

Socijabilnost juvenilnih F1 jedinki iz pokusa križanja brzo evoluirajućih populacija primorske gušterice, *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)

Bilajac, Andrea

Master's thesis / Diplomski rad (sveučilišni)

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:329544>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2026-07-27**

Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Repository / Digitalni repozitorij
Sveučilišta u Zagrebu](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet u Zagrebu
Biološki odsjek

Andrea Bilajac

**Socijabilnost juvenilnih F1 jedinki iz pokusa križanja brzo
evoluirajućih populacija primorske gušterice, *Podarcis
siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)**

Diplomski rad

Zagreb, 2020.

Ovaj rad je izrađen u Zavodu za animalnu fiziologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta Zagrebu, pod vodstvom dr. sc. Duje Lisičića, doc. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode.

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Socijabilnost juvenilnih F1 jedinki iz pokusa križanja brzo evoluirajućih populacija primorske gušterice, *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)

Andrea Bilajac
Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Godine 1971. premješteno je 5 parova primorske gušterice *Podarcis siculus* s otoka Pod Kopište na otok Pod Mrčaru. Nakon 36 godina znanstvenici su utvrdili da je populacija *P. siculus* na otoku Pod Mrčaru kompetitivno isključila populaciju krške gušterice *P. melisellensis*. Daljnja komparativna istraživanja populacija *P. siculus* na otocima Pod Kopište i Pod Mrčaru, pokazala su postojanje razlika između dviju populacija na fiziološkoj, morfološkoj i bihevioralnoj razini. Naizgled veća socijabilnost populacije na otoku Pod Mrčaru, otvorila je potrebu za usporedbom ponašanja, kao i za testiranjem nasljednosti. Ovaj rad se fokusira na jednu bihevioralnu karakteristiku, socijabilnost. Rad je dio HRZZ projekta Genraliz, koji pokušava dati odgovore na pitanja o brzom adaptivnoj evoluciji. Testiraju se četiri skupine juvenilnih jedinki. Prva skupina predstavlja juvenilne jedinke čiji su roditelji s otoka Pod Kopište, druga skupina predstavlja jedinke čiji su roditelji s otoka Pod Mrčaru. Treću i četvrtu skupinu čine juvenilni hibridi nastali recipročnim križanjem roditelja s dva otoka. Testiranje se vrši pomoću 3-komornog testa socijabilnosti. Prijašnja testiranja roditeljske generacije pokazala su da su mužjaci s otoka Pod Mrčaru socijabilniji od ženki s oba otoka i od mužjaka s otoka Pod Kopište. Rezultati ovog istraživanja ukazuju na nepostojanje statistički značajne razlike u socijabilnosti između četiri testirane skupine. Buduća istraživanja bi se trebala fokusirati na komparaciji rezultata juvenilnih i adultnih jedinki te na istraživanju transkriptoma i genoma.

(50 stranica, 24 slike, 4 tablice, 101 literaturni navod, jezik izvornika: hrvatski jezik)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici
Ključne riječi: primorska gušterica (*Podarcis siculus*), socijabilnost, 3-komorni test socijabilnosti, nasljednost
Voditelj: dr. sc. Duje Lisičić, doc.
Neposredni voditelj: mag. oecol. et prot. nat. Marko Glogoški, asist.
Ocjenitelji:
Rad prihvaćen:

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Division of Biology

Graduation thesis

Sociability of juvenile F1 individuals from the crossing experiment of fast evolving populations of the italian wall lizard, *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)

Andrea Bilajac
Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

In the year 1971., five pairs of italian wall lizard *Podarcis siculus* were translocated from Pod Kopište island to Pod Mrčaru island. After 36 years, scientists discovered that the *P. siculus* population competitively excluded the dalmatian wall lizard *P. melisellensis* on Pod Mrčaru island. Further comparative studies of *P. siculus* populations on two islands, Pod Kopište and Pod Mrčaru, have shown noticeable variations between two populations on the physiological, morphological and behavioural level. Evidence on higher sociability on Pod Mrčaru island, demonstrated a need for further studies, including behavioral comparisons and heritability testing. This work is focused on one behavioral trait, sociability. This work is part of HRZZ project Genraliz, which aims at answering questions regarding rapid adaptive evolution. Four groups of juvenile individuals are tested. The first group consists of juveniles whose parents originated from Pod Kopište island, while the second group consists of juveniles whose parents originated from Pod Mrčaru island. The third and fourth group include hybrids whose parents from both islands were reciprocally crossed. Preceding tests done on the parental generation showed that males from Pod Mrčaru island exhibit higher sociability behavior than females from both islands, and males from Pod Kopište island. The results of this study haven't shown any significant differences in sociability between the four tested groups. Future studies should include juvenile and adult comparisons, as well as genom-wide sequencing and transcriptome studies.

(50 pages, 24 figures, 4 tables, 101 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: Italian wall lizard (*Podarcis siculus*), sociability, 3-chambered sociability test, heritability

Supervisor: dr.sc. Duje Lisičić, Asst. prof.

Assistant Supervisor: mag. oecol. et prot. nat. Marko Glogoški, Asst.

Reviewers:

Thesis accepted:

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
1.1 Kompetitivna ekskluzija i problem rapidne evolucije	1
1.2 Projekt „Genomički aspekti brze evolucije primorske gušterice (<i>Podarcis siculus</i>) - GENRALIZ ”	2
1.3 Taksonomija i rasprostranjenost primorske gušterice <i>Podarcis siculus</i>	3
1.4 Opis i ekologija vrste	5
1.5 Socijalnost i socijabilnost.....	7
1.6 Čimbenici koji potencijalno utječu na socijabilnost	8
1.6.1 Socijalno učenje i agregacija.....	9
1.6.2 Osjetilo mirisa.....	9
1.6.3 Osjetilo vida	10
1.6.4 Uloga monoaminskih neurotransmitera u kompetitivnoj ekskluziji.....	11
1.7 Uloga transpozona u genomskoj fiksaciji svojstava	11
1.8 Testiranje socijabilnosti i hipoteze.....	12
2. Ciljevi	13
3. Materijali i metode	14
3.1 Održavanje guštera u izoliranim uvjetima	14
3.2 Testiranje socijabilnosti	15
3.3 Smjernice za analizu video snimki u programu EthoVision	17
3.4 Položaj i bilježenje aktivnosti jedinke u prostoru.....	21
3.5 Statistička obrada podataka	23
4. Rezultati	25
4.1 Kumulativna vremena.....	27
4.2 Latencije	30
4.3 Frekvencije.....	33
5. Rasprava.....	36
6. Zaključci.....	40
7. Literatura.....	41
8. Životopis	49

1. Uvod

1.1 Kompetitivna ekskluzija i problem rapidne evolucije

Podarcis siculus (Rafinesque-Schmaltz, 1810) ili primorska gušterica, vrsta je guštera koja spada u porodicu *Lacertidae*. Nativna je u Italiji, Francuskoj, Sloveniji, Švicarskoj, Bosni i Hercegovini, Crnoj gori i Hrvatskoj, dok je antropogenim aktivnostima introducirana u Španjolsku, Tursku, Libiju, Tunis, pa čak i u Sjedinjene Američke Države (Crnobrnja-Isalović i sur., 2009; Jelić i sur., 2012). Zauzima širok spektar različitih staništa. Nerijetko su populacije brojne i gotovo uvijek u porastu, što je na crvenoj listi kategorizira kao vrstu s najmanjim stupnjem zabrinutosti (Least Concern, LC) (Crnobrnja-Isalović i sur., 2009).

Godine 1971. znanstvenici, vođeni teorijom otočne biogeografije, dizajnirali su eksperiment s ciljem prikupljanja informacija o mehanizmima kompetitivne ekskluzije koja je rezultat interakcije dviju vrsta guštera iz roda *Podarcis*. Svojevremeno je na otočiću Pod Kopište bila prisutna populacija talijanske zidne gušterice *P. siculus*, dok je na susjednom otočiću Pod Mrčaru bila prisutna populacija krške zidne gušterice *Podarcis melisellensis*. S ciljem praćenja kompetitivne dinamike, izvršena je recipročna translokacija gdje su znanstvenici s otočića Pod Kopište prikupili 5 parova (5 mužjaka i 5 ženki) vrste *P. siculus* i s otočića Pod Mrčaru 5 parova (5 mužjaka i 5 ženki) vrste *P. melisellensis* te ih reciprično translocirali (Nevo i sur., 1972).

Kompetitivna ekskluzija i dominantnost *P. siculus* su dokazani u eksperimentalnim uvjetima, gdje je utvrđeno da je ponašanje primarni mehanizam kompetitivne ekskluzije i smanjenja fitnesa (stopa rasta – povezana s korištenjem termalnih mikrostaništa) jedinki vrste *P. melisellensis* (Downes i Bauwens, 2002).

Nakon 36 godina od eksperimenta recipročne translokacije, analizom mitohondrijske DNA ustanovljeno je da su na navedena dva otočića preostale samo populacije vrste *P. siculus* što također potvrđuje predviđanja vezana uz kompetitivnu ekskluziju. Uz ekskluziju, uočeno je kako je novo formirana populacija *P. siculus* na otočiću Pod Mrčaru evolucijski divergirala u različitim fenotipskim značajkama. Ustanovljeno je kako jedinke na otoku Pod Mrčaru imaju jače glave i veća tijela u

odnosu na jedinke na otoku Pod Kopište. Analizom prehrane i anatomskih struktura vezanih uz probavu, znanstvenici su došli do dokaza koji upućuju na to da jedinke iz populacije na otoku Pod Mrčaru prakticiraju predominantno biljnu ishranu, kao i do dokaza o postojanju cekalnih zalistaka (nabora u stražnjem dijelu crijeva), struktura neobičnih za tu vrstu. Cekalni zalisci su strukture koje usporavaju prolazak hrane i osiguravaju fermentirajuće komore u kojima se nalaze komenzalni mikroorganizmi koji vrše konverziju celuloze do volatilnih masnih kiselina. Zanimljivo je da su zalisci također pronađeni kod tek izlegnute, juvenilne jedinke (postavlja se pitanje heritabilnosti nasuprot fenotipskoj plastičnosti). Uz navedeno, došlo je do promjene jačine ugriza (potencijalna posljedica biljne ishrane) te do promjene u gustoći populacije. Diskutiraju i o promjeni socijalne strukture (smanjena intraspecijska kompeticija kao posljedica širokog spektra resursa) (Herrel i sur., 2008).

U povezanom eksperimentu znanstvenici su istraživali utjecaj predatora i biljnog pokrova na motoričke sposobnosti vrste *P. siculus*. Utvrdili su kako pri simulacijskim napadima predatora, jedinke s otoka Pod Mrčaru kasnije reagiraju na podražaj te od predatora prelaze manju udaljenost u odnosu na jedinke izворne populacije. Ustanovljeno je kako jedinke imaju manje maksimalne brzine sprinta što je ujedno povezano sa veličinom udova. Manji predacijski pritisak, više vegetacije i obilje biljne hrane primjeri su kako promjena vrijednosti okolišnih parametara direktno utječe na morfološku, fiziološku, time i na bihevioralnu promjenu jedne vrste (Vervust, Grbac i VanDamme, 2007).

Navedene činjenice upućuju na kompleksnost i slojevitost problema. Naime, postavljaju se sljedeća pitanja: Da li je tu riječ o genotipskom potencijalu koji se izražava u širokom spektru fenotipa kao odgovor na promjene okolišnih uvjeta (fenotipska plastičnost) ili se radi o evolucijskoj adaptaciji koja ima genetsko temelje?

