziciji u mikrobnom hranidbenom lancu značajni su pokazatelji različitih poremećaja i promjena; specifična morfologija kućice omogućuje lako određivanje svojti, a zahvaljujući prezervacijskom potencijalu relativno su česte u sedimentu. Cretovi koji obiluju mahovima tresetarima specifični su jer podržavaju veću raznolikost vrsta okućenih amebe nego što je slučaj kod ostalih mahovina i biljnih pokrova, a ovisno o uvjetima okoliša, okućene amebe pokazuju različitu vertikalnu i horizontalnu zonaciju (Glime 2017).

1.4. ZNAČAJNI RODOVI OKUĆENIH AMEBA

1.4.1. *Alabasta*

Kućica roda *Alabasta* je bezbojna ili žućkasta s maksimalnom širinom na oko dvije trećine od otvora aperture. Kućica je proteinska, a često sadrži ugrađene silikatne ljuske uzete iz plijena. Apertura je izrazito konveksna. U Europi su pronađene dvije vrste tog roda: *Alabasta longicollis* (Penard, 1890) i *A. militaris* (Penard, 1890) Duckert, Blandenier, Kosakyan and Singer, 2018. Obje vrste su karakteristične za područja nastanjena mahom tresetarom (<https://arcella.nl/genus-alabasta/>).

1.4.2. *Arcella*

Kućica roda *Arcella* je potpuno organska, većinom kružna sa središnjim invaginiranim otvorom koji je u mnogih vrsta okružen ovratnikom. Mlade kućice su bezbojne, dok starije postaju smeđe zbog skladištenja mangana i željeza. Ovaj rod okućenih ameba je jedan od najvećih i najčešćih s oko 50 opisanih vrsta. Nastanjuju eutrofne vode, močvare, mahovine, kao i mokro lišće, a neke vrste se također mogu naći u tlu (<https://arcella.nl/genus-alabasta/>).

1.4.3. *Assulina*

Kućica roda *Assulina* je organska, najčešće smeđe boje s eliptičnim pločicama složenim u pravilnom uzorku (Slika 10). Opisano je pet vrsta ovog roda, no teško ih je međusobno razlikovati. Najčešće vrste na području Europe su *Assulina muscorum* Greeff, 1888 i *A. semilunum* (Ehrenberg, 1848) koje se razlikuju po veličini. Kozmopolitski su rasprostranjene i žive u tlu, mahovinama i područjima s mahom tresetarom. (<https://arcella.nl/genus-alabasta/>).

1.4.4. *Centropyxis*

Kućica roda *Centropyxis* je od zrnatog organskog materijala. Ovisno o vrsti s više ili manje ugrađenih mineralnih čestica ili dijatomeja na dorzalnoj strani. Otvor aperture je najčešće kružan i pomaknut prema jednom kraju. Unutar roda je opisano više od 130 vrsta i varijeteta. Na stražnjem kraju kućice u nekih vrsta su prisutne bodlje (<https://arcella.nl/>).

1.4.5. *Corythion*

Kućica roda *Corythion* je ovalna, asimetrično komprimirana s invaginiranim kosim, polukružnim ili ovalnim otvorom aperture. Prednji dio kućice nalikuje žlici (Slika 10). Vrste ovog roda žive u tlu, mahovinama ili na mahu tresetaru (<https://arcella.nl/genus-alabasta/>).

1.4.6. *Cyclopyxis*

Kućica roda *Cyclopyxis* smeđe je boje, a sastoji se od aglutiniranih mineralnih čestica (Slika 10). Otvor aperture je kružni, invaginirani, ponekad s unutarnjom cijevi. Na rubu su često prisutne male mineralne čestice. Ovaj rod sastoji se od 30 vrsta i dvostruko više varijeteta. Vrste ovog roda žive na tlu i na mahu tresetaru. Najčešće vrste su *Cyclopyxis eurystoma* Deflandre, 1929 i *C. kahli* (Deflandre, 1929) (<https://arcella.nl/>).

1.4.7. *Cyphoderia*

Kućica roda *Cyphoderia* je izdužena i kruškolika, bezbojna ili žuto-smeđa, s kratkim cilindričnim i zakrivljenim vrhom (Slika 10). Pločice su male okruglog ili trokutastog oblika. Vrste ovog roda žive u slatkim vodama, na mahovinama, mahu tresetaru i detritusu (<https://arcella.nl/>).

1.4.8. *Diffflugia*

Diffflugia je rod okućenih ameba s aglutiniranom kućicom. Kućica je izgrađena od mineralnih čestica, poput kvarcnih fragmenata ili ljušturica algi kremenjašica. Takve strukture koje grade kućicu nazivaju se ksenosomi. Sve poznate vrste iz roda *Diffflugia* dobivaju svoje ksenosome iz svoje okoline te ih raspoređuju prema veličini i obliku kako bi konstruirale ljušтуру s morfologijom koja je jedinstvena za tu određenu vrstu. Neke od većih slatkovodnih vrsta koje žive u dubljim vodama sadrže endosimbiontske zelene alge ili zooklozele. *Diffflugia* je po godini u kojoj je opisana najstariji i vrstama najbogatiji rod okućenih ameba s više od 300 vrsta i mnoštvom podvrsta i varijeteta te se stoga često naziva „prenapučenim rodом“ (<https://arcella.nl/>).

1.4.9. *Euglypha*

Euglypha je rod okućenih ameba s izduženom ovalnom ili kruškolikom kućicom. Kućica je sastavljena od preklapajućih pločica od silicijevog dioksida raspoređenih u uzdužne redove (Slika 10). Otvor aperture je uvijek s nazubljenim pločicama. Unutar ovog roda zabilježeno je mnogo vrsta koje je teško identificirati jer su često dio kompleksa vrsta (<https://arcella.nl/>).

1.4.10. *Galeripora*

Kućice roda *Galeripora* izgrađene su isključivo od proteinskog organskog materijala. Oblik kućice podsjeća na zvono sa središnjim kružnim otvorom aperture i radijalnom simetrijom. Za rod *Galeripora* karakteristične su vrste s porama oko otvora aperture.

1.4.11. *Heleopera*

Kućice roda *Heleopera* su najčešće sastavljene od prikupljenih pločica drugih vrsta, mineralnih čestica ili algi kremenjašica, a često su ojačane silikatnim materijalom (Slika 10). Uvijek su lateralno pritisnute i najčešće bezbojne ili žućkaste, no prisutne su i crvenkaste i ljubičaste vrste. Otvor aperture najčešće je u obliku proreza. Vrste ovog roda žive na sedimentu slatkih voda, na mahovinama, mahu tresetaru i u tlu. (<https://arcella.nl/>).

1.4.12. *Hyalosphenia*

Kućica roda *Hyalosphenia* je kružna, zaobljena, izdužena eliptična ili u obliku tikvice (Slika 10). Otvor aperture varira od ravnog do jako zakrivljenog sa zadebljalom usnom. Kućica je najčešće blago žućkaste boje, a rub kućice u pojedinih vrsta valovit. Vrste prepoznatljive po valovitom rubu su *Hyalosphenia insecta* Harnisch, 1938 i *H. elegans* Leidy, 1874 (<https://arcella.nl/>).

1.4.13. *Nebela*

Kućica roda *Nebela* je zaobljena, jajolika ili kruškolika, ponekad s valovitim bočnim rubovima. Apertura je u širokom rasponu od linearne do jako zakrivljene. Žućkasata, hijalina kućica često je

ojačana kružnim ljuskastim pločicama iz plijena roda *Euglypha* (Slika 10), a ponekad i s elementima alga kremenjašica ili drugih malih mineralnih elemenata (<https://arcella.nl/>).

1.4.14. *Padaungiella*

Kućica roda *Padaungiella* razlikuje se od kućica roda *Nebela* po izrazito izduženom vratu zbog kojeg kućica ima oblik boce (Slika 10). Ime ovog roda potječe od imena plemena Padaung iz Burme gdje žene tradicionalno nose vrlo duge vratne prstenove što rezultira pojavom vrlo dugog vrata. Najčešće vrste su *Padaungiella tubulata* (Brown, 1911) Lara and Todorov, 2012 i *P. lageniformis* Penard, 1890 (<https://arcella.nl/>).

1.4.15. *Quadrulella*

Rod *Quadrueella* ima kruškoliku kućicu s bočnim stranama koje se sužavaju prema aperturi, često bez jasnog vrata. Rod *Quadrulella* se razlikuje od rodova *Nebela* i *Hyalosphenia* prema četvrtastim, silikatnim pločicama koje amebe same stvaraju procesom biomineralizacije. Vrste ovog roda žive na potopljenom mahu tresetaru (<https://arcella.nl/>).

1.4.16. *Sphenoderia*

Kućica roda *Sphenoderia* je bezbojna, okrugla ili jajolika. Prekrivena je preklapajućim eliptičnim ili gotovo kružnim ljuskama. Apertura je kružni ili ovalni prorez na kraju širokog, prozirnog ovratnika prekrivenog brojnim malim pločicama (<https://arcella.nl/>).

1.4.17. *Tracheleuglypha*

Kućica roda *Tracheleuglypha* je jajolika s kružnim ili ovalnim pločicama koje se međusobno preklapaju. Aperutra je okrugla i sadrži kratak i nazubljenim ovratnik. Vrste ovog roda hrane se biljem i žive na mahovinama, u tlu i na vodenoj vegetaciji (<https://arcella.nl/>).