1.2 Projekt „Genomički aspekti brze evolucije primorske gušterice (*Podarcis siculus*) - GENRALIZ ”

Prije svega, potrebno je naglasiti da je sadržaj ovog diplomskog rada, dio većeg projekta pod nazivom „Genomički aspekti brze evolucije primorske gušterice (*Podarcis siculus*) - GENRALIZ ”.

Projekt GENRALIZ je projekt doc. dr. sc. Anamarije Štambuk, financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ). Upravo se tim projektom pokušava doći do odgovora na pitanje jesu li fenotipske razlike dviju populacija opisanih u prijašnjem poglavlju rezultat rapidne adaptivne evolucije ili refleksija fenotipske plastičnosti vrste. Uz navedeno, pokušava se utvrditi kako fenotipska divergencija i efekt uskog grla utječu na genomsku divergenciju populacija *P. siculus*. Eksperimentalni okvir ovog projekta temeljen je na „Eksperimentu u zajedničkom okolišu“ (eng. „Common garden experiment“) i metodama populacijske genomike (<http://stambuk.biol.pmf.hr/research/research.html>; Pristupljeno: 05.06.2020.; 19:07).

U sljedećim ću poglavljima uvoda ukratko opisati vrstu *P. siculus*, njenu taksonomiju, rasprostranjenost i ekologiju. Zatim slijedi poglavlje o socijabilnosti i čimbenicima koji potencijalno utječu na socijabilnost te poglavlje o potencijalnoj ulozi transpozona u genomskoj fiksaciji svojstava. U zadnjem poglavlju ću opisati eksperiment vezan uz ovaj diplomski rad, kao i hipoteze vezane uz isti.

1.3 Taksonomija i rasprostranjenost primorske gušterice *Podarcis siculus*

Lacertidni rod *Podarcis* spada u grupu guštera koja je evoluirala i diversificirala u Mediteranskom bazenu (Arnold 1973, 1989; Arnold i sur. 2007; Carretero 2008). Trenutno navedenom rodu pripada 20 vrsta guštera, no brojka bi se u budućnosti mogla povećati (Lymberakis i sur., 2008; Carretero 2008). Filogeografskim istraživanjima, znanstvenici su došli do zaključka da postoje četiri glavne filogeografske skupine unutar roda *Podarcis*: Balkanska skupina, Talijanska skupina, Tirensko – Balearska skupina i Ibero - Magrebijska skupina. Uz vrste *Podarcis muralis*, *Podarcis rafonei* i *Podarcis wagleriana*, *Podarcis siculus* spada pod talijansku filogeografsku skupinu (Harris i sur. 2005; Poulakakis i sur. 2005; Arnold i sur. 2007; Carretero 2008). Tablica 1. prikazuje taksonomiju vrste *P. siculus*.

Tablica 1. Taksonomija *Podarcis siculus* (Crnobrnja-Isalović i sur., 2009).

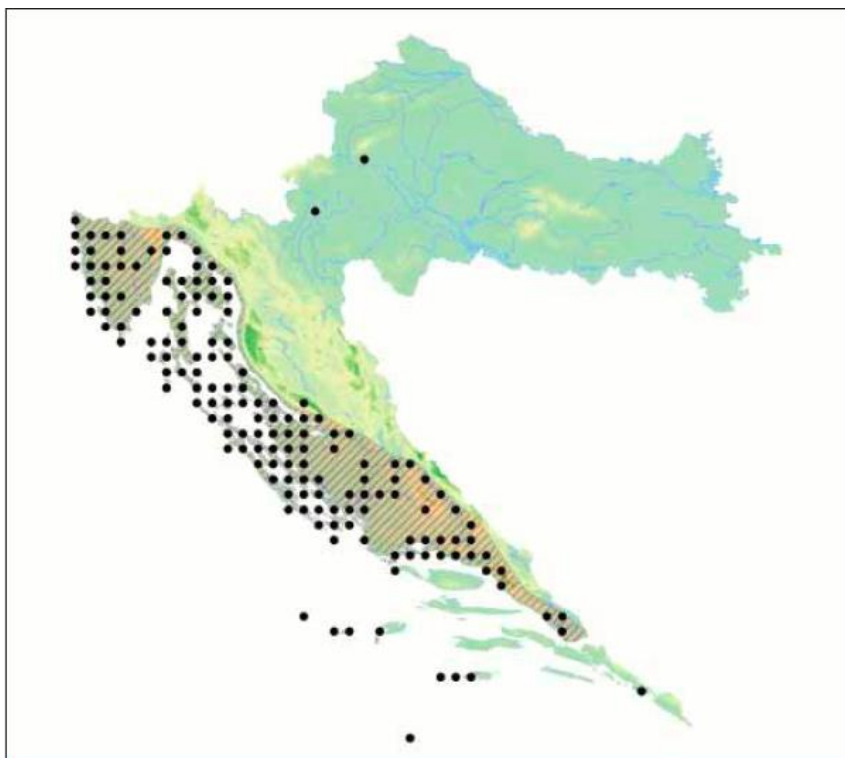
Kingdom	Phylum	Class	Order	Family
Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Lacertidae

Na temelju morfoloških razlika, u Hrvatskoj je opisano 24 podvrste primorske gušterice (Breljić i Džukić, 1974). Neki se autori nisu slagali s postojanjem tolikog broja podvrsta te su analizom 15 morfometrijskih značajki šest otočnih populacija došli do zaključka da bi podjela u dvije grupe – sjevernu i južnu grupu, bila prikladnija (Thorpe, 1980). Novija filogenetska istraživanja koja uključuju većinu opisanih podvrsta na hrvatskom području razlikuju nekoliko skupina primorske gušterice – haplokladovi Adria, dolina rijeke Po, Sušac i Catanzaro (Podnar i sur. 2005; Carretero 2008).

Iako je vrsta kategorizirana pod status najmanje zabrinjavajuće vrste (LC), a često se spominje i kao invazivna vrsta, uvrštena je u Crvenu knjigu vodozemaca i gmazova Republike Hrvatske. Razlog tome je postojanje dvije podvrste (*Podarcis siculus ragusae* i *Podarcis siculus adriaticus*) koje su ocijenjene kao gotovo ugrožene (NT) te se tretiraju kao zasebne konzervacijske jedinice sa specifičnim uzrocima ugroženosti. Zbog svoje brojnosti i invazivnosti, nije zaštićena Zakonom o zaštiti prirode (NN 50/05; 139/08; 57/11). S druge strane, zbog endemskih podvrsta nalazi se na Dodatku IV Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore Europske unije (Direktiva o staništima) te na Dodatku II Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Jelić i sur., 2012).

Primorska gušterica je rasprostranjena u sljedećim zemljama: Italija, Francuska, Slovenija, Švicarska, Bosna i Hercegovina, Crna Gora, Hrvatska, Španjolska, Turska, Libija i SAD (Crnobrnja-Isalović i sur., 2009; Jelić i sur., 2012).

U Hrvatskoj je rasprostranjena u obalnom pojasu i na otocima od Istre pa sve do Neuma (Slika 1.) te je zabilježena izolirana populacija kod Dubrovnika sa posebnom kategorijom zaštite – *Podarcis siculus ragusae* (Podnar i sur., 2005). Također, poznate su introducirane populacije u Zagrebu i Karlovcu (Jelić i sur., 2012). Današnja rasprostranjenost primorske gušterice smatra se posljedicom djelovanja dvaju mehanizama. Prvi mehanizam je prirodna kolonizacija iz Italije, dok je drugi slučajno širenje uzrokovano ljudskim utjecajem (Podnar i sur., 2005).



Slika 1. Potencijalna rasprostranjenost primorske gušterice u Hrvatskoj (Jelić i sur., 2012).

1.4 Opis i ekologija vrste

Primorska gušterica (Slika 2.) doseže maksimalnu duljinu od 9 cm od vrha njuške do nečisnice (Arnold i Overden, 2002). Izražen je spolni dimorfizam u karakteristikama poput veličine tijela, dužine repa i širine glave. Mužjaci u navedenim morfološkim značajkama veličinom nadmašuju ženke (Arnold i Overden, 2002; Vogrin, 2005; Arnold i sur., 2007). Kod ove vrste prisutan je polimorfizam. Leđni dio tijela je zelene, maslinaste ili svijetlosmeđe boje s prugastim uzorkom koji se sastoji od tamnih i svijetlih linija ili niza točaka. Neke populacije imaju mrežasti ili točkasti uzorak. Javljaju se i uniformno obojane jedinke. Trbušni dio je bijele ili sive boje sa zelenkastim prizvukom. Rubne trbušne ploče pune su plavih točaka. U nekih jedinki i populacija javlja se žuto ili narančasto obojenje, dok u nekih melanističko obojenje. (Radovanović, 1951; Arnold i Overden, 2002; Krofel, 2005).

Nalazimo je na otvorenim staništima, obradivim površinama, livadama sa suhozidima, živicama i grmlju, na rubovima šuma, obalama i parkovima (Arnold, 1987). Živi na visinama od 0 m do 2000 m nadmorske visine (Gasc i sur., 1997).



Slika 2. Primorska gušterica *Podarcis siculus* (izvor: Dušan Jelić).

Razmnožavanje se odvija u travnju i svibnju kad mužjaci postaju agresivni radi kompeticije vezane uz pronalazak partnera. Iako je agresivnost najčešće izražena između mužjaka, za vrijeme parenja ženke nisu pošteđene agresije. Zabilježeno je da tijekom parenja, mužjaci čeljustima grizu ženku što je uočeno kod više vrsta unutar roda (Marguš, 2009; Lauš i Zadravec, 2011). U divljini većina pripadnika doseže spolnu zrelost u dobi od jedne godine. Čest je slučaj gdje mužjaci sazrijevaju sa navršenom jednom godinom, dok je ženkama potrebno 1-2 godine. Ženka polaže do pet legla godišnje po 2-12 (često 5-6) jaja. U prvoj godini ženka polaže do dva legla. Nakon 6-8 tjedana iz jaja se izliježu mladunci koji istog trenutka postaju samostalni (Henle i Klaver, 1986; Vervust i sur., 2007). Primijećeno je da ženke iz populacija sa otoka Krka poliježu do dva legla s 3-7 jaja (Radočaj i sur., 2011). Primorska gušterica u zatočeništvu preživljava 13 godina (Henle i Klaver, 1986).

Postoje slučajevi gdje se primorska gušterica pari i daje križance s drugim vrstama unutar roda. Zabilježeno je križanje sa vrstama *P. melisellensis*, *P. waglerianus*, *P. raffonei*, *P. tiliguerta*. Navedeni slučajevi predstavljaju izolirane

populacije na staništima koja su izmijenjena ljudskim djelovanjem (Capula i sur., 1993; Capula, 2002).

Prehrana se uglavnom sastoji od beskralješnjaka i biljnog materijala (npr. smokve). Na manjim otocima zabilježeni su slučajevi kanibalizma koji uključuju hranjenje mladuncima svoje vrste (Capula i sur., 1993; Rugiero, 1994; Grano i sur. 2011). Zabilježena je i prehrana lišćem ili cvijetovima (Zuffi i Giannelli, 2013). Uočeni su neki ekstremni slučajevi prehrane poput hranjenja juvenilnom jedinkom kućnog macaklina *Hemidactylus turcicus* te lešinom malog sisavca *Suncus etruscus* (Capula i Aloise, 2011). Kao potencijalni predatori ove vrste navode se ptice grabljivice, galebovi, zmiје i sisavci (Jelić i sur., 2012).

1.5 Socijalnost i socijabilnost

Temperament je skup bihevioralnih razlika kroz različita vremenska razdoblja i događaje te uključuje karakteristike poput agresivnosti, izbjegavanja noviteta, spremnost na rizik i socijalnost. Navedene karakteristike se mogu izmjeriti pomoću seta korelacijskih, bihevioralnih ili psiholoških varijabli (Réale i sur., 2007). Socijalnost predstavlja količinu motivacije jedinke da formira dugotrajne ili kratkotrajne grupe, u principu s jedinkama iste vrste (Botreau i sur., 2007), što sa sobom donosi mnogo prednosti (Silk i sur., 2007), kao i mnogo rizika (Krause i sur., 2002).

Socijabilnost je pojam koji opisuje količinu motivacije jedinke da ostane u kontaktu s drugim jedinkama iste vrste (Sibbald i sur., 2006). Individualne razlike u karakteristikama ponašanja poput agresije i socijabilnosti, pronađene su kod mnogih kralješnjaka (Bell i sur., 2009). Postoje indikacije da su varijacije u osobnosti nasljedne (Dingemanse i sur., 2002; Drent i sur., 2003; Van Oers i sur., 2005) i imaju utjecaja na fitnes vrste (Dingemanse i Réale, 2005; Smith i Blumstein, 2008). Jedinke, osim što se međusobno razlikuju, pokazuju mogućnost prilagodbe ponašanja ovisno o okolišnim uvjetima. Takva bihevioralna plastičnost može biti slična ili može varirati između jedinki, također može odražavati razlike u osobnosti kroz određeni okolišni gradijent (Dingemanse i sur., 2010). Jedinke mogu varirati u plastičnosti u jednoj bihevioralnoj dimenziji, ali isto tako pokazivati sličnosti u drugim dimenzijama (Biro i sur., 2010).

Gustoća populacije utječe na dostupnost resursa, intraspecijsku kompeticiju, time i na adaptivni fitnes (Cote, Dreiss i Clobert, 2008). Visoke gustoće populacije imaju utjecaj na selekciju protiv temperamenta s visokom razinom agresije (Duckworth i Badyaev, 2007) i protiv temperamenta s niskom razinom socijabilnosti (Cote, Dreiss i Clobert, 2008). Povećanjem gustoće populacije, jedinke s većom razinom socijabilnosti imaju veći fitnes, čime selekcija utječe na povećanje frekvencije socijabilnog fenotipa u populaciji (Heino i sur., 1998). Gustoća mužjaka će biti veća na područjima s većom dostupnosti ženki, dok će gustoća ženki biti veća na mjestima povoljnima za gniježđenje i mjestima koja su bogata hranom (Clutton-Brock i Parker, 1992).

Za vrijeme parenja, mužjaci pokazuju niže razine socijabilnosti. Pokazuju nisku toleranciju prema drugim mužjacima te veću razinu agresije, u svrhu pronalaska spolne partnerice. Zbog toga im se u sezoni parenja povećava teritorij, no van sezone parenja, teritorij im se sužava te pada razina agresije. Smanjenjem aktivnosti izvan sezone parenja, mužjacima se povećava mogućnost preživljavanja te mogućnost reprodukcije u nadolazećoj sezoni parenja (Aragón, Lopez i Martin, 2001).

1.6 Čimbenici koji potencijalno utječu na socijabilnost

U ovom ću poglavlju navesti nekoliko primjera koji su povezani s ulogom osjetila mirisa i vida unutar roda *Podarcis* te nešto o kemijskoj odnosno fiziološkoj prirodi ponašanja i socijabilnosti. Neki se primjeri odnose na druge vrste, no zbog visoke srodnosti s vrstom *P. siculus*, mogu poslužiti u daljnjoj analizi bihevioralnih mehanizama naše vrste od interesa.

Za specifičan komplet bihevioralnih svojstava odgovorni su konzervirani živčani mehanizmi (Libersat i Pflueger, 2004). Poveznica gena, mozga i ponašanja određena je međudjelovanjem tri razine, odnosno tri vremenske skale: fiziološka, razvojna (modifikacije genoma i razvoj mozga) i evolucijska (prirodna selekcija) (Robinson i sur., 2008).

Gušteri su odlični za proučavanje rane evolucije socijalnosti kralješnjaka. Imaju jednostavan obrazac ponašanja koji se lako kvantificira, socijalno ponašanje nije obligatno (neke vrste fakultativno ili povremeno žive u skupinama - često povezano s

razmnožavanjem), dovoljno je varijacija u socijalnim strategijama između pripadnika iste vrste kao i različitih vrsta kako bi se komparativno došlo do validnih zaključaka o evolucijskim procesima (Whiting i While, 2017).

1.6.1 Socijalno učenje i agregacija

Istraživanje povezano sa socijalnim učenjem pokazalo je da su pripadnici vrste *P. siculus* sposobni naučiti određeni zadatak od pripadnika iste ili različite vrste unutar roda. Dakle, interakcija s drugim jedinkama, gušterima olakšava preživljavanje u novom okolišu. Jedinke promatraju okolinu, promatraju djelovanje drugih jedinki te u skladu sa svojim interesima imitiraju određeno ponašanje. Poznato je da je vrsta *P. siculus* veoma uspješna invazivna vrsta te je navedeni mehanizam vjerojatno jedan od faktora koji utječe na uspješnu invaziju (Damas Moreira i sur., 2018).

Pripadnici vrste *Coleonyx variegatus* stvaraju agregacije. One navodno nisu povezane s uspješnom reprodukcijom ili socijalnim prednostima već sa fiziološkim prednostima. Naime, agregacijom gušteri smanjuju evaporaciju vode. Smatra se da je fiziološki benefit agregacije prekursor u evoluciji kompleksnijih socijalnih interakcija (Lancaster, Wilson i Espinoza, 2006).

1.6.2 Osjetilo mirisa

Gmazovi reda Squamata imaju dobro razvijene kemosenzorne mehanizme. Kemijski podražaji su važan izvor informacija iz okoliša (osobito značajan u vrijeme razmnožavanja) te time i bitan faktor u fitnessu vrste (Halpern, 1992; Schwenk, 1995).

Mužjaci vrsta *Podarcis bocagei*, *Podarcis hispanica* i *Podarcis carbonelli* imaju sposobnost diskriminacije konspecijskih ženki od heterospecijskih (zaključeno na temelju indirektnog utjecaja mirisa), dok ženke prve dvije navedene vrste ne diskriminiraju konspecijske mužjake od heterospecijskih mužjaka. Moguće objašnjenje je da ženke imaju reducirano kemosenzorno istraživanje u novom okolišu. Također postoji mogućnost da za diskriminaciju koriste neko drugo osjetilo, kao i da kemikalije koje ispuštaju mužjaci nisu dovoljno evolucijski divergirale da bi ih ženke bile u mogućnosti razlikovati. Navedeno može utjecati na reproduktivnu izolaciju vrsta.

(Barbosa i sur., 2005; 2006). Također je poznato da juvenilne jedinke vrste *P. hispanica* imaju sposobnost kemijskog razlikovanja poznatih jedinki od nepoznatih (Font i Desfilis, 2002).

Podražaji kemijske prirode omogućavaju vrsti *P. hispanica* pristup informacijama o rodno bliskim jedinkama, statusu reproduktivnih ženki, o kompetitivnom potencijalu druge jedinke te kvaliteti teritorija (Font i Desfilis, 2002; Cooper i Perez-Mellado, 2002). Mužjaci *P. hispanica* pokazuju agresivno i teritorijalno ponašanje kao odgovor na miris konspecijskih jedinki, pogotovo u slučaju puštanja mirisa u središnjim dijelovima eksperimentalne kutije (Carazo, Font i Desfilis, 2008).

Kod vrste *Podarcis liolepis*, kemosenzorni sustav je bitan u mužjaka za dobivanje informacija o drugim mužjacima kompetitorima. Evolucija mirisnih oznaka (specifičnih kemijskih spojeva) kod mužjaka uzrokovana je mužjak-mužjak kompeticijom (intraspolnom selekcijom). Ustanovljeno je da ženke u pravilu nemaju veći afinitet prema teritoriju koji je označen mirisom većih/dominantnih mužjaka, što potencijalno znači da miris ne igra značajnu ulogu u pred-kopulacijskom pronalasku partnera. Interspolne razlike u kemorecepciji ukazuju na dimorfizam područja mozga povezanim sa kemosenzornim sustavom. Mirisni pupoljci mužjaka su veći od onih u ženki i pokazuju stalan rast (sezonalni) pod utjecajem adultne neurogeneze (Font i sur., 2012).

1.6.3 Osjetilo vida

Iako je kemorecepcija ključna kod pronalaska partnera ili prepoznavanja seksualnih rivala, kao i izbjegavanja intraspecijske agresivnosti, značajnu ulogu ima i osjetilo vida (Labra i sur., 2001; Cooper i Perez-Mellado, 2002; Cooper i Garstka, 1987; Verbeek 1972; Lopez i Martin, 2001; Barbosa i sur., 2006). Činjenica je da su ženke roda *Podarcis* morfološki sličnije no mužjaci te je moguće da je došlo do selekcijskog pritiska koji kemorecepciju određuje kao primarni mehanizam diskriminacije kod mužjaka (Sa-Sousa, 2001; Sa-sousa i sur., 2002; Barbosa i sur., 2006).

Vrsta *P. muralis* pokazuje polimorfno obojenje (tri ventralna morfa: bijeli, žuti, crveni). Ustanovljeno je postojanje razlika u kemijskom sastavu izlučevina bedrene žlijezde kod različitih morfova mužjaka. Također, razlike u kemijskom sastavu su

uočene i kod mužjaka različite starosti. Pretpostavlja se da su navedene razlike bitne za intraspecijsku komunikaciju te seksualnu selekciju (Pellitteri-Rosa i sur., 2014).

Jedno istraživanje vrste *P. hispanica* pokazuje kako je obojenje bitno za daljinsko prepoznavanje, dok kemosenzorni mehanizam prevladava kod blizinskog prepoznavanja (Lopez i Martin, 2001).

1.6.4 Uloga monoaminskih neurotransmitera u kompetitivnoj ekskluziji

Bazalni gangliji su kod kralješnjaka konzervirani sustavi koji su uključeni u motoričko učenje, donošenje odluka i selekciju ponašanja. Oni su kontrolirani upravo dopaminskim sustavom (Grillner i Robertson, 2016).

Zanimljiv je utjecaj monoaminskih neurotransmitera – serotonin, dopamin i noradrenalin. Potencijalno utječu na ishod interakcije vrste *P. siculus* i *P. melliselensis*. Istraživanjem koje se sastojalo od usporedbe koncentracija navedenih neurotransmitera u mozgu tih dviju vrsta, ustanovljeno je da *P. siculus* sadrži duplo veće koncentracije dopamina u mozgu. Moguće da je razlika u koncentraciji dopamina ključna za kompetitivno isključenje vrste *P. melliselensis* (Nikolic i sur., 2019).