1.4.18. *Trachelocorytion*

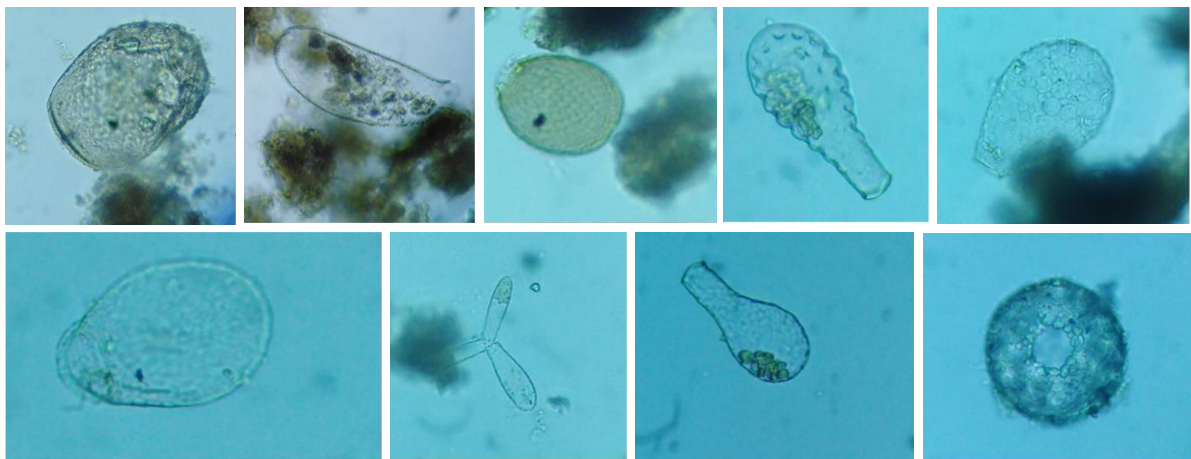
Kućica roda *Trachelocorytion* je jajolika s kratkim ovratnikom. Sastavljena je od ovalnih silikatnih ljuski koje su na područje aperture jako male i nisu nazubljene. Vrste ovog roda žive na mahovini, mahu tresetaru i u zemlji (<https://arcella.nl/>).

1.4.19. *Trigonopyxis*

Kućica roda *Trigonopyxis* je smeđa s invaginiranom aperturom koja je često trokutasta, ali može biti i nepravilna i uvijek je okružena prstenom od organskog materijala. Vrste ovog roda žive u kiselom šumskom tlu i mahovini i hrane se bakterijama i gljivicama (<https://arcella.nl/>).

1.4.20. *Trinema*

Kućica roda *Trinema* se sastoji od dvije vrste ljuski: velikih kružnih ploča i manjih kružnih ili eliptičnih ploča koje se preklapaju. Otvor aperture je udubljen okrugao ili ovalan. Vrste ovog roda vrlo su česte u vodi, između mahovina i u tlu (<https://arcella.nl/>).



Slika 10. Neki od značajnijih rodova okućenih ameba, redom: *Heleopera*, *Cyphoderia*, *Assulina*, *Hyalosphenia*, *Nebela*, *Corythion*, *Euglypha*, *Padaungiella*, *Cyclopyxis* (foto: Sandra Strelec)

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Ciljevi ovog diplomskog rada su utvrditi: i) postoji li razlika u sastavu zajednice okućenih ameba na različitim staništima unutar creta Trstenik koja su ili tipična cretna staništa ili staništa zahvaćena sukcesijskim promjenama (sukcesijsko stanište i rub creta); ii) odrediti utjecaj glavnih okolišnih čimbenika na sastav zajednice okućenih ameba na tri različita staništa unutar creta Trstenik; iii) odrediti indikatorske vrste okućenih ameba na temelju kojih je moguće procijeniti utjecaj klimatskih promjena na raznolikost vrsta okućenih ameba na cretu Trstenik.

Ovo istraživanje dio je projekta „Mjere prilagodbe klimatskim promjenama za održivo upravljanje prirodnim resursima - MEMORIE“ (K.K.05.1.1.02.0009) te pridonosi ciljevima projekta, odnosno prijedlogu mjera prilagodbe klimatskim promjenama.

ISTRAŽIVAČKE PRETPOSTAVKE (HIPOTEZE):

(H1) Zajednice okućenih ameba razlikuju se u sastavu vrsta na različitim staništima unutar creta Trstenik (središte creta, sukcesijsko stanište i rub creta).

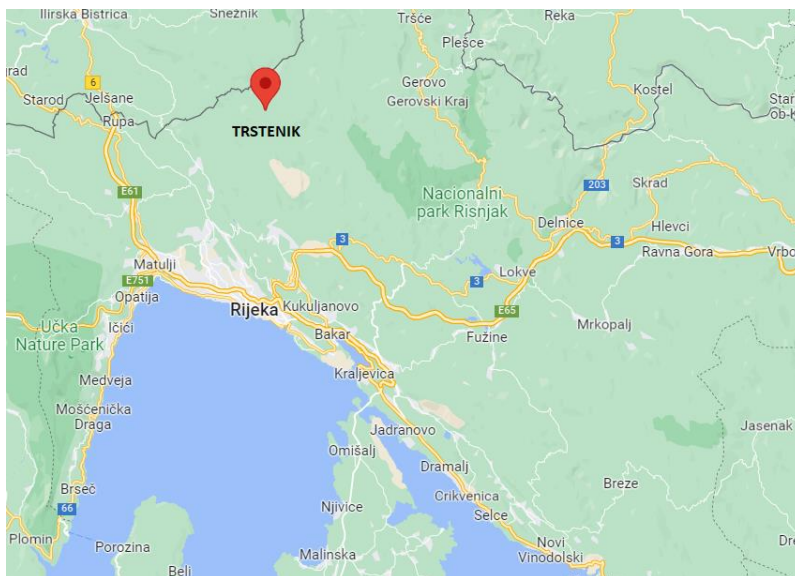
(H2) Najveća raznolikost vrsta okućenih ameba nalazi se na postajama u središtu creta.

(H3) Okućene amebe su dovoljno specifične (tj. razlikuju se prema abundanciji između staništa) da se mogu koristiti kao bioindikatori sukcesijskih promjena na cretovima.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. CRET TRSTENIK

Cret Trstenik smješten je u Primorsko-goranskoj županiji iznad Klane, nedaleko od slovenske granice, na nadmorskoj visini od oko 950 metara (Slika 11). Nalazi se u vegetacijskom pojasu prirodnih bukovo-jelovih šuma. Predstavlja relikv ledenog doba i ostatak nadignutog ombrotrofnog creta, s dubinom treseta od preko 2 m (Topić i Ilijanić 2001).



Slika 11. Geografski smještaj creta Trstenik (preuzeto s

<https://www.google.com/maps/place/Trstenik,+51217,+Klana/@45.343219,14.1241189,10z/data=!4m5!3m4!1s0x4764bbb73418a6d5:0x9d824140346f270d!8m2!3d45.494558!4d14.455082?hl=hr> i obrađeno)

Kao izrazito mrazište, udolina s cretom sadrži mnoštvo botanički, mikološki i faunistički značajnih vrsta i zajednica (Randić 2018). Ostatak nagnutog ombrotrofnog creta 2007. godine je uvršten u nacionalnu ekološku mrežu NATURA 2000 koja je sastavljena od područja važnih za očuvanje ugroženih vrsta i stanišnih tipova Europske unije s ciljem očuvanja ili ponovne uspostave povoljnog stanja za ugrožene i rijetke vrste te prirodne i poluprirodne stanišne tipove. Uz sam rub mrazišta rastu ostaci smrekove šume koji predstavlja značajni tip borealnog staništa (Randić 2018), dok se uokolo nadignutog dijela creta razvijaju fragmenti bazofilnog creta koji ima sasvim drugačiji florni sastav i ekologiju (Topić 2010).

4. MATERIJALI I METODE

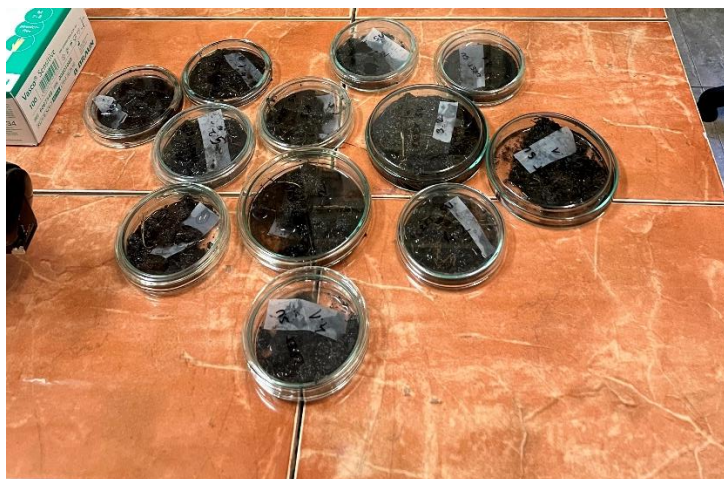
Okučene amebe su uzorkovane u tri glavna tipa staništa – na središtu creta (C) (Slika 12), sukcesijskom staništu (S) i rubu creta (R). Razlike među tipovima staništa temelje se na analizi vegetacije i svojstvima tla odnosno sedimenta. Unutar svakog tipa staništa odabrano je 6 postaja, a na svakoj postaji uzorkovanje je provedeno u dvije točke međusobno udaljene 5 m. Sa svih 18 postaja sakupljeno je ukupno 36 uzoraka. Kako bi se osigurala neovisnost replikata postaje su međusobno udaljene najmanje 50 metara. Uzorci su uzimani nekoliko puta u različitim razdobljima, a unutar ovog diplomskog rada obrađeni su uzorci s izlaska na teren 3.7.2021. te 31.7.2021, s obzirom na to da se u ljetnim mjesecima očekivala najveća brojnost zajednice.



Slika 12. Tri tipa staništa na cretu Trstenik: C - središte creta na kojem je prisutan mah tresetar; S - sukcesijsko stanište na kojem je vidljivo zarastanje travom modrom beskoljenkom; R - rub creta koji je natkriven četinjačama (foto: Vesna Gulin Beljak)

Prilikom svakog posjeta istraživanom području, na svakoj je postaji *in situ* mjereno nekoliko okolišnih čimbenika koji određuju mikroklimatske uvjete na staništu te time utječu na zajednice okućenih amebe. Temperatura zraka (°C) i vlažnost zraka (%) mjereni su termo-higrometrom TROTEC T200. Temperatura tla (°C) je mjerena na dubini od 5 cm pomoću P300 Dostmann digitalnog termometra (Dostmann Electronic, Wertheim, Germany); vlažnost tla (%) je mjerena uz pomoću FieldScout TDR100 higrometra (Spectrum Technologies, Inc., Bridgend, UK), a pH tla je mjerena FieldScout SoilStik pH-metrom.

Okučene amebe uzorkovane su iz površinskog sloja tla (dubina 7 cm) na način da je svaki replikat sadržavao 100 mL tla. Uzorci tla prebačeni su u Petrijeve zdjelice (Slika 13), unutar 24 h od uzorkovanja, prema metodi "*non-flooded Petri dish*" (Lee i Soldo 1992) i ostavljeni da se inkubiraju 6-7 dana. Od svakog uzorka uzeto je 3 mL i konzervirano u jednakom volumenu 4 %-tne otopine formalina.