1.7 Uloga transpozona u genomskoj fiksaciji svojstava

Fenotipska plastičnost je definirana kao kapacitet genotipa da se izrazi kroz širok spektar fenotipa, kao odgovor na promjene okolišnih uvjeta (Agrawal, 2001; Bradshaw, 1965; Fordyce, 2006; Pigliucci, 2001, 2005; Pigliucci, Murren, & Schlichting, 2006; Scheiner, 1993; Stearns, 1989).

Danas je poznato da organizmi posjeduju plastična svojstva na razini morfologije, fiziologije, razvoja i ponašanja. Varijacije navedenih setova koriste kao odgovor na promjenu vanjskih uvjeta (West-Eberhard, 2003). Mnogi autori predlažu da okolišno uzrokovane fenotipske varijacije prethode evolucijskoj adaptaciji, naposljetku i specijaciji (Levis i Pfennig, 2019; Pfennig i sur., 2010; West-Eberhard, 2003).

Pimpinelli i Piacentini (2020) navode mnogo primjera o ulozi transpozona kao prepisivača fenotipske plastičnosti u genotipsku varijabilnost. Okolišne perturbacije

induciraju fenotipske varijacije putem epigenetske modulacije ekspresije gena te istovremeno potiču genetsku varijabilnost aktivacijom transpozona, zatim transpozoni selektiraju specifične genetske varijacije te omogućuju nasljeđivanje tih svojstava. U zaključku autori predlažu da je upravo opisani mehanizam potencijalan odgovor na pitanje fenotipske divergencije kod populacije *P. siculus* s otoka Pod Mrčaru. Također, diskutiraju o ulozi mikrobiote u kontekstu hologenomske teorije koju su predložili Zilber-Rosenberg i Rosenberg (2008).

1.8 Testiranje socijabilnosti i hipoteze

Informacije o postojanju fenotipskih razlika između dvije populacije, otvorile su potrebu za testiranjem ponašanja odraslih i juvenilnih jedinki. Socijabilnost je slabo istražena karakteristika osobnosti za koju se vjeruje da utječe na populacijsku dinamiku (Cote i Clobert, 2007; Réale i sur., 2007). U našem slučaju, socijabilnost je količina interakcije s drugim jedinkama. Za testiranje razlika u socijabilnosti, služio sam se 3-komornim testom socijabilnosti (eng. „3-chambered sociability test“) koji je izvorno dizajniran za proučavanje socijabilnosti laboratorijskog miša (Sahgal, 1993).

U ovom se radu istražuju razlike u direktnoj socijabilnosti kod četiri skupine juvenilnih jedinki koje predstavljaju prvu filijalnu generaciju (F1), uzgojenu u izoliranim uvjetima. Potrebno je naglasiti da se u radu ne uzima u obzir informacija o spolu, već su jedinke podijeljene prema podrijetlu roditelja. Prvu skupinu čine juvenilne jedinke čiji su roditelji s otočića Pod Kopište, drugu skupinu čine juvenilne jedinke čiji su roditelji s otoka Pod Mrčaru. Treću i četvrtu skupinu čine juvenilni hibridi nastali recipročnim križanjem roditelja s oba otoka.

Gojak (2020) u svom diplomskom radu pod naslovom „Socijabilnost u zatočeništvu populacija primorske gušterice, *Podarcis siculus* (Rafinesque, 1810), s otočića Pod Kopište i Pod Mrčaru“ utvrđuje razlike u socijabilnosti između populacija te spolova unutar i između populacija s dva otočića. Rezultati upućuju na veću razinu socijabilnosti mužjaka s Pod Mrčaru u odnosu na ženke s oba otoka i mužjake s otoka Pod Kopište. Navedene jedinke su upravo roditelji juvenilnih jedinki koje obrađujem u mojem diplomskom radu. U raspravi ću diskutirati postoje li razlike između juvenilnih jedinki i njihovih roditelja.

Ovaj pristup bi mogao pružati informacije o sličnostima i razlikama u socijabilnosti, kao i informacije o potencijalnoj heritabilnosti navedenih svojstava.

Informacije koje upućuju na veću gustoću populacije, veću razinu socijabilnosti i manju razinu agresivnosti kod populacije *P. siculus* na otoku Pod Mrčaru, kao i informacije iz Gojakovog (2020) istraživanja, predstavljaju temelje za postavljanje moje hipoteze. Prema navedenom, hipotetiziram da postoje značajne razlike u socijabilnosti između četiri skupine juvenilnih jedinki te da jedinke čiji su roditelji s Pod Mrčaru, pokazuju veću razinu socijabilnosti. Potrebno je napomenuti da se navedene skupine testiraju i nakon godinu dana, čime dobivamo informacije o utjecaju starosti na ponašanje. Međutim, to je istraživanje koje slijedi iza ovog rada.

2. Ciljevi

1. Ustanoviti postoje li razlike u direktnoj socijabilnosti kod četiri skupine juvenilnih jedinki *P. siculus*.
2. Diskutirati o dobivenim rezultatima između navedene četiri skupine i rezultatima dobivenim testiranjem njihovih roditelja.

3. Materijali i metode

3.1 Održavanje guštera u izoliranim uvjetima

U našem eksperimentu sudjelovalo je 78 juvenilnih jedinki *P. siculus* starih mjesec dana. Tablica 2. prikazuje broj jedinki po pojedinim istraženim skupinama i podrijetlo roditelja. Naime, skupina KK predstavlja juvenilne jedinke čiji su roditelji s Pod Kopište, dok skupina MM predstavlja juvenilne jedinke čiji su roditelji s Pod Mrčaru. Skupine KM i MK predstavljaju juvenilne jedinke koje su rezultat recipročnog križanja roditelja s oba otoka. Roditeljska generacija je uz dozvolu Ministarstva zaštite okoliša i energetike te etičkog povjerenstva, ulovljena na otocima Pod Mrčaru i Pod Kopište u ožujku 2017. godine. Roditeljske jedinke su dobile individualne oznake (specifična slova i brojke) na temelju specifičnih informacija o jedinkama poput spola i podrijetla.

Roditeljske jedinke su držane u parovima u staklenim terarijima s UV lampom i lampom za grijanje, posudom s vodom i skloništem, u kontroliranim uvjetima (temperatura 28-30 °C danju i 20-22 °C noću te vlažnost zraka 40-60%) u prostorijama Zoološkog vrta grada Zagreb. Hranjeni su šturcima svaki drugi dan.

U terarij kao i u inkubator, postavljen je supstrat za polaganje jaja, vermikulit. Jedinke su redovito pregledavane te se pratilo stanje ženki kako bi se pravodobno otkrivena jaja prebacila u inkubator gdje su bila držana na temperaturi od 28 °C. Nakon izlijevanja, juvenilnim jedinkama su pridodane individualne oznake obzirom na informacije o roditeljima. Jedinke su tretirane istim tretmanom kao i odrasle jedinke, samo što su hranjene juvenilnim šturcima. Jedinke se krajem prosinca postepeno pripremaju za hibernaciju, prestaje im se davati hrana, smanjuje se fotoperiod i temperatura se smanjuje do 10-12 °C. Ostavljaju se samo halogene žarulje koje su upaljene tri sata, od 10-13h. Hibernacija traje do sredine ožujka kada se potpuno produži fotoperiod i temperatura.

Za vrijeme trajanja testova ponašanja, jedinke su premještene u prostorije Zavoda za animalnu fiziologiju Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta. Jedinke su ondje smještene u plastične terarije s podlogom od treseta, posudicom s vodom i PVC cijevi koja na jednom kraju sadrži otvor, dok je na drugom kraju zatvorena ljepljivom trakom. Vлага u zraku je bila 40-60%, svjetlost je pratila

prirodni dnevno-noćni ritam pojedine sezone, dok je temperatura iznosila 30 °C danju i 20 °C noću. Jedinke su svaki drugi dan hranjene šturcima.

Testiranje se vršilo u razdoblju od početka srpnja 2018. godine do kraja rujna 2018. godine. U trenutku testiranja, juvenilne jedinke su bile stare mjesec dana.

Tablica 2. Prikaz istraživanih skupina. Prvi stupac predstavlja skupine od interesa, drugi stupac predstavlja broj jedinki unutar pojedine skupine, dok treći stupac podrijetlo roditelja.

Skupine	Broj jedinki	Podrijetlo roditelja
KK	22	♀ - Pod Kopište X ♂ - Pod Kopište
KM	10	♀ - Pod Mrčaru X ♂ - Pod Kopište
MK	24	♀ - Pod Kopište X ♂ - Pod Mrčaru
MM	22	♀ - Pod Mrčaru X ♂ - Pod Mrčaru

3.2 Testiranje socijabilnosti

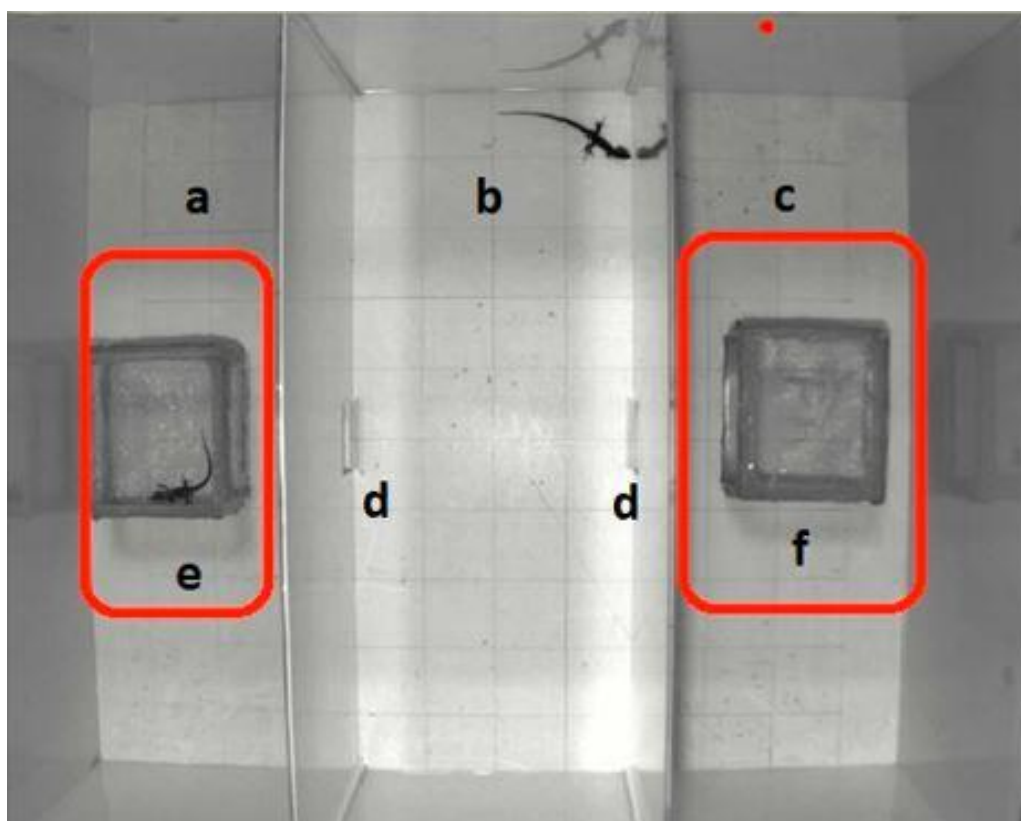
Socijabilnost je pojam koji u našem slučaju opisuje afinitet pojedinih jedinki prema ostvarivanju kontakta s ostalim jedinkama.