Slika 13. Uzorci tla pripremljeni "Non-flooded Petri dish" metodom (foto: Vesna Gulin Beljak)

U svakom uzorku određeno je 100 jedinki okućenih ameba na način da su se pregledavali poduzorci od 0,5 mL dok se nije dostigao traženi broj jedinki. Iako standardna metoda koja omogućuje reprezentativne podatke o zajednici okućenih ameba podrazumijeva analizu 150 jedinki (Payne i Mitchell 2008), u slučaju velikog broja uzoraka, preporučuje se obraditi više uzoraka do 100 jedinki nego manji broj uzoraka do 150 jedinki. Prema autorima (Payne i Mitchell 2008), za određivanje svih vrsti koje se nalaze u uzorku u pravilu je dovoljno identificirati 100 jedinki okućenih ameba u uzorku. Determinacija je provedena mikroskopiranjem (Zeiss Primo Star) pri povećanjima 250x i 400x uz pomoć online ključa za determinaciju okućenih ameba: <https://arcella.nl> te odgovarajuće literature (Corbet 1973; Charman i sur. 2000; Todorov i Bankov 2019). Abundancija je izražena na način da se broj jedinki pojedine vrste podijelio s ukupnim brojem jedinki u replikatu.

U prikupljenim podacima analizirao se broj vrsta te indeksi raznolikosti i ujednačenosti (Shannon-Wienerov, Simpsonov i Pielouov indeks). Shannon-Wienerov indeks raznolikosti (H') je indeks proporcionalan vjerojatnosti da iz zajednice nasumice odaberemo dvije jedinice različite vrste (Ternjej i sur. 2019). Povećava se s brojem vrsta u zajednici, a izračunava se prema sljedećem izrazu:

$$H' = -\sum p_i \log_2(p_i)$$

Gdje je:

H' - Shannon-Wienerov indeks raznolikosti vrsta

p_i - udio vrste i u ukupnom uzorku ($p_i = \frac{n_i}{N}$ gdje je n_i broj jedinki pojedine

vrste, a N ukupan broj jedinki u uzorku).

Simpsonov indeks raznolikosti (D) predstavlja vjerojatnost da će prilikom slučajnog odabira iz zajednice dvije izabrane jedinke pripadati istoj vrsti, a izvorni indeks se izračunava prema sljedećem izrazu (Ternjej i sur. 2019):

$$D = \sum p_i^2$$

Gdje je:

D – Simpsonov indeks raznolikosti vrsta

p_i - udio vrste i u ukupnom uzorku ($p_i = \frac{n_i}{N}$, gdje je n_i broj jedinki pojedine vrste, a N ukupan broj jedinki u uzorku).

Pielouov indeks ujednačenosti je omjer Shannonovog indeksa raznolikosti (H') i maksimalnog mogućeg indeksa raznolikosti (H'_{max}), a izračunava se prema izrazu:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Gdje je:

J' - Pielouov indeks raznolikosti

H' - Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti

H'_{max} - maksimalna raznolikost

Za prikaz podataka upotrijebljene su standardne mjere deskriptivne statistike (srednja vrijednost, standardna greška). Prikaz podataka i statistička obrada podataka odrađeni su u programskom jeziku R (verzija 1.4.1717). Raspodjela podataka testirala se Shapiro-Wilk W testom, korištenjem funkcije *shapiro.test*. Shapiro-Wilk W test je jedan od najčešće upotrebljivanih i najpouzdanijih testova za potvrđivanje hipoteze o normalnoj raspodjeli gdje nam nulta hipoteza glasi da su podaci normalno raspodijeljeni kada je p vrijednost veća od 0,05. U slučaju normalne raspodjele, okolišni čimbenici, indeksi raznolikosti i ujednačenosti na različitim staništima uspoređeni su analizom varijance (ANOVA), funkcijom *res.aov* te Tukey *post hoc* testom, odnosno Kruskal-Wallis H testom (funkcijom *kruskal.test*) te Dunn *post hoc* testom (funkcijom *dunn.test*) kada nisu bili normalno raspodijeljeni. Analizom indikatorske vrijednosti (IndVal) metodom koju su razvili Dufrene i Legendre (1997) određene su potencijalne indikatorske vrste za svaki tip staništa. Analiza uzima u obzir prosječnu abundanciju vrste u „grupi“ (tipu staništa) i frekvenciju pojave vrste u pojedinoj grupi/staništu. IndVal

vrijednosti određene su korištenjem funkcije *inv/multipatt* iz paketa *indicspecies* (verzija 1.7.12) i prikazane oznakom "stat".

Abundancija pojedinih vrsta korelirana je s mikroklimatskim uvjetima na staništu pomoću Spearmanovog koeficijenta korelacije. Multivarijantnom linearnom analizom kanoničke redundancije (RDA) testiran je odnos zajednice okućenih ameba (abundancije) i okolišnih čimbenika (korištenjem funkcije *rda* iz paketa *vegan* (verzija 2.5.7.)) i prikazan korištenjem paketa *ggplot2* (verzija 3.3.5.). Neposredno prije provođenja RDA analize, provedena je detrendirana analiza korespondencije (DCA) korištenjem funkcije *decorana* čiji je rezultat odnosno duljina prve osi između 3 i 4 (3,8806) sugerirala korištenje ili CCA ili RDA prema „pravilu palca“ (Lepš i Šmilauer 2003). Iz RDA analize uklonjeni su okolišni čimbenici temperatura zraka (TZ) i vlažnost zraka (VZ) jer su značajno korelirani (provjereno funkcijom *sqr(vif.cca(my_rda))*), a njome su obuhvaćene samo vrste koje su pokazale značajnu IndVal vrijednost. Abundancija tih vrsta transformirana je Hellingerovom transformacijom, korištenjem funkcije *decostand*, prema Ramette (2007). Statistička značajnost osi analizirana je pomoću Monte-Carlo permutacijskog testa (999 permutacija).

5. REZULTATI

5.1. Sastav zajednice okućenih ameba na cretu Trstenik

U ukupno 71 prikupljen uzorak determinirano je 7 392 jedinke. Pronađeno je ukupno 58 vrsta okućenih ameba koje pripadaju u 24 različita roda (Tablica 1). Najveći broj vrsta (svih 58) zabilježen je na središtu creta (C). Zabilježen broj vrsta okućenih ameba je manji na sukcesijskom staništu (S) i iznosi 53. Najmanji broj vrsta okućenih ameba (42) zabilježen je na rubu creta (R).

Tablica 1. Popis vrsta okućenih ameba pronađenih na cretu Trstenik u srpnju 2021. godine

Vrsta
<i>Alabasta militaris</i> (Penard, 1890) Duckert, Blandenier, Kosakyan and Singer, 2018
<i>Arcella hemisphaerica</i> Perty, 1852
<i>Arcella rotundata</i> Playfair, 1918
<i>Assulina muscorum</i> Greeff, 1888
<i>Assulina seminulum</i> (Ehrenberg, 1848)
<i>Centropyxis aerophila</i> Deflandre, 1929
<i>Centropyxis constricta</i> (Ehrenberg, 1841) Penard, 1890
<i>Centropyxis elongate</i> (Penard, 1890) Thomas, 1959
<i>Centropyxis laevigata</i> Penard, 1890
<i>Centropyxis orbicularis</i> Deflandre, 1929
<i>Centropyxis platystoma</i> (Penard, 1890)
<i>Centropyxis sylvatica</i> (Deflandre, 1929 var.) Bonnet and Thomas, 1955
<i>Corythion constricta</i> (Certes, 1889) Jung, 1942
<i>Corythion dubium</i> Taranek, 1871
<i>Cyclopyxis eurystoma</i> Deflandre, 1929
<i>Cyclopyxis kahli</i> (Deflandre, 1929)
<i>Cyclopyxis puteus</i> Thomas, 1960
<i>Cyphoderia ampulla</i> (Ehrenberg, 1840)
<i>Diffugia lucida</i> Penard, 1890
<i>Diffugia penardi</i> Cash and Hopkinson, 1909
<i>Diffugia oblonga</i> Ehrenberg, 1838
<i>Euglypha compressa</i> Carter, 1864
<i>Euglypha cristata</i> Leidy, 1874
<i>Euglypha laevis</i> (Ehrenberg, 1845)

Tablica 1. nastavak

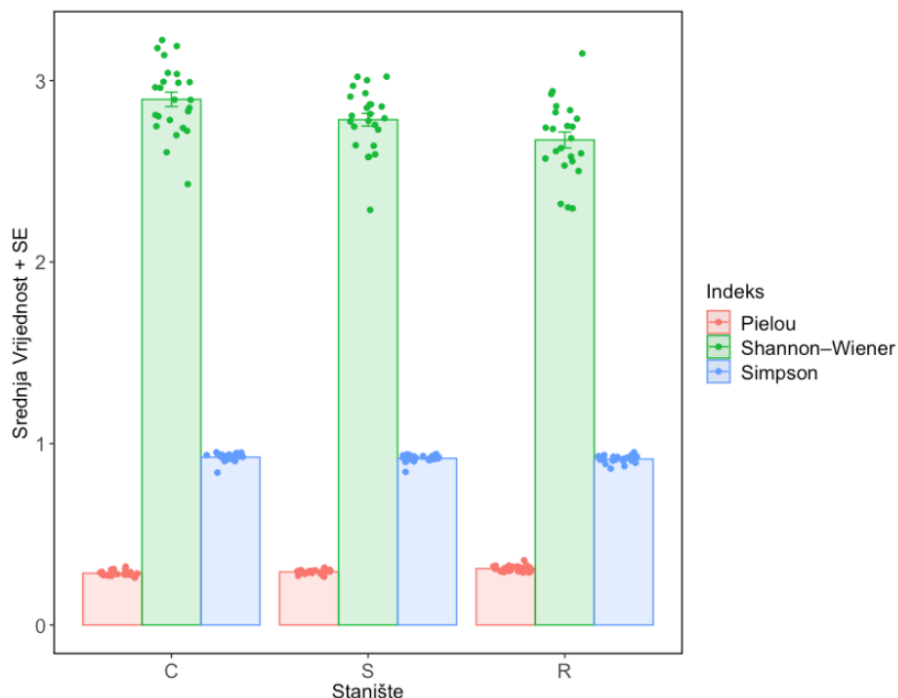
Vrsta
<i>Euglypha rotunda</i> (Ehrenberg, 1845)
<i>Euglypha rotunda</i> var. <i>minor</i> Wailes, Coûteaux (1978)
<i>Euglypha strigosa</i> (Ehrenberg, 1848) Leidy, 1878
<i>Euglypha tuberculata</i> Dujardin, 1841
<i>Galeripora catinus</i> (Penard, 1890) González-Miguéns et al., 2021
<i>Heleopera petricola</i> Leidy, 1879
<i>Heleopera rosea</i> Penard, 1890
<i>Heleopera sphagni</i> Leidy, 1874
<i>Heleopera sylvatica</i> Penard, 1890
<i>Hyalosphenia elegans</i> Leidy, 1874
<i>Hyalosphenia insecta</i> Harnisch, 1938
<i>Longinebela tubulosa</i> (Penard, 1890) Kosakyan et al., 2016
<i>Nebela bohémica</i> Taranek, 1882
<i>Nebela collaris</i> (Ehrenberg, 1848) sensu Kosakyan et Gomaa, 2013
<i>Nebela tinctoria</i> (Leidy) sensu Kosakyan et Lara, 2012
<i>Padaungiella lageniformis</i> Penard, 1890
<i>Padaungiella tubulata</i> (Brown, 1911) Lara and Todorov, 2012
<i>Phryganella hemisphaerica</i> (Penard, 1890) Penard, 1902
<i>Plagiopyxis callida</i> Penard, 1910
<i>Playfairina valkanovi</i> Golemansky, 1966
<i>Quadrullella symmetrica</i> (Wallich, 1863) Kosakyan et al., 2016
<i>Quadrullella variabilis</i> Kosakyan et al., 2016
<i>Sphenoderia fissirostris</i> Penard, 1890
<i>Sphenoderia lenta</i> Schlumberger, 1845
<i>Sphenoderia minuta</i> Deflandre, 1931
<i>Tracheleuglypha dentata</i> (Vejdovsky, 1882) Deflandre, 1928
<i>Trachelocorythion pulchellum</i> (Penard, 1890)
<i>Trigonopyxis arcula</i> Penard, 1912
<i>Trinema complanatum</i> Penard, 1890
<i>Trinema enchelys</i> (Ehrenberg, 1838)
<i>Trinema galeata</i> (Penard, 1890) Jung, 1942
<i>Trinema grandis</i> (Chardez, 1960) Golemansky, 1963
<i>Trinema lineare</i> Penard, 1890