U mojem eksperimentu postavio sam vremenska i prostorna ograničenja. Služio sam se 3-komornim testom socijabilnosti (eng. „3-chambered sociability test“). To je ustvari eksperimentalna kutija s tri odjeljka, koja je izvorno dizajnirana za proučavanje socijabilnosti laboratorijskog miša (Sahgal, 1993) (Slika 3.). Prozirna plastična vratašca izoliraju središnji odjeljak od ostalih odjeljaka.

Fokalni gušter i gušter na čiji se miris testira, nježno se umetnu u PVC cjevčice u svom terariju, gdje su izolirani dvije minute. S jedne strane kutije nalazi se odjeljak s praznim kavezom, dok s druge strane odjeljak s kavezom u kojem je drugi gušter (prvo se gušter rastrči po odjeljku kako bi ostavio svoj miris) čiji izgled i miris utječu na fokalnog guštera. U svakom pojedinom tretmanu jedinka fokalnog guštera se postavlja u sredinu, gdje se pet minuta prilagođava na nove uvjete te ima mogućnost vizualnog pregleda ostalih odjeljaka (kroz prozirna vratašca). Nakon 5 minuta vratašca se

otvaraju i slijedi snimanje dinamike kretanja i reakcije guštera u vremenskom ograničenju od 20 min.

Prije svakog pojedinog testiranja potrebno je dezinficirati kutiju, postolje i kaveze kako miris ne bi utjecao na testiranja koja slijede. Pošto je testiranjem obuhvaćeno 78 guštera, kao rezultat dobivamo 78 snimki koje smo kasnije pregledali i ručno obradili. Podaci koje dobivamo su kumulativno vrijeme u pojedinim odjeljcima, kumulativno vrijeme u zonama (zona predstavlja područje koje je udaljeno do jedan i pol kvadrat od kaveza) gdje su kavezi (prazan ili pun), latencije (vrijeme potrebno da gušter dođe prvi put u kontakt s pojedinim odjeljcima, zonama ili u kontakt s drugim gušterom) te frekvencija kontakta (broj kontakata s gušterom u kavezu) i frekvencija ulaska (broj ulazaka) u pojedine odjeljke ili zone (Slika 3.).



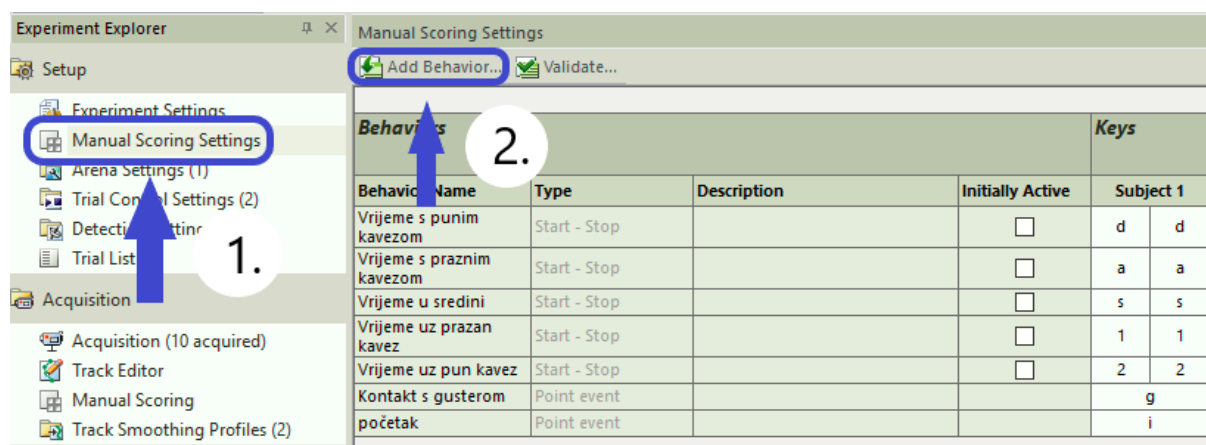
Slika 3. Prikaz 3-komornog testa socijabilnosti s fokalnim gušterom u središnjem odjeljku i prezentiranim gušterom u kavezu u lijevom odjeljku. Na slici, oznaka a označava odjeljak s prezentiranim gušterom (varijable: $S_{punim}(t)$, $S_{punim}(L)$, $S_{punim}(f)$), oznaka b središnji odjeljak (varijable: $Sredina(t)$, $Sredina(f)$), oznaka c odjeljak s praznim kavezom (varijable: $S_{praznim}(t)$, $S_{praznim}(L)$, $S_{praznim}(f)$), oznaka d označava prolaze, odnosno vratašca, dok oznaka e označava zonu uz kavez sa prezentiranim gušterom (varijable: $Uz_{pun}(t)$, $Uz_{pun}(L)$, $Uz_{pun}(f)$) te oznaka f

zonu uz prazan kavez (varijable: Uz_prazan(t), Uz_prazan(L), Uz_prazan(f)). Uz navedeno, prati se frekvencija kontakta s gušterom u kavezu (Kontakt(f)). Nazivi u zagradama predstavljaju imena testiranih varijabli.

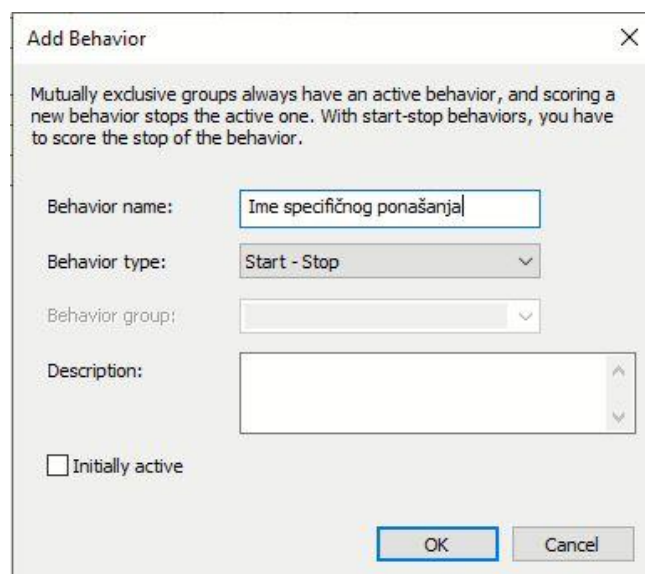
3.3 Smjernice za analizu video snimki u programu EthoVision

Prije analize video snimki imamo pohranjenu (back-upanu) datoteku s .evxt ekstenzijom. Potrebno je Ethovision USB priključiti u računalo, otvoriti program te čim se otvori prozor s raznim opcijama, odabrati opciju „Restore backup...“. Pronađemo mjesto gdje smo tu datoteku spremili te ju otvorimo. U toj datoteci se nalaze video snimke našeg eksperimenta. Zatim je potrebno kliknuti na karticu „Aquisition“ koja se nalazi u izborniku „Explorer“ i aquirati („zadobiti“) sve video snimke što može potrajati nekoliko sati (ovisno o količini). Nakon toga su video snimke spremne za obradu.

Kao sljedeći korak potrebno je otvoriti karticu „Manual scoring settings“ (Slika 4.) i dodavati ponašanja od interesa, ona koja ćemo kasnije bilježiti kroz video snimku. Kliknemo na karticu „Add behaviour“, odaberemo ime ponašanja, tip ponašanja koji može biti tipa „Start-stop“ (kontinuirano ponašanje gdje klikom određujemo početak i kraj ponašanja) ili „Point event“ (klikom odredimo točkasti događaj unutar trajanja video snimke) (Slika 5.). Nakon što smo dodali ponašanja, postoji stupac pod nazivom „Initially active“ u kojem za svako pojedino ponašanje odredimo želimo li da bude aktivirano od početka video snimke ili želimo ručno odrediti vrijeme početka ponašanja (Slika 4.). U stupcu „Subject 1“ određujemo znakove sa tipkovnice kao komandne tipke za svako pojedino ponašanje. Poželjno je za sva ponašanja odabrati tipke koje nisu previše udaljene na tipkovnici, kako bi bilježenje bilo olakšano (Slika 4.).



Slika 4. Prikaz procesa dodavanja pojedinih ponašanja u programu EthovisionXT.



Add Behavior

Mutually exclusive groups always have an active behavior, and scoring a new behavior stops the active one. With start-stop behaviors, you have to score the stop of the behavior.

Behavior name: Ime specifičnog ponašanja

Behavior type: Start - Stop

Behavior group:

Description:

☐ Initially active

OK Cancel

Slika 5. Prikaz odabira pojedinog ponašanja u programu EthoVisionXT.

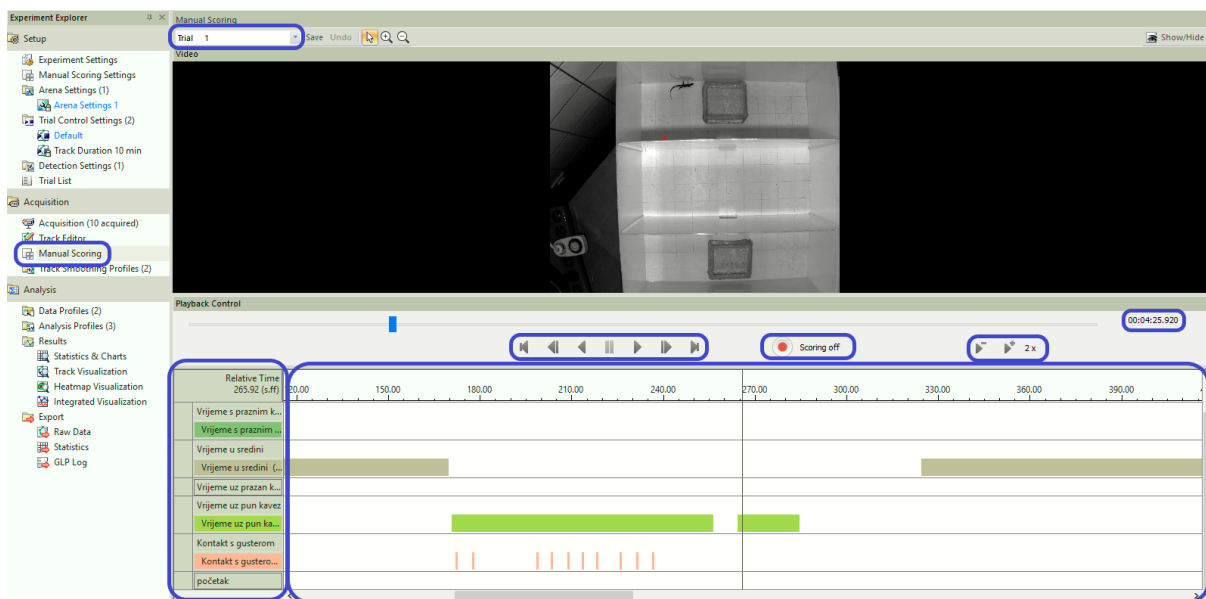
Nakon što smo definirali ponašanja i sukladno s njima pridodali specifične znakove na tipkovnici, možemo započeti s analizom ponašanja.