Srednje vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti, Simpsonovog indeksa te Pielouvog indeksa ujednačenosti na istraživanim staništima C, S i R prikazane su na Slici 14.

S obzirom na to da je rezultat Shapiro-Wilk W testa za vrijednosti Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti pokazao da su podaci normalni raspodijeljeni ($W = 0,9781$, $p = 0,2503$), razlike među staništima testirane su ANOVA testom koji je pokazao da postoje statistički značajne razlike u vrijednostima između istraživanih staništa ($F(2,68) = 7,951$, $p < 0,001$). Prema Tukey *post hoc* testu značajno se razlikuju staništa C i R ($p < 0,0001$) dok statistički značajne razlike ne postoje između staništa C i S te između staništa S i R.

Rezultat Shapiro-Wilk W testa za Simpsonov indeks ($W = 0,8749$, $p < 0,05$) ukazali su na to da podaci nisu normalno raspodijeljeni stoga su razlike među staništima testirane neparametrijskim Kruskal-Wallis H testom koji je pokazao da ne postoje značajne razlike između sastava zajednice okućenih ameba na staništima C, S i R s obzirom na vrijednosti Simpsonovog indeksa raznolikosti ($p > 0,05$).

Za Pielouv indeks ujednačenosti rezultat Shapiro-Wilk H testa ($W = 0,9738$, $p = 0,1426$) pokazao je da su podaci normalno distribuirani stoga su razlike među staništima testirane ANOVA testom koji je pokazao da postoje statistički značajne razlike u sastavu zajednice okućenih ameba između istraživanih staništa ($F(2,68) = 21,280$, $p < 0,001$). Prema Tukey *post hoc* testu potvrđene su statistički značajne razlike između sastava zajednice okućenih ameba staništa C i R ($p < 0,0001$) te između staništa S i R ($p < 0,0001$). Statistički značajne razlike između sastava zajednice okućenih ameba staništa C i S nisu utvrđene ($p > 0,05$).



Slika 14. Srednje vrijednosti Shannonov-Wienerovog indeksa raznolikosti, Simpsonovog indeksa te Pielouvog indeksa ujednačenosti na istraživanim staništima; u prikazu su osim srednje vrijednosti i standardne pogreške prikazane i pojedinačne vrijednosti

Vrste s najvećom abundacijom u uzorcima bile su: *Cyclopyxis eurystoma* (12,05 % od ukupnog broja okućenih ameba), *Trinema lineare* (9,65 %), *Euglypha rotunda* (8,74 %), *Centropyxis aerophila* (5,49 %), *Padaungella tubulata* (4,67 %), *Euglypha cristata* (3,68 %), *Centropyxis elongata* (3,48 %), *Centropix constricta* (3,37 %) i *Trinema enchelys* (3,18 %). Ovih 9 vrsta čini više od 50 % ukupnog broja jedinki u uzorcima (54,31 %).

IndVal analizom izdvojeno je 17 indikatorskih vrsti od kojih je 12 na staništu C, dvije na staništu S i tri na staništu R (Tablica 2). Indikatorske vrste za stanište C su: *Sphenoderia fissirostris*, *Euglypha strigosa*, *Hyalosphenia elegans*, *Hyalosphenia insecta*, *Longinebela tubulosa*, *Quadrullella variabilis*, *Quadrullella symmetrica*, *Heleopera petricola*, *Heleopera sylvatica*, *Heleopera rosea*, *Trachelocorythion pulchellum* i *Nebela tincta*. Indikatorske vrste za stanište S su *Padaungiella lageniformis* i *Centropyxis laevigata*, a za stanište R *Euglypha rotunda* var. *minor*, *Euglypha cristata* i *Plagiopyxis callida*.

Tablica 2. Indikatorske vrste za pojedina staništa poredane po p vrijednosti

Stanište C	stat	p
<i>Sphenoderia fissirostris</i>	0,540	0,0001
<i>Euglypha strigosa</i>	0,573	0,0001
<i>Hyalosphenia elegans</i>	0,464	0,0001
<i>Hyalosphenia insecta</i>	0,507	0,0001
<i>Longinebela tubulosa</i>	0,386	0,0083
<i>Quadrullella variabilis</i>	0,342	0,0031
<i>Quadrullella symmetrica</i>	0,461	0,0002
<i>Heleopera petricola</i>	0,397	0,0032
<i>Heleopera sylvatica</i>	0,364	0,0052
<i>Heleopera rosea</i>	0,360	0,0032
<i>Trachelocorythion pulchellum</i>	0,390	0,0022
<i>Nebela tincta</i>	0,372	0,0031
Stanište R		
<i>Euglypha rotunda</i> var. <i>minor</i>	0,599	0,0001

Tablica 2. nastavak

<i>Euglypha cristata</i>	0,412	0,0012
<i>Plagiopyxis callida</i>	0,346	0,0081
Stanište S		
<i>Padaungiella lageniformis</i>	0,330	0,0104
<i>Centropyxis laevigata</i>	0,311	0,0183

5.2. Okolišni čimbenici

Detaljne vrijednosti okolišnih čimbenika zabilježenih na tri staništa (C, S i R) tijekom istraživanja prikazane su u Tablici 3.

Tablica 3. Okolišni čimbenici izmjereni na staništima C, S i R na cretu Trstenik tijekom srpnja 2021.

Postaja	Datum	Temp. tla (°C)	Vlažnost tla (%)	Temp. zraka (°C)	Vlažnost zraka (%)	pH tla	Visina vegetacija (m)
C1.1	2.7.2021	14,9	52,2	25,9	55,2	6,76	0,20
C1.2	2.7.2021	13,4	64,5	27,0	50,8	7,32	0,20
C2.1	2.7.2021	14,0	58,1	34,5	42,2	7,15	0,30
C2.2	2.7.2021	14,1	46,8	29,1	45,8	7,21	0,30
C3.1	2.7.2021	13,5	40,9	35,2	41,4	4,18	0,25
C3.2	2.7.2021	11,9	53,7	35,5	39,9	4,53	0,25
C4.1	2.7.2021	13,5	53,7	39,5	38,2	4,93	0,30
C4.2	2.7.2021	13,3	35,1	40,6	33,8	4,49	0,25
C5.1	2.7.2021	11,2	49,3	37,5	38,6	3,60	0,25
C5.2	2.7.2021	12,3	42,9	33,7	40,5	5,11	0,25
C6.1	2.7.2021	12,5	58,1	41,2	35,2	4,80	0,25
C6.2	2.7.2021	13,5	55,2	34,8	40,0	6,78	0,25
S1.1	2.7.2021	17,3	0,0	27,2	55,9	3,88	0,30
S1.2	2.7.2021	13,1	10,0	35,6	41,0	3,70	0,40
S2.1	2.7.2021	13,1	54,2	35,7	36,8	4,15	0,25
S2.2	2.7.2021	13,5	48,8	34,5	39,8	4,24	0,25
S3.1	2.7.2021	14,6	14,9	32,2	40,6	3,46	0,25
S3.2	2.7.2021	14,3	1,2	31,1	43,0	4,21	0,25
S4.1	2.7.2021	12,4	16,9	30,9	52,7	4,15	0,30
S4.2	2.7.2021	15,5	38,0	31,4	44,9	3,25	0,20
S5.1	2.7.2021	14,4	12,5	26,3	52,8	3,44	0,20
S5.2	2.7.2021	16,9	0,0	26,8	55,7	2,53	0,15