Za početak je potrebno otvoriti karticu „Manual scoring“ (Slika .6.). Sučelje „manual scoring-a“ organizirano je na način koji omogućava jednostavno korištenje i analizu video snimke. Pri samom vrhu, ispod naziva „Manual scoring“ nalazi se izbornik koji služi odabiru pojedine video snimke odabrane datoteke. U ovom izborniku se mijenjaju i spremaju snimke nakon završetka obrade. Ispod navedenog izbornika nalazi se video snimka koja nam vizualno pomaže pri određivanju pojedinih komponenti ponašanja. Ispod video snimke nalazi se pomična traka na kojoj uz pomoć lijevog klika i pomicanja miša udesno ili ulijevo možemo odrediti pomicanje video snimke unaprijed ili unazad. Odmah desno, pored navedene trake, nalazi se ukupno vrijeme trajanja video snimke.

Ispod trake nalaze se naredbe koje omogućuju detaljno pomicanje snimke unaprijed ili unazad, pomicanje snimke na kraj ili na početak te automatsku reprodukciju snimke. Pored navedenih naredbi desno, nalazi se naredba za snimanje, koju je potrebno uključiti lijevim klikom prije nego krenemo analizirati snimku ponašanja. Desno od navedene naredbe, nalazi se naredba koja omogućuje regulaciju brzine automatske reprodukcije snimke.

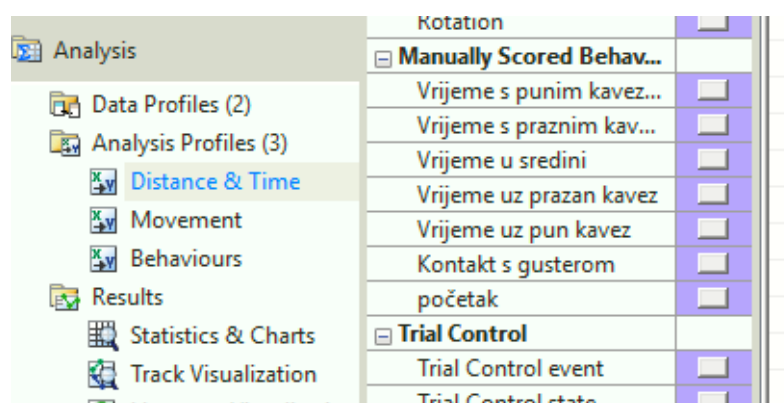
Ispod navedenih naredbi nalazi se vremenska traka koja također određuje ukupno vrijeme trajanja snimke i koja se može kontrolirati lijevim klikom miša te povlačenjem ulijevo ili udesno. To je najčešći alat kojeg koristimo za analizu snimke. Navedena traka je podijeljena u redove koji predstavljaju pojedina ponašanja i događaje koje smo prvotno odredili u izborniku „Manual scoring settings“ te kojima smo pridodali odgovarajuće komandne tipke na tipkovnici. Ukoliko kliknemo na tipku koja predstavlja „Start-stop“ događaj, nakon čega pokrenemo snimku ili napredujemo kroz snimku pomoću miša, vrijeme odabranog ponašanja će rasti i snimka će primicati u smjeru najvećeg vremena (kraja snimke).

U trenutku kad na snimci vidimo kraj određenog ponašanja, odgovarajućom tipkom (istom tipkom) prekinemo navedeno ponašanje i kliknemo tipku za novo ponašanje koje primjećujemo kod guštera. Ukoliko kliknemo na komandu koju smo prvotno odredili kao „Point event“, na traci će se događaj zabilježiti u obliku crtice (točkastog događaja). Budući da taj događaj predstavlja frekvenciju, aktivnost nije potrebno isključiti ponovnim klikom komandne tipke. Različita ponašanja se na traci prikazuju različitim bojama. Duplim klikom na traku koja predstavlja jedno od ponašanja, moguće je izbrisati dio koji se nalazi lijevo ili desno od vertikalne linije koja označava određeni trenutak snimke. Uvijek postoji mogućnost pogreške te je to dobar način za izbrisati specifični segment unutar snimke. Nakon što smo obradili sve snimke jedne datoteke kliknemo na karticu „Save“ koja se nalazi pored izbornika za snimke.



Slika 6. Prikaz ručne obrade video snimki.

Nakon što su snimke obrađene potrebno je generirati tablicu koja će nam služiti u daljnjoj statističkoj analizi podataka. Kako bi pri generiranju tablice dobili odgovarajuće vrijednosti zadanih parametara, potrebno je kliknuti na karticu „Analysis Profiles“ unutar koje kliknemo na karticu „Distance & Time“. Time dobijemo stupac sa zavisnim varijablama („Dependent Variables“). Unutar stupca nalazi se kartica koja se zove „Manually Scored Behavior“. Ispod navedene kartice se nalaze podkartice koje treba pojedinačno otvoriti i označiti parametre predviđene za pojedina ponašanja. Dakle otvorimo podkarticu, u novom prozoru odaberemo karticu „Trial Statistics“, unutar koje klikom odabiremo parametre poput frekvencije („frequency“), kumulativnog trajanja („cumulative duration“) i latencije do prvog („latency to first“), te kliknemo „Ok“ za svako pojedino ponašanje (Slika 7.).



Slika 7. Odabir parametara koje želimo obuhvatiti u tablici.

Zatim kliknemo na karticu „Results“, na podkarticu „Statistics & Charts“, te u otvorenom prozoru na karticu „Calculate“ čime se generira tablica s željenim podacima. Tablicu je zatim potrebno izvesti klikom na karticu „Export Data“ čime dobivamo željene podatke u excel tablici (Slika 8.).

The screenshot shows the 'Statistics & Charts' window in EthoVisionXT. The left sidebar contains a tree view with categories: Setup (Experiment Settings, Manual Scoring Settings, Arena Settings (1), Trial Control Settings (2), Detection Settings (1), Trial List), Acquisition (Acquisition (10 acquired), Track Editor, Manual Scoring, Track Smoothing Profiles), and Analysis (Data Profiles (2), Analysis Profiles (3), Distance & Time, Movement, Behaviours, Results, Statistics & Charts, Track Visualization, Heatmap Visualizati..., Integrated Visualizati...). The main window displays a table of trial statistics for 'Result 1' under the 'Group Statistics & Charts' tab. The table has columns for animal ID, trial number, animal ID, frequency, cumulative duration, latency to first, and frequency, cumulative duration, latency. The data is grouped by trial number (1-10) and animal ID (KK 304, MM 305, MM 308, KK 300, KK 301, MM 303, MM 307, KK 300, MM 306, MM 303, MM 302, MM 309).

		animal ID	Vrijeme s punim kavezom			Vrijeme s praznim kavezom		
			Frequency	Cumulative Duration	Latency to First	Frequency	Cumulative Duration	Latency
Result 1	Trial 1	KK 304 sa KM 306	3	630.7200	169.9200	1	142.0800	912.
	Trial 2	MM 305 sa KM 307	0	0.0000	-	1	1071.3600	128.
	Trial 3	KM 308 na KK 300	1	314.4000	54.7200	3	668.1600	391.
	Trial 4	KK 301 na MM 303	4	762.2400	118.5600	2	194.4000	681.
	Trial 5	KM 307 na KM 309	0	0.0000	-	1	571.2000	628.
	Trial 6	KK 300 na MM 302	4	355.2000	80.1600	4	344.6400	180.
	Trial 7	KM 306 na KM 308	1	153.6000	1046.4000	1	747.3600	250.
	Trial 8	MM 303 na MM 305	2	393.6000	101.7600	4	580.3200	188.
	Trial 9	MM 302 na KK 304	1	179.0400	404.1600	1	603.3600	596.
	Trial 10	MM 309 na KK 300	3	197.7600	576.4800	3	292.8000	202.

Slika 8. Generiranje tablice sa željenim podacima.

3.4 Položaj i bilježenje aktivnosti jedinke u prostoru

U prijašnjem poglavlju opisao sam kako koristiti sučelje programa EthoVisionXT u svrhu istraživanja socijalnosti. U ovom poglavlju ću opisati kako bilježiti pojedino ponašanje kroz video snimku. Dakle, potrebno je postaviti granice koje predstavljaju prijelaz iz jednog događaja u snimci u drugi događaj.

Kao što je već navedeno, postoje dvije vrste ponašanja: „Start-stop“ događaj i „Point-event“. „Start-stop“ je kontinuirani događaj i odnosi se na odjeljke u kojima fokalna jedinka provodi vrijeme. Dokle god je jedinka cijelim tijelom u jednom od predviđenih odjeljaka, pojedino ponašanje je uključeno. U trenutku kad glava fokalnog guštera pređe u drugi odjeljak, isključuje se vrijeme prijašnjeg odjeljka i uključuje vrijeme novog.

U slučajevima kad se fokalni gušter nalazi u jednom od dva odjeljka s kavezom, potrebno je uključiti vrijeme koje gušter provodi uz kavez ukoliko glavom prije otprilike jedan i pol kvadrat (na podlozi na kojoj se odvija eksperiment iscrtani su kvadrati) od kaveza. U takvim slučajevima, dokle god fokalni gušter provodi vrijeme uz kavez

(Uz_pun ili Uz_prazan), simultano su uključena vremena uz kavez i vrijeme u odjeljku s kavezom (S_punim ili S_praznim).

U slučaju kad fokalni gušter glavom ili jezikom dotiče (ili postoje bilo kakve indikacije da aktivno sudjeluje u socijalnoj interakciji) kavez u kojem se nalazi druga jedinka, događaj se uključi putem komande na tipkovnici koja je predviđena za „Point-event“. Ukoliko jedinka duže vrijeme zadržava kontakt s drugom jedinkom, „Point-event“ se uključuje svake četiri sekunde. U slučaju kad se subjekt nađe iznad kaveza, vrijeme uz kavez se mjeri, ali se to ne ubraja kao kontakt, stoga se „Point-event“ ne uključuje.

Sredina(t) predstavlja kumulativno vrijeme provedeno u središnjem odjeljku. S_praznim(t) predstavlja kumulativno vrijeme provedeno u odjeljku s praznim kavezom. S_punim(t) predstavlja kumulativno vrijeme provedeno u odjeljku s punim kavezom. Uz_prazan(t) predstavlja kumulativno vrijeme provedeno uz prazan kavez. Uz_pun(t) predstavlja kumulativno vrijeme provedeno uz kavez s prezentiranim gušterom (Tablica 3.).

Pošto se vratašca koja dijele dva odjeljka od središnjeg odjeljka podižu nakon početka snimanja, pri obradi snimke potrebno je pričekati da se istraživač makne iz kadra. Od tog trenutka, pričekava se još pet sekundi, nakon čega kreće vrijeme u sredini (Sredina(t)). Generiranjem tablice, dobiva se varijabla pod nazivom Sredina(L) koja predstavlja latenciju, odnosno vrijeme do početka bilježenja kumulativnog vremena u sredini. Kako bi u tablici dobili ostale validne latencije, potrebno je kod svake snimke, vrijednost navedene varijable (Sredina(L)) oduzeti od svih ostalih latencija. Iz toga dobivamo sljedeće latencije: S_punim(L), S_praznim(L), Uz_pun(L), Uz_prazan(L), Kontakt(L) (Tablica 3.).

Frekvencija predstavlja broj ulazaka u određeni odjeljak ili zonu, kao i broj kontakata s drugim gušterom iz kaveza (S_punim(f), S_praznim(f), Sredina(f), Uz_pun(f), Uz_prazan(f), Kontakt(f)) (Tablica 3.).

3.5 Statistička obrada podataka

Za statističku obradu podataka, koristio sam računalni program RStudio. RStudio je integrirana razvojna okolina za programski jezik R. Za izradu box-plotova, koristio sam paket „ggplot2“ (instalacija paketa: `install.packages („tidyverse“)` ili `install.packages („ggplot2“)`). Pri statističkoj analizi korištene su varijable opisane u Tablici 3.