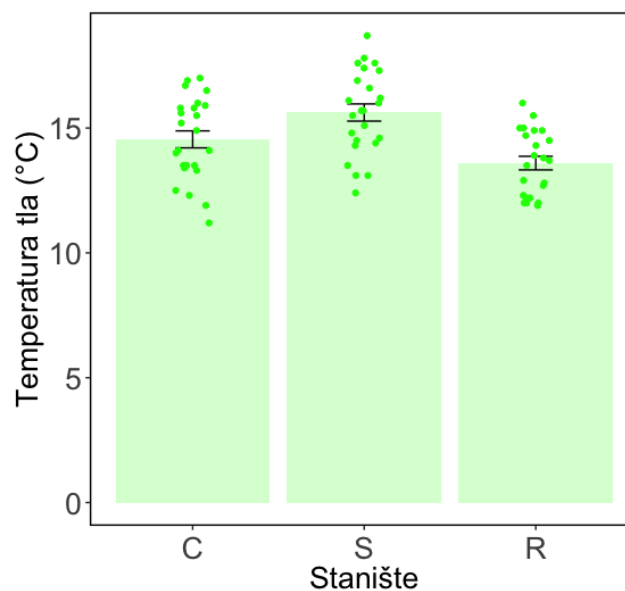
Tablica 3. nastavak

Postaja	Datum	Temp. tla (°C)	Vlažnost tla (%)	Temp. zraka (°C)	Vlažnost zraka (%)	pH tla	Visina vegetacija (m)
S6.1	2.7.2021	16,1	30,6	26,2	52,8	3,62	0,30
S6.2	2.7.2021	15,1	34,1	31,2	44,2	4,17	0,25
R1.1	2.7.2021	14,3	0,0	40,9	37,1	3,83	0,10
R1.2	2.7.2021	12,3	15,9	39,0	37,7	3,85	0,30
R2.1	2.7.2021	12,0	13,0	32,5	44,0	5,61	0,20
R2.2	2.7.2021	12,2	3,1	29,4	51,5	4,77	0,20
R3.1	2.7.2021	12,9	5,1	26,5	52,8	3,71	0,10
R3.2	2.7.2021	12,0	6,1	28,0	48,8	4,27	0,10
R4.1	2.7.2021	12,7	5,1	24,8	55,0	3,12	0,00
R4.2	2.7.2021	12,8	0,0	23,9	53,7	3,55	0,00
R5.1	2.7.2021	12,0	9,0	25,7	55,1	3,85	0,00
R5.2	2.7.2021	11,9	0,0	25,0	54,7	4,05	0,00
R6.1	2.7.2021	12,2	5,1	27,4	51,7	3,49	0,30
R6.2	2.7.2021	13,5	4,6	28,9	42,6	3,85	0,30
C1.1	30.7.2021.	17,0	57,1	27,8	50,7	7,52	0,40
C1.2	30.7.2021.	15,8	39,0	29,1	50,8	6,83	0,50
C2.1	30.7.2021.	16,7	48,3	30,1	53,2	6,40	0,50
C2.2	30.7.2021.	16,9	23,8	32,5	49,0	7,06	0,60
C3.1	30.7.2021.	16,5	35,5	30,8	46,1	5,04	0,70
C3.2	30.7.2021.	15,5	44,9	39,8	32,7	3,87	0,50
C4.1	30.7.2021.	15,6	66,0	31,6	47,2	5,99	0,90
C4.2	30.7.2021.	15,8	33,6	32,6	42,7	5,99	0,50
C5.1	30.7.2021.	14,1	32,6	30,5	52,0	4,54	1,00
C5.2	30.7.2021.	15,2	47,3	34,7	41,1	3,60	0,80
C6.1	30.7.2021.	16,0	10,0	31,8	50,6	3,25	0,80
C6.2	30.7.2021.	15,9	29,2	38,6	37,0	3,25	0,80
S1.1	30.7.2021.	14,8	18,9	25,0	53,0	4,61	0,60
S1.2	30.7.2021.	16,2	18,9	25,5	56,0	4,58	0,70
S2.1	30.7.2021.	15,7	12,0	24,2	68,5	4,67	0,80
S2.2	30.7.2021.	16,0	4,0	23,8	58,1	4,25	0,80
S3.1	30.7.2021.	17,4	41,9	25,8	78,4	4,20	0,90
S3.2	30.7.2021.	14,5	7,6	26,0	72,4	3,67	0,70
S4.1	30.7.2021.	16,6	0,0	34,9	49,0	3,98	0,60
S4.2	30.7.2021.	15,7	0,0	38,9	34,7	3,52	0,60
S5.1	30.7.2021.	17,6	16,4	32,6	43,3	5,17	0,40
S5.2	30.7.2021.	17,6	4,6	32,2	44,0	4,52	0,40
S6.1	30.7.2021.	17,8	22,3	34,2	41,0	4,17	0,50
S6.2	30.7.2021.	18,7	30,1	32,7	44,7	3,59	0,40
R1.1	30.7.2021.	15,5	0,0	31,6	42,0	4,29	0,30
R1.2	30.7.2021.	15,0	18,9	30,6	52,3	4,40	0,45

Tablica 3. nastavak

Postaja	Datum	Temp. tla (°C)	Vlažnost tla (%)	Temp. zraka (°C)	Vlažnost zraka (%)	pH tla	Visina vegetacija (m)
R2.1	30.7.2021.	14,9	16,4	29,4	51,1	4,98	0,30
R2.2	30.7.2021.	14,7	6,6	29,2	44,8	5,06	0,30
R3.1	30.7.2021.	14,5	4,6	30,7	45,0	4,68	0,10
R3.2	30.7.2021.	13,7	0,0	31,1	46,3	4,30	0,10
R4.1	30.7.2021.	15,0	3,6	28,3	51,0	4,19	0,00
R4.2	30.7.2021.	16,0	0,0	27,3	54,2	3,81	0,00
R5.1	30.7.2021.	13,8	15,9	26,6	54,8	4,42	0,10
R5.2	30.7.2021.	14,9	5,6	26,6	54,4	4,47	0,00
R6.1	30.7.2021.	13,9	6,6	27,1	51,3	4,42	0,50
R6.2	30.7.2021.	15,0	2,2	27,6	55,0	4,64	0,50

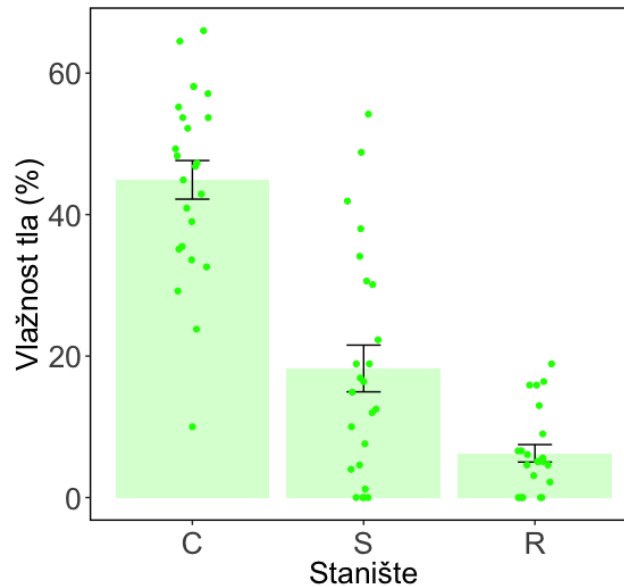
Najveća vrijednost temperature tla je zabilježena na sukcesijskom staništu na postaji S6.2. (18,7 °C), a najmanja na središtu creta na postaji C5.1. (11,2 °C). Srednje vrijednosti temperature tla na istraživanim staništima prikazane su na Slici 15. Prema rezultatu Shapiro-Wilk W testa ($W = 0,9794$, $p = 0,2951$) podaci za temperaturu tla normalno su distribuirani te je stoga proveden ANOVA test koji je ukazao na statistički značajne razlike među staništima ($F(2,68) = 9,8390$, $p < 0,001$). Prema Tukey *post hoc* testu utvrđena je statistički značajna razlika u temperaturi između staništa S i R ($p < 0,001$).



Slika 15. Temperatura tla izražena u °C na istraživanim staništima (C, S i R); u prikazu su osim srednje vrijednosti i standardne pogreške prikazane i pojedinačne vrijednosti

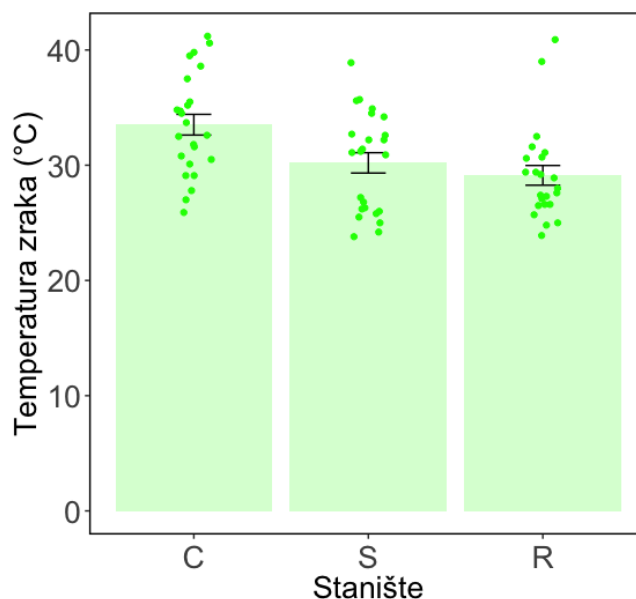
Najveća vlažnost tla je zabilježena na središtu creta na postaji C1.2. (64.5 %), a najmanja je zabilježena na nekoliko postaja unutar sukcesijskog staništa i ruba creta (0 %). Srednje vrijednosti vlažnosti tla

prikazane su na Slici 16. Prema rezultatu Shapiro-Wilk testu ($W = 0,894$, $p < 0,05$) vrijednosti za vlažnost tla nisu normalno distribuirane te je stoga proveden Kruskal-Wallis H test koji je potvrdio statistički značajne razlike između vlažnosti tla na staništima ($H(2,68) = 40,434$, $p < 0,001$). Dunn *post hoc* test je pokazao kako postoje statistički značajne razlike između staništa C i R ($p < 0,001$), C i S ($p < 0,001$) te R i S ($p < 0,05$).



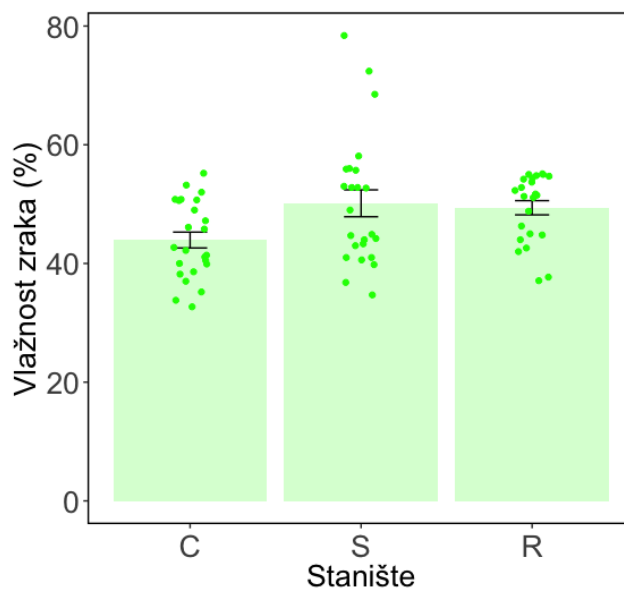
Slika 16. Vlažnost tla izražena kao postotak (%) na istraživanim staništima (C, S i R); u prikazu su osim srednje vrijednosti i standardne pogreške prikazane i pojedinačne vrijednosti

Najveća temperatura zraka je zabilježena na središtu creta na postaji C 6.1. ($41,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), a najmanja je zabilježena na sukcesijskom staništu ($23,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Srednje vrijednosti temperature zraka na istraživanim staništima prikazane su na Slici 17. Prema rezultatu Shapiro-Wilk testa ($W = 0,953$, $p = 0,0096$) vrijednosti za temperaturu zraka nisu normalno raspodijeljene te je stoga razlika među staništima testirana Kruskal-Wallis H testom koji je potvrdio značajne razlike ($H(2,68) = 11,675$, $p = 0,0029$). Statistički značajne razlike između temperature zraka između staništa C i R ($p < 0,05$) i staništa C i S ($p < 0,05$) utvrđene su Dunn *post hoc* testom.



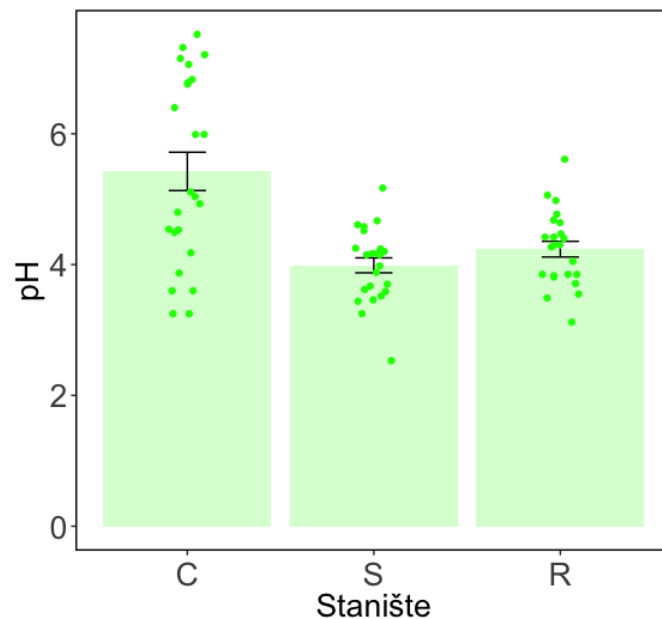
Slika 17. Temperatura zraka izražena u °C na istraživanim staništima (C, S i R); u prikazu su osim srednje vrijednosti i standardne pogreške prikazane i pojedinačne vrijednosti

Najveća vlažnost zraka je zabilježena na sukcesijskom staništu na postaji S 1.1. (55.9 %), a najmanja je zabilježena na središtu ceta na postaji C.3.2. (32.7 %). Srednje vrijednosti vlažnosti zraka na istraživanim staništima prikazane su na Slici 18. Prema rezultatu Shapiro-Wilk testa ($W = 0,9319$, $p = 0,0008$) vrijednosti za vlažnost zraka nisu slijedile normalnu raspodjelu stoga su razlike među staništima testirane Kruskal-Wallis H testom koji je ukazao na statistički značajne razlike između vlažnosti zraka na staništima ($H(2,68) = 8,5638$, $p = 0,01340$). Dunn *post hoc* testom utvrđene su razlike u vlažnosti zraka između staništa C i R ($p < 0,01$) i staništa C i S ($p < 0,05$).



Slika 18. Vlažnost zraka izražena kao postotak (%) na istraživanim staništima (C, S i R); u prikazu su osim srednje vrijednosti i standardne pogreške prikazane i pojedinačne vrijednosti

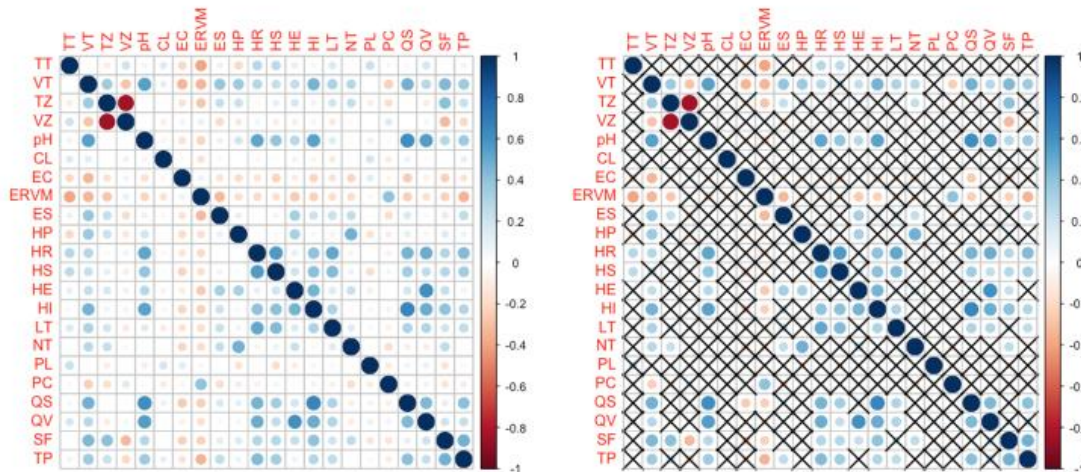
Najveća pH vrijednost tla zabilježena je na središtu creta (pH = 7,52), a najmanja na sukcesijskom staništu (pH = 2,53). Srednje vrijednosti pH tla na istraživanim postajama prikazane su na Slici 19. S obzirom na to da je rezultat Shapiro-Wilk testa ($W = 0,879$, $p < 0,05$) pokazao da pH vrijednosti tla nisu normalno raspodijeljene, razlika među staništima testirana je Kruskal-Wallis H test ($H(2,68) = 14,962$, $p = 0,0006$) Dunn *post hoc* testom utvrđeno je da se pH vrijednosti tla značajno razlikuju između staništa C i R ($p < 0,01$) te C i S ($p < 0,001$).



Slika 19. pH tla na istraživanim staništima (C, S i R); u prikazu su osim srednje vrijednosti i standardne pogreške prikazane i pojedinačne vrijednosti

5.3. Odnos zajednice okućenih ameba i okolišnih čimbenika

Spearmanovim koeficijentom korelacije utvrdila se povezanost abundancije pojedinih vrsta s mikroklimatskim uvjetima na staništu, odnosno okolišnim čimbenicima. Nakon što se promatranjem međusobnog odnosa svih parova varijabli utvrdila njihova međusobna korelacija, izrađena je matrica korelacija (Slika 20).



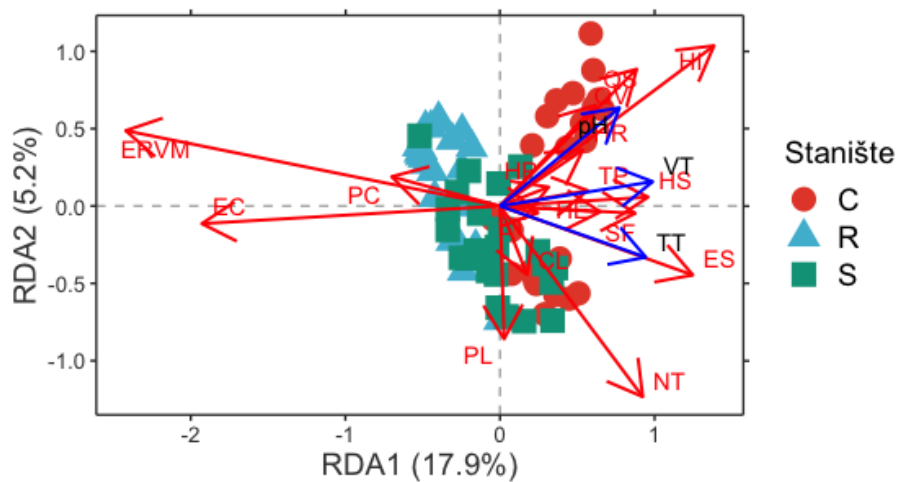
Slika 20. Matrica s grafičkim prikazom Spearmanovog koeficijenta korelacija abundancije pojedinih vrsta i okolišnih čimbenika (dva različita prikaza; X označava korelacije koje nisu značajne; ostale korelacije su značajne na nivou $p < 0.05$)

Kratice: TT – temperatura tla, VT – vlažnost tla, VZ - vlažnost zraka, TZ – temperatura zraka; EC do TC vrste koje je IndVal analiza izdvojila kao indikatorske: CL - *Centropyxis laevigata*, EC - *Euglypha cristata*, ERVM - *Euglypha rotunda* var. *minor*, ES - *Euglypha strigosa*, HP - *Heleopera petricola*, HR - *Heleopera rosea*, HS - *Heleopera sylvatica*, HE - *Hyalosphenia elegans*, HI - *Hyalosphenia insecta*, LT - *Longinebela tubulosa*, NT - *Nebela tincta*, PL - *Padaungiella lageniformis*, PC - *Plagiopyxis callida*, QS - *Quadrullella symmetrica*, QV - *Quadrullella variabilis*, SF - *Sphenoderia fissirostris*, TP - *Trachelocorythion pulchellum*

Statistički značajne korelacije zabilježene su za dio vrsta, uglavnom s vlažnošću tla, temperaturom tla i pH. Abundancija jedinki vrste *E. cristata* pokazuje statistički značajnu negativnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,331$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *E. rotunda* var. *minor* pokazuje značajnu negativnu korelaciju s temperaturom tla ($R = 0,400$, $p < 0.05$) i vlažnošću tla ($R = 0,340$, $p < 0.05$) i temperaturom zraka ($R = 0,274$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *E. strigosa* pokazuje statistički značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,382$, $p < 0.05$) i temperaturom zraka ($R = 0,237$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *H. petricola* pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnosti tla ($R = 0,365$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *H. rosea* pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju s temperaturom tla ($R = 0,285$, $p < 0.05$), vlažnošću tla ($R = 0,2864$, $p < 0.05$) te pH tla ($R = 0,523$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *H. sylvatica* pokazuje statistički značajnu pozitivnu korelaciju s temperaturom tla ($R = 0,266$, $p < 0.05$) i pH ($R = 0,391$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *H. elegans* pokazuje statistički značajnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,245$, $p < 0.05$) i pH ($R = 0,280$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *H. insecta* pokazuje statistički značajnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,470$, $p < 0.05$) i pH ($R = 0,5315$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *L. tubulosa* pokazuje značajnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,168$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *N. tincta* pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnošću zraka ($R = 0,280$, $p < 0.05$) i temperaturom zraka ($R = 0,235$, $p < 0.05$).