Podaci nisu zadovoljili uvjete potrebne za provedbu parametrijskog testa. Za usporedbu četiri skupine po različitim varijablama, koristio sam neparametrijski test Kruskal – Wallis.

Kruskal – Wallis test predstavlja test analize varijance u kojem se umjesto brojčanih mjernih podataka služimo rangovima. On predstavlja prošireni test sume rangova (Petz, 1997). Koristi se kako bi se utvrdilo postoje li statistički značajne razlike između dviju ili više nezavisnih grupa koje se sastoje od jednakog ili različitog broja uzoraka. Rezultati testa pružaju informaciju o postojanju razlika između skupina. Međutim, ukoliko ta razlika postoji, ne dobivamo detaljnu informaciju o razlici između pojedinih skupina. Informacije o razlikama između pojedinih skupina dobivamo post – hoc testovima (Field, 2009). Ovom sam testu podvrgnuo sve varijable. Iz dobivene vrijednosti p može se zaključiti postoji li (za $p < 0.05$) ili ne postoji (za $p > 0.05$) statistički značajna razlika između četiri testirane skupine.

Kao post-hoc test, koristio sam Dunnov post-hoc test koji je kompatibilan s Kruskal-Wallis testom te prilikom usporedbe koristi iste rangove koji su prvotno doveli do zaključka da postoji značajna statistička razlika između skupina. U ovom koraku dobivamo informaciju između kojih skupina postoji razlika (Conover i Iman, 1979).

Tablica 3. Naziv i opis varijabla korištenih u obradi podataka.

Varijabla	Opis varijable
Sredina (t)	Kumulativno vrijeme – odjeljak u sredini (s)
S_praznim (t)	Kumulativno vrijeme – odjeljak s praznim kavezom (s)
S_punim (t)	Kumulativno vrijeme - odjeljak s punim kavezom (s)
Uz_prazan (t)	Kumulativno vrijeme – zona uz prazan kavez (s)
Uz_pun (t)	Kumulativno vrijeme – zona uz pun kavez (s)
S_praznim (L)	Latencija - odjeljak s praznim kavezom (s)
S_punim (L)	Latencija – odjeljak s punim kavezom (s)
Uz_prazan (L)	Latencija – zona uz prazan kavez (s)
Uz_pun (L)	Latencija – zona uz pun kavez (s)
Kontakt (L)	Latencija – kontakt s drugim gušterom (s)
Sredina (f)	Broj pristupa odjeljku u sredini iz drugih odjeljaka (n)
S_praznim (f)	Broj pristupa odjeljku s praznim kavezom iz sredine (n)
S_punim (f)	Broj pristupa odjeljku s punim kavezom iz sredine (n)
Uz_prazan (f)	Broj pristupa zoni uz prazan kavez iz odjeljka s praznim kavezom (n)
Uz_pun (f)	Broj pristupa zoni uz pun kavez iz odjeljka s punim kavezom (n)
Kontakt (f)	Broj pristupa drugom gušteru (n)

4. Rezultati

Obzirom da je cilj rada usporediti socijabilnost četiri skupine guštera, varijable opisane u Tablici 3. podvrgnute su Kruskal-Wallis testu.

Tablica 4. prikazuje rezultate Kruskal-Wallis testa. Prvi stupac prikazuje pojedine varijable, drugi stupac prikazuje pojedine hi kvadrat vrijednosti, p vrijednosti i stupnjeve slobode.

Iz rezultata Kruskal-Wallis testa, vidljivo je da se četiri skupine guštera statistički značajno ne razlikuju u niti jednoj testiranoj varijabli. Rezultati Dunn-ovog post hoc testa također ne pokazuju značajne razlike između pojedinih skupina.

Na Slici 10. vidljivo je minimalno povećanje kumulativnog vremena s praznim kavezom ($S_{\text{praznim}}(t)$) kod skupine KM. Međutim, razlika nije značajna. Slični obrazac je vidljiv na Slici 11. koja prikazuje kumulativno vrijeme u zoni uz prazan kavez ($Uz_{\text{prazan}}(t)$).

Slika 12. prikazuje minimalno povećanje kumulativnog vremena u odjeljku s punim kavezom ($S_{\text{punim}}(t)$) kod skupine KK u odnosu na ostale skupine, ali razlika je neznajna.

Slika 16. vizualno prikazuje minimalno povećanje vremena latencije do odjeljka s punim kavezom ($S_{\text{punim}}(L)$) kod skupine KM, ali je razlika također neznajna.

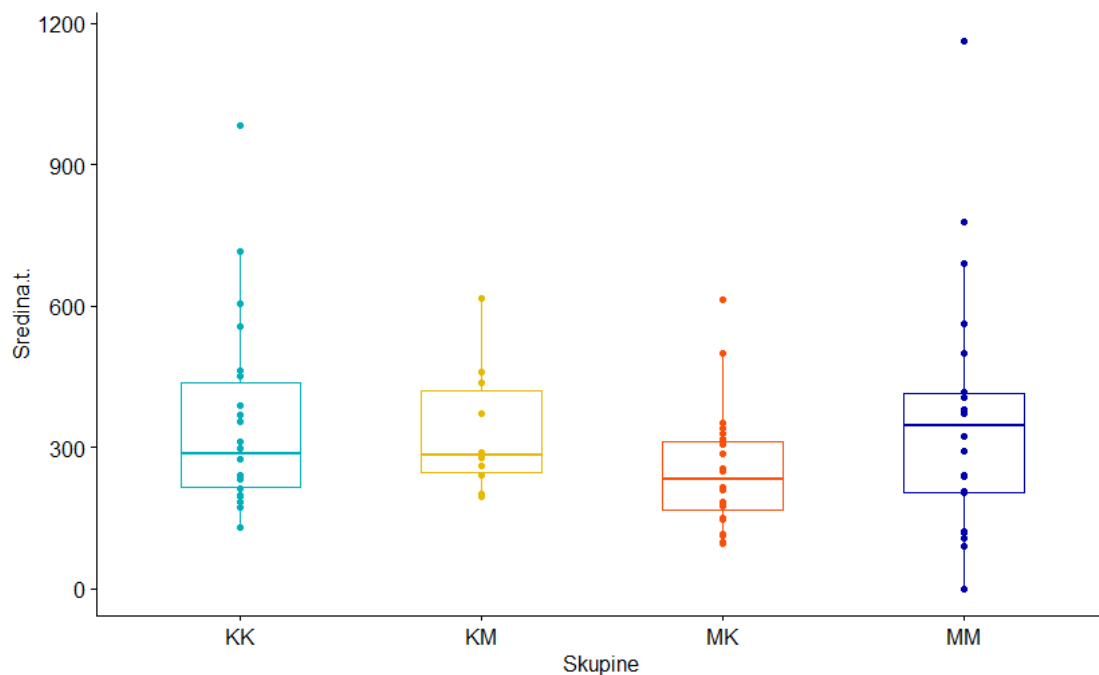
Unatoč nepostojanju značajne razlike između skupina prema različitim varijablama, rezultate ću prikazati pomoću boxplot grafičkih prikaza u svrhu vizualne procjene razlika između skupina. Nadolazeća poglavlja su podijeljena obzirom na informaciju, odnosno tip podataka. Prvo slijede kumulativna vremena u pojedinim odjeljcima ili zonama, zatim latencije pristupa pojedinim odjeljcima, zonama ili drugom gušteru te frekvencije pristupa odjeljcima, zonama ili drugom gušteru.

Boxplot koristi medijan (horizontalna linija) kao mjeru centralne tendencije i prikazuje raspone (kvartile) koji uključuju po 25 % podataka. Prvi i četvrti kvartil se prikazuju kao segmenti (eng. whiskers). Drugi i treći kao boksovi, a dijeli ih medijan. Točke predstavljaju pojedine opservacije. Točke koje se nalaze izvan dosega segmenta predstavljaju atipične vrijednosti (eng. outliers).

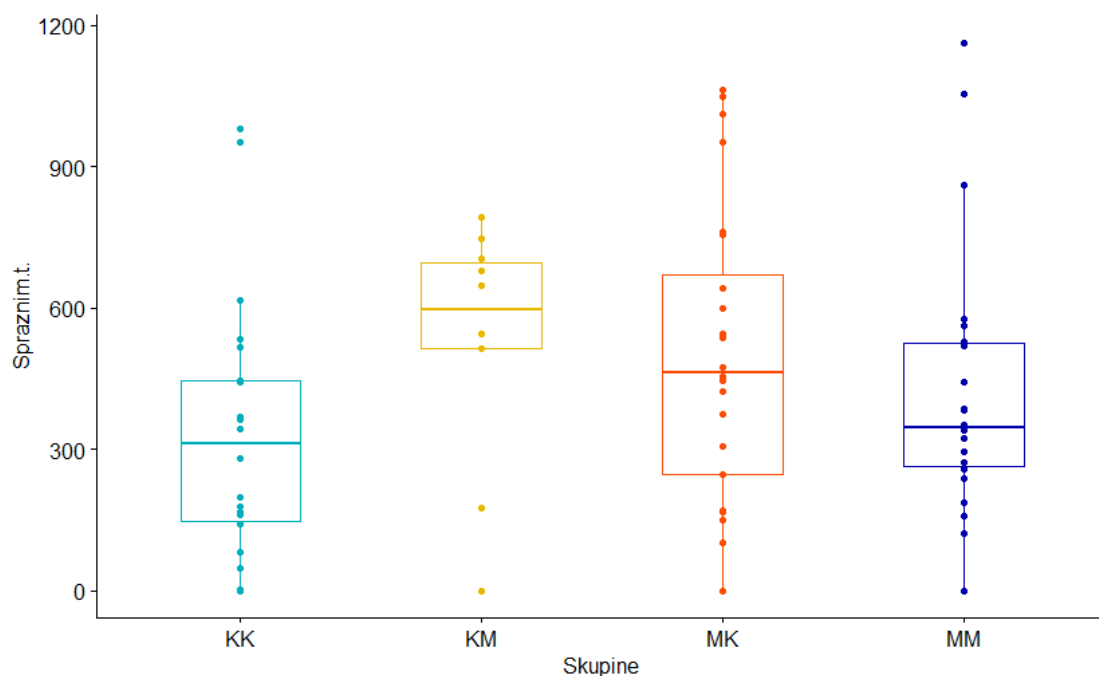
Tablica 4. Varijable korištene pri obradi podataka i rezultati Kruskal-Wallis testa.