Abundancije jedinki vrsta *P. lageniformis* i *P. callida* ne pokazuju značajne korelacije s okolišnim čimbenicima. Abundancija jedinki vrste *Q. symmetrica* pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,473$, $p < 0.05$) i pH ($R = 0,618$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *Q. variabilis* pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,275$, $p < 0.05$) i pH ($R = 0,554$, $p < 0.05$). Abundancija jedinki vrste *S. fissirostris* pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,447$, $p < 0.05$), temperaturom zraka ($R = 0,413$, $p < 0.05$) te s pH ($R = 0,282$, $p < 0.05$) a značajnu negativnu korelaciju s vlažnošću zraka ($R = 0,321$, $p < 0,05$). Abundancija jedinki vrste *T. pulchellum* pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnošću tla ($R = 0,353$, $p < 0,05$) te pH ($R = 0,354$, $p < 0,05$).

RDA analiza napravljena je kako bi se utvrdio odnos okolišnih čimbenika na abundanciju pojedinih vrsta okućenih ameba na staništima C, S i R. Prema testu značajnosti, ordinacija je bila statistički značajna ($F(6,65) = 5,2739$, $p = 0,001$), a značajne osi su: RDA1 ($F(1,65) = 16,3308$, $p = 0,001$), RDA2 ($F(1,65) = 4,7648$, $p = 0,003$) i RDA3 ($F(1,65) = 4,0693$, $p = 0,005$). Prve dvije osi objašnjavaju 23,1% varijance (Slika 21). Iz rezultata analize proizlazi da je pH okolišni čimbenik koji značajno utječe na zajednice okućenih ameba ($F(1,65) = 4,0351$, $p = 0,001$).



Slika 21. RDA analiza interakcije abundancije okućenih ameba i okolišnih čimbenika na staništima C, S i R. Kratice: TT – temperatura tla, VT – vlažnost tla; EC do TP – vrste koje je IndVal analiza izdvojila kao indikatorske

6. RASPRAVA

Rezultati ovog istraživanja ukazuju na veliku raznolikost vrsta okućenih ameba na cretu Trstenik unatoč sukcesijskim promjenama u vegetaciji i širenju trave modre beskoljenke koja pridonosi zaraštavanju i isušivanju creta. Očekivano, najveća raznolikost vrsta bioraznolikost okućenih ameba utvrđena je na staništu C (središte creta) na kojem su zabilježene najviše vrijednosti vlažnosti tla, ali i na kojem je jedino zabilježena prisutnost maha tresetara. Uvidom u rezultate IndVal analize, odnosno vrste koje su izdvojene kao indikatorske za pojedina staništa, razaznaje se da su vrste karakteristične za C stanište upravo one koje prema literaturnim podacima preferiraju područja nastanjenja mahom tresetarom, odnosno mogu se uglavnom smatrati cretnim vrstama (Todorov i Bankov 2019; <https://arcella.nl/>). *S. fissirostri*, *H. elegans*, *H. insecta*, *Q. variabilis*, *H. petricola*, *H. rosea* i *N. tincta* najčešće se pojavljuju na staništima s mahom tresetarom i ostalim mahovinama dok se *E. strigosa* pojavljuje i u sedimentu između vodenih biljaka. *L. tubulosa* preferira isključivo vlažna staništa s mahom tresetarom kao i *Q. symmetrica* koja još nastanjuje i vodena staništa. *T. pulchellum* uz mahovine i mah tresetar pojavljuje se i u vlažnom šumskom listincu te tlu. Od svih vrsta izdvojenih IndVal analizom za stanište C, jedina koja nije karakteristična za staništa s mahom tresetarom je *H. sylvatica*. Naprotiv, u literaturi je zabilježena kao bioindikator sušnih uvjeta (Šímová i sur. 2018). S obzirom na to da i dijelovi staništa C obrastaju modrom beskoljenkom, moguće je da unutar samog staništa postoji velika varijabilnost mikrostaništa te su prisutna i suha staništa koja podržavaju prisutnost ove vrste. Na isto upućuje i prisutnost vrste *T. arcuata* koja nije izdvojena IndVal analizom kao vrsta karakteristična za stanište C, ali je utvrđena na nekoliko postaja unutar istog. Ova vrsta smatra se indikatorom za sušnije okruženje, s optimalnim vrijednostima razine podzemne vode od 10-60 cm (Booth 2001; Qin i Xie 2011). Najveći broj jedinki ove vrste zabilježen je na rubnom staništu (R), iako to nije potvrđeno IndVal analizom. Analiza većeg broja uzoraka vjerojatno bi omogućila detekciju dodatnih indikatorskih vrsta za R i S staništa.

Rezultati RDA analize pokazali su da je pH okolišni čimbenik koji značajno utječe na raspodjelu okućenih ameba po staništima. Iako prisutnost maha tresetara upućuje na niske pH vrijednosti, značajno više vrijednosti pH na staništu C u odnosu na staništa S i R mogu se objasniti većim zadržavanjem vode u tlu na staništu C (veća vlažnost tla), ali i potencijalnim utjecajem prisutnosti iglica četinjača na rubu creta (stanište R) koje dodatno zakiseljuju tlo na tom staništu (Bujan i sur. 2015). Literaturni podaci također pokazuju kako se pH smatra najvažnijim elementom za objašnjavanje prostorne raspodjele okućenih ameba. Tako je npr. u istraživanjima cretova u Alpama pH objasnio veći udio prostorne raspodjele od ostalih mjenjenih čimbenika (Lamentowicz i sur. 2010).

Većina indikatorskih vrsta za stanište C pokazala je značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnošću tla i pH, a najjača korelacija pokazala se za vrstu *Q. symmetrica* što je u skladu s dosadašnjim istraživanjima

koja su pokazala kako *Q. symmetrica* preferira više pH vrijednosti od tipično cretnih (pH > 5.4) te vlažnu podlogu (Booth 2001). Njezina prisutnost sugerira da sukcesijske promjene na cretu možda još uvijek nisu toliko značajno odražene na mikroskali (skali mikroskopskih organizama).

Kao značajne indikatorske vrste za stanište S pokazale su se *P. lageniformis* i *C. laevigata*. Ove vrste nisu pokazale značajne korelacije s okolišnim čimbenicima, a prema literaturnim izvorima, obje se pojavljuju na staništima s mahom tresetarom, ali i u tlu (<https://arcella.nl/>) što je očekivano jer stanište S predstavlja svojevrsno prijelazno stanište između tipičnog cretnog (staništa C) i rubnog (stanište R) s karakteristikama obaju staništa.

E. rotunda var. *minor*, *E. cristata* i *P. callida* pokazale su se kao značajne indikatorske vrste za rub creta (stanište R). Sitne okučene amebe iz reda *Euglyphida* kao što su *Trinema*, *Corythion* i *E. rotunda*-tip su generalno povezane sa suhim uvjetima na staništu (Caseldine i Gearey 2005). Zbog male veličine kućice i smještaja aperture, ove vrste mogu živjeti u iznimno tankom vodenom sloju u tlu ili unutar busenova mahovine. Najveća abundancija ovih vrsta na staništu R u skladu je s najmanjim vrijednostima vlažnosti tla koje su zabilježene upravo na ovom staništu, a to potvrđuju i značajno negativne korelacije ovih vrsta s vlažnošću tla. *P. callida* preferira staništa tla (Trappeniers i sur. 2002), a ukazuje i na relativno suhe uvjete okoliša (Qin i Xie 2011).

Unatoč tome što su rezultati ovog istraživanja pokazali da na cretu Trstenik postoji velika raznolikost vrsta okućenih ameba te staništa na kojima je još uvijek prisutna veća vlažnost tla, u uzorcima na svim staništima je zabilježena velika abundancija vrsta karakterističnih za suha staništa poput *A. muscorum*, *A. seminulum* i *Trinema* – *Corythion*- tip. Ovakvi rezultati možda su djelomično posljedica toga što je istraživanje provedeno tijekom ljeta (srpanj), no svakako ukazuju na prisutne sukcesijske promjene na cretu Trstenik i širenje trave modre beskoljenke. Za potpuniji uvid u stanje creta Trstenik trebalo bi istraživanje provesti tijekom dužeg vremenskog razdoblja i na taj način obuhvatiti sva godišnja doba i oscilacije u okolišnim čimbenicima. Također, neophodno je istraživanjem obuhvatiti i druge organizme za koje je poznat indikatorski potencijal u praćenju stanja cretova poput trepetljikaša, trčaka, mrava i paukova.

7. ZAKLJUČAK

- Područje creta Trstenik bogato je okućenim amebama i one su dobri indikatori stanja creta.
- U uzorcima skupljenim tijekom terenskih istraživanja provedenih 2.7.2021. te 31.7.2021. determinirano je ukupno 58 vrsta okućenih ameba. Na različitim staništima unutar creta Trstenik postoji razlika u sastavu zajednice okućenih ameba.
- Najveća raznolikost okućenih ameba prisutna je na tipičnom cretnom staništu - središtu creta, dok je najmanja raznolikost okućenih ameba prisutna na rubu creta.
- pH vrijednost najvažniji je okolišni čimbenik za objašnjavanje prostorne raspodjele okućenih ameba na različitim staništima creta Trstenik.
- Značajne indikatorske vrste okućenih ameba za središte creta Trstenik (stanište C) su one koje su karakteristične za staništa na kojima je prisutan mah tresetar, a čija abundancija pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju s vlažnošću tla i pH: *Sphenoderia fissirostris*, *Euglypha strigosa*, *Hyalosphenia elegans*, *Hyalosphenia insecta*, *Longinebela tubulosa*, *Quadrulella variabilis*, *Quadrulella symmetrica*, *Heleopera petricola*, *Heleopera rosea*, *Trachelocorythion pulchellum* i *Nebela tincta*.
- Vrste *Euglypha rotunda* var. *minor*, *Euglypha cristata* i *Plagiopyxis callida* pokazale su se kao značajne indikatorske vrste za rub creta (stanište R) i sugeriraju suhe uvjete na staništu.
- Rezultati ovog istraživanja ukazuju da je, s obzirom na broj vrsta okućenih ameba, cret Trstenik još uvijek stanište relativno visoke raznolikosti vrsta okućenih ameba, ali i da su sukcesijske promjene vidljive na pojedinim dijelovima creta i moguće ih je detektirati na mikroskali.

8. LITERATURA

- Adl, S. M., Bass, D., Lane, C. E. i sur. (2019): Revisions to the Classification, Nomenclature, and Diversity of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 66(1): 4-119.
- Booth, R. K. (2001): Ecology of testate amoebae (protozoa) in two Lake Superior coastal wetlands: implications for paleoecology and environmental monitoring. *Wetlands*, 21(4): 564-576.
- Buchholz, S., Hannig, K., Schirmel, J. (2009): Ground beetle Assemblages of Peat bog Remnants in Northwest Germany, *Entomologia Generalis*, 32(2): 127-144.
- Bujan, J., Brigić, A., Sedlar, Z. i sur. (2015): Progressive vegetation succession of fen habitats promotes the lack of habitat specialist ants. *Insectes Sociaux*, 62: 415-422.
- Caseldine, C. J., Gearey, B. (2005): Evaluation of a multi-proxy approach to reconstructing surface wetness changes in a complex raised mire system at Derryville Bog, Co. Tipperary, Ireland: identification of responses to a series of prehistoric big bursts. *The Holocene*, 15(4): 585-601.
- Chang, C. C., Turner B.L. (2019): Ecological succession in a changing world, *Jurnal of Ecology*, str: 503-509.
- Charman, D. J., Hendon, D., Woodland, W. A. (2000): The Identification of Testate Amoebae (Protozoa: Rhizopoda) in Peats. Technical Guide No. 9, Quaternary Research Association, London, str. 147.
- Corbet, S. A. (1973): Ecological studies on crater lakes in West Cameroon Lakes Kotto and Mboandog, *Journal of Zoology* 170(3): 309-324.
- Creevy, A. L., Andersen, R., Rowson, J. G. i sur. (2018): Testate amoebae as functionally significant bioindicators in forest-to-bog restoration. *Ecological Indicators*, 84: 274-282.
- Dufrene, M. Legendre, P. (1997): Species Assemblages and Indicator Species: The Need for a Flexible Asymmetrical Approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- Fei, L., Zuo, H., Ma, X. i sur. (2022): Comprehensive assessment of nitrous oxide emissions and mitigation potentials across European peatlands, *Environmental Pollution* 301(1): 119041.
- Gigov, A., Nikolić V. (1960): Rezultati analize polena na nekim tresavama u Hrvatskoj, *Glasnik prirodnjačkog muzeja u Beogradu, Serija B, Knjiga 15*, 3-26.
- Glime, J. M. (2017): Protozoa: Peatland Rhizopods. *Bryophyte Ecology. 2, Bryological Interactions* str. 211-268.
- Günther, A., Barthelmes, A., Huth, V. (2020): Prompt rewetting of drained peatlands reduces climate warming despite methane emissions, *Nature Communications* 11, 1644.

- Heal, O. W. (1962): The Abundance and Micro-Distribution of Testate Amoebae (Rhizopoda: Testacea) in Sphagnum. *Oikos*, 13(1): 35-47.
- Hofstatter, P. G., Brown, M. W., Lahr, D. J. G. (2018): Comparative Genomics Supports Sex and Meiosis in Diverse Amoebozoa. *Genome Biology and Evolution*. 10(11): 3118-3128.
- Ilijanić, Lj., Topić, J. (2002): *Eriophorum vaginatum* L. (Cyperaceae), new and critically endangered plant species in Croatia. *Razprave IV razreda SAZU*, 43(3): 217-225.
- Joosten, H., Clarke, D. (2002): Wise use of mires and peatlands: Background and principles including a framework for decision-making, International Mire Conservation Group, str. 304.
- Lamentowicz, M., Lamentowicz, L., van der Knaap, W. O. i sur. (2010): Contrasting species-environment relationships in communities of testate amoebae, bryophytes and vascular plants along the fen-bog gradient. *Microbial Ecology*, 59(3): 499-510.
- Lepš, J., Šmilauer, P. (2003): *Multivariate Analysis of Ecological Data Using CANOCO*, Cambridge University Press, str. 269.
- Marcisz, K., Tinner, W., Colombaroli D. i sur. (2015): Long-term hydrological dynamics and fire history over the last 2000 years in CE Europe reconstructed from a high-resolution peat archive. *Quaternary Science Reviews* 112: 138-152.
- Marcisz, K., Jassey, V. E., Kosakyan, A. i sur. (2020): Testate Amoeba Functional Traits and Their Use in Paleoecology, *Frontiers in Ecology and Evolution*, 340.
- Montanarella, L., Jones, R. J. A, Hiederer, R. (2006): The distribution of peatland in Europe. *Mires and Peat*. 1:1-10.
- Nikolić, T. (2013): *Sistematska botanika - Raznolikost i evolucija biljnog svijeta*, Alfa d.d., Zagreb, str. 190-195.
- Payne, R. J., Mitchell, E. A. D. (2008): How many is enough? Determining optimal count totals for ecological and palaeoecological studies of testate amoebae. *Journal of paleolimnology* 42(4): 483-495.
- Petković, A. (2017): *Morfološke značajke, veličina populacije i ugroženost cretne breze (Betula pubescens Ehrh.) u Hrvatskoj*. Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, Zagreb.
- Priroda Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode (2017). Na cretu trstenik iznad klane započet projekt višegodišnjeg mointoringa i revitalizacije ostataka ombrotrofnog creta. <https://ju-priroda.hr/2017/03/na-cretu-trstenik-iznad-klane-zapocet-projekt-visegodisnjeg-mointoringa-i-revitalizacije-ostataka-ombrotrofnog-creta/> (pristupljeno 20.8.2022)

Qin, Y., Xie, S. (2011): Moss-dwelling testate amoebae and their community in Dajihu peatland of Shennongjia Mountains, China, *Journal of Freshwater Ecology*, 26(1): 3-9.

Ramette, A. (2007): Multivariate analyses in microbial ecology. *FEMS Microbiology Ecology*, 62:142-160.

Randić, M. (2018): Osobitosti biljnog svijeta šireg područja Šverde, *Subterranea Croatica*, 16 (supplementum 2), str. 31-36.

Randić, M. (2017): Na cretu trstenik iznad klane obilježeno stanište rijetke gljive goleme dvoprstenke (*Catathelasma imperiale*). Priroda Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode. <https://ju-priroda.hr/2017/03/na-cretu-trstenik-iznad-klane-obiljezeno-staniste-rijetke-gljive-goleme-dvoprstenke-catathelasma-imperiale/> (pristupljeno 20.8.2022.)

Rydin, H., Jeglum, J. K. (2006): *The Biology of Peatlands* 2nd edition, Oxford university press, str. 354.

Šimová, A., Hájková, A., Hájek, P. i sur. (2018): Reconstruction of hydrological changes over the last 4000 years in the Puścizna Wielka bog (Southern Poland) based on testate amoebae. Reconstruction of hydrological changes over the last 4000 years in the Puścizna Wielka bog (Southern Poland) based on testate amoebae.

Trappeniers, K., von Kerckvoorde, A., Chardez, D. i sur. (2002): Testate Amoebae Assemblages from Soils in the Zackenberg Area, Northeast Greenland. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 34(1): 94-101.

Todorov, M., Bankov N. (2019): *An atlas of sphagnum-dwelling testate amoebae in Bulgaria*, Pensoft Publishers, Sofia

Ternjej, I., Brigić, A., Gottstein, S. i sur. (2019): *Terenske i laboratorijske vježbe i statističke metode u ekologiji*, Školska knjiga, Zagreb, str. 416.

Topić, J., Ilijanić, Lj. (2001): *Carex pulicaris* L. (Cyperaceae), a new species in Croatian flora, *Natura Croatica*, 10(4): 423-426.

Topić J., Ilijanić Lj., Tvrtković N. i sur. (2006): *Staništa – Priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja: stanišni tipovi- 1. Dio*, str. 74.

Topić, J., Stančić, Z. (2006): *Extinction of Fen and Bog Plants and their Habitats in Croatia; Marine, Freshwater, and Wetlands Biodiversity Conservation, Topics in Biodiversity and Conservation*, Springer.

Topić, J., Vukelić, J. (2009): *Priručnik za određivanje kopnenih staništa u Hrvatskoj prema Direktivi o staništima EU*, 215-227

<https://www.arcella.nl/> (pristupljeno 19.3.2022.)

<https://www.geograph.org.uk/photo/2301210> (pristupljeno 21.8.2022.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pinguicula_vulgaris_LC0331.jpg (pristupljeno 21.8.2022.)

https://en.wikipedia.org/wiki/Eriophorum_vaginatum#/media/File:Eriophorum_vaginatum_close.jpg

(pristupljeno 28.8.2022.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carex_pulicaris_-_Keila.jpg (pristupljeno 28.8.2022.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Molinia_caerulea_2zz.jpg (pristupljeno 28.8.2022.)

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Catathelasma_imperiale_107604.jpg (pristupljeno 28.8.2022.)

ŽIVOTOPIS

Osobni podaci:

Ime i prezime: Sandra Strelec
E-mail: sandra.strelec01@gmail.com
Datum rođenja: 29.12.1995.

Školovanje:

Srednja škola: rujan 2010. - rujan 2014. Srednja škola Ivanec, opća gimnazija
Fakultet: rujan 2014. – rujan 2016. Medicinski fakultet Zagreb
rujan 2017.- danas Prirodoslovno-matematički fakultet, smjer biologija i kemija

Strani jezici:

Engleski jezik: čitanje - izvrsno
pisanje - izvrsno
govor – izvrsno

Njemački jezik: čitanje - osnovno
pisanje - osnovno
govor - osnovno

Znanja i vještine:

Odlično poznajem MS Office alate, operativni sustav Windows 7 i izvrsno se koristim internetom.

Sudjelovala sam u izradi plakata: Acute metabolic complication and nutritional assesment in children and adolescents with anorexia nervosa 2016. objavljenog u časopisu „Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition“.

Posjedujem dobre komunikacijske vještine stečene davanjem instrukcija te izvannastavnim aktivnostima kao što je sudjelovanje na projektu European Green Activists Training (EGAT) 2019. godine.

Tijekom fakulteta radila sam kao osobni asistent u Društvu distrofičara čime sam uvidjela svoj afinitet za rad s osobama s invaliditetom.