Varijabla	Rezultati Kruskal-Wallis testa
Sredina (t)	$\chi^2 = 4.43$, $p = 0.22$, $df = 3$
S_praznim (t)	$\chi^2 = 6.66$, $p = 0.084$, $df = 3$
S_punim (t)	$\chi^2 = 3.05$, $p = 0.38$, $df = 3$
Uz_prazan (t)	$\chi^2 = 6.22$, $p = 0.1$, $df = 3$
Uz_pun (t)	$\chi^2 = 1.48$, $p = 0.69$, $df = 3$
S_praznim (L)	$\chi^2 = 2.29$, $p = 0.51$, $df = 3$
S_punim (L)	$\chi^2 = 1.04$, $p = 0.79$, $df = 3$
Uz_prazan (L)	$\chi^2 = 4.09$, $p = 0.25$, $df = 3$
Uz_pun (L)	$\chi^2 = 0.69$, $p = 0.88$, $df = 3$
Kontakt (L)	$\chi^2 = 0.59$, $p = 0.9$, $df = 3$
Sredina (f)	$\chi^2 = 0.87$, $p = 0.83$, $df = 3$
S_praznim (f)	$\chi^2 = 0.48$, $p = 0.92$, $df = 3$
S_punim (f)	$\chi^2 = 2.17$, $p = 0.54$, $df = 3$
Uz_prazan (f)	$\chi^2 = 6.06$, $p = 0.11$, $df = 3$
Uz_pun (f)	$\chi^2 = 1.3$, $p = 0.73$, $df = 3$
Kontakt (f)	$\chi^2 = 1.42$, $p = 0.7$, $df = 3$

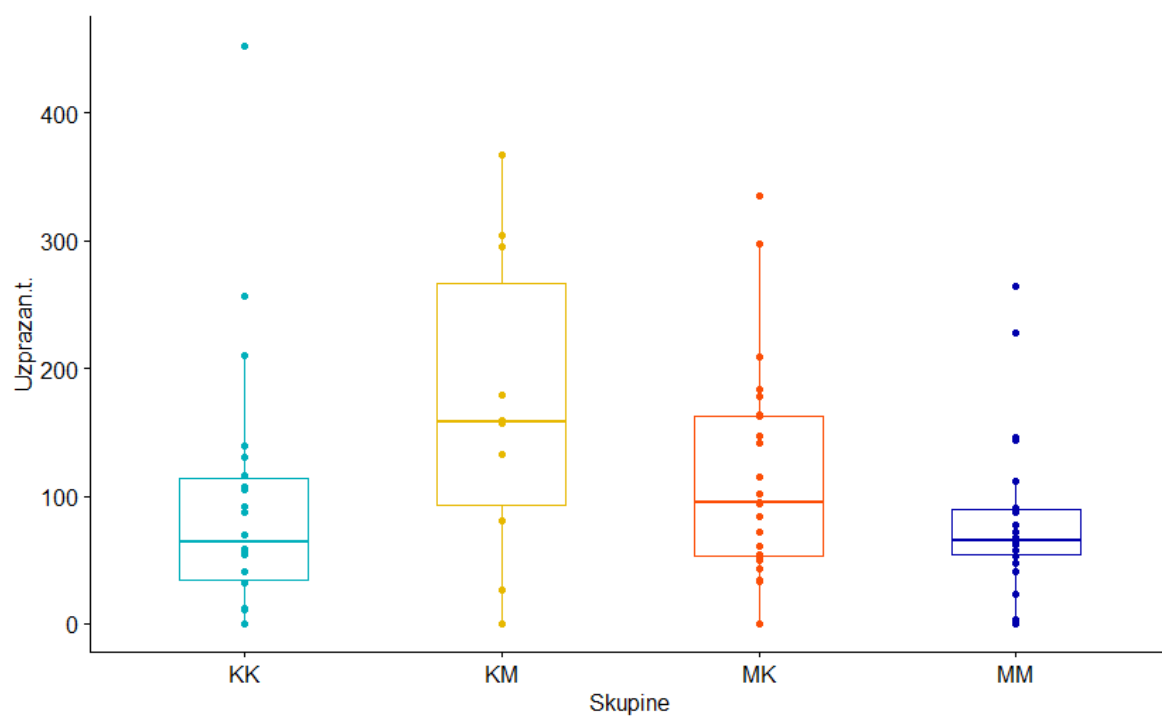
4.1 Kumulativna vremena



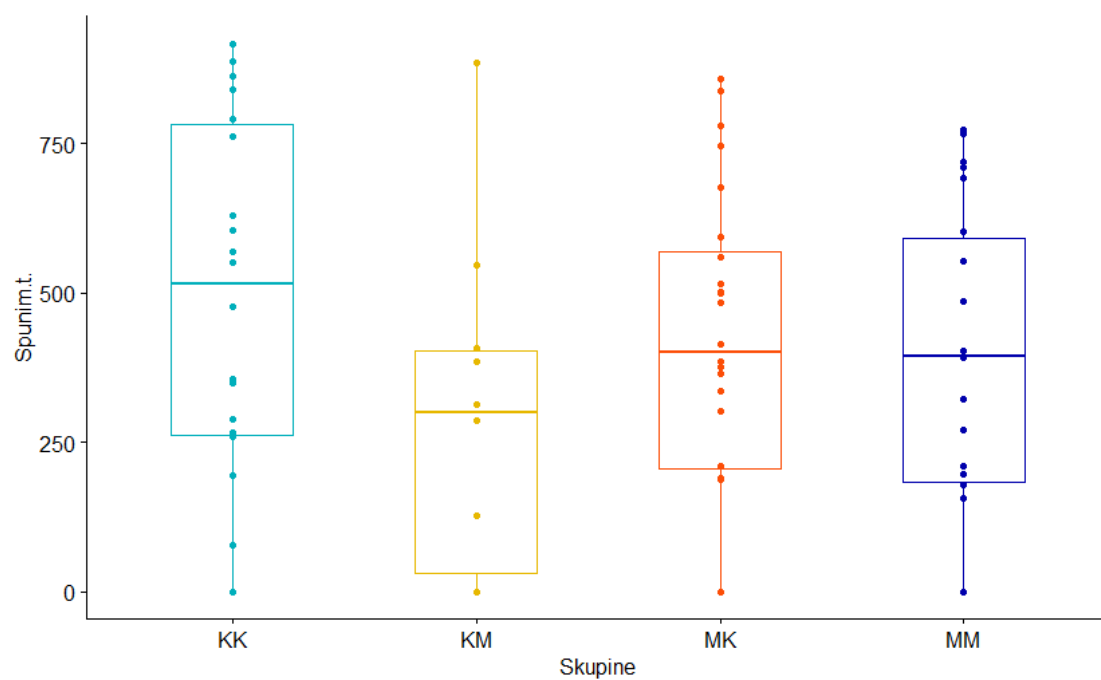
Slika 9. Boxplot prikaz kumulativnog vremena provedenog u sredini u sekundama (Sredina(t)), prema skupinama.



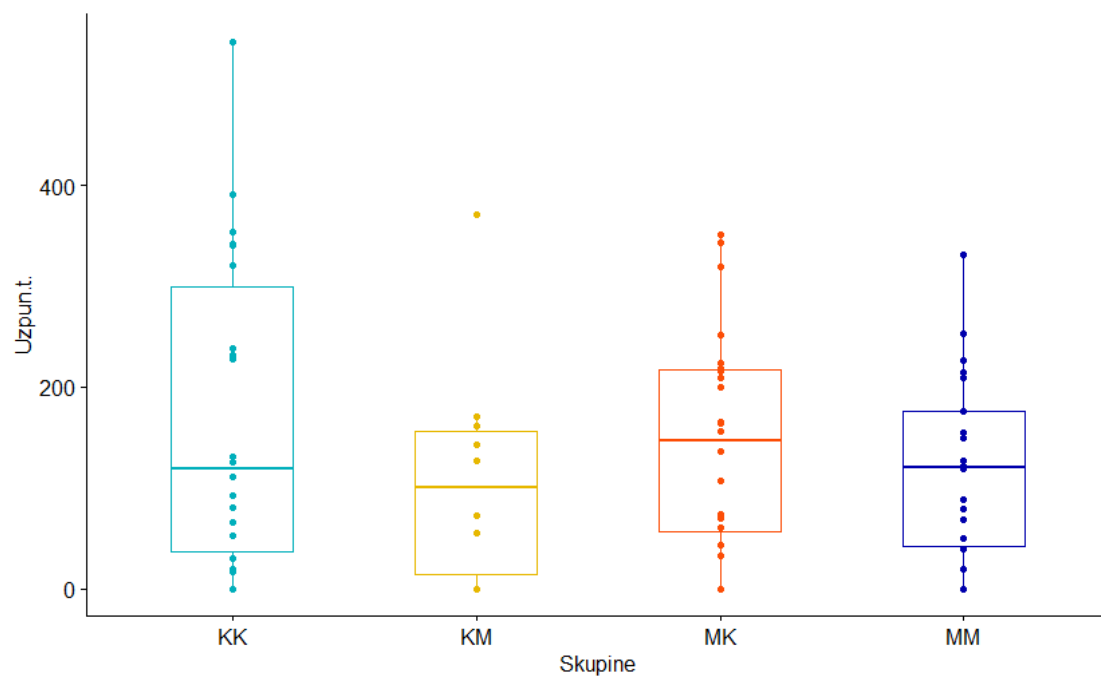
Slika 10. Boxplot prikaz kumulativnog vremena provedenog u odjeljku s praznim kavezom u sekundama (S_praznim(t)), prema skupinama.



Slika 11. Boxplot prikaz kumulativnog vremena uz prazan kavez u sekundama (Uz_prazan(t)), prema skupinama.

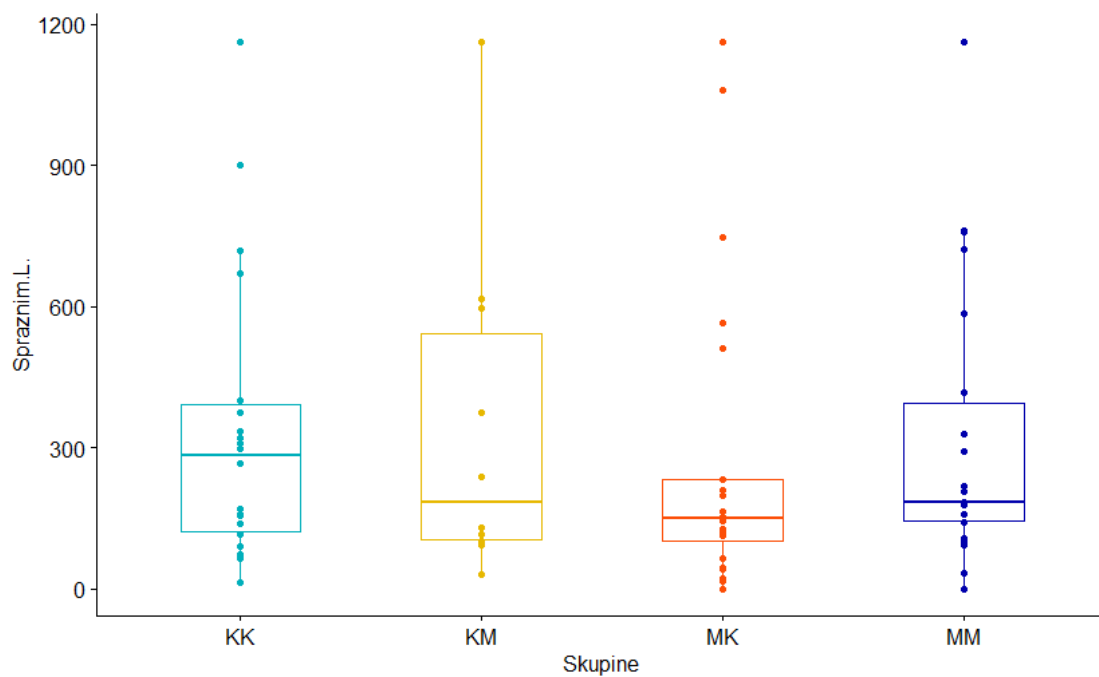


Slika 12. Boxplot prikaz vremena provedenog u odjeljku s punim kavezom u sekundama (S_punim(t)), prema skupinama.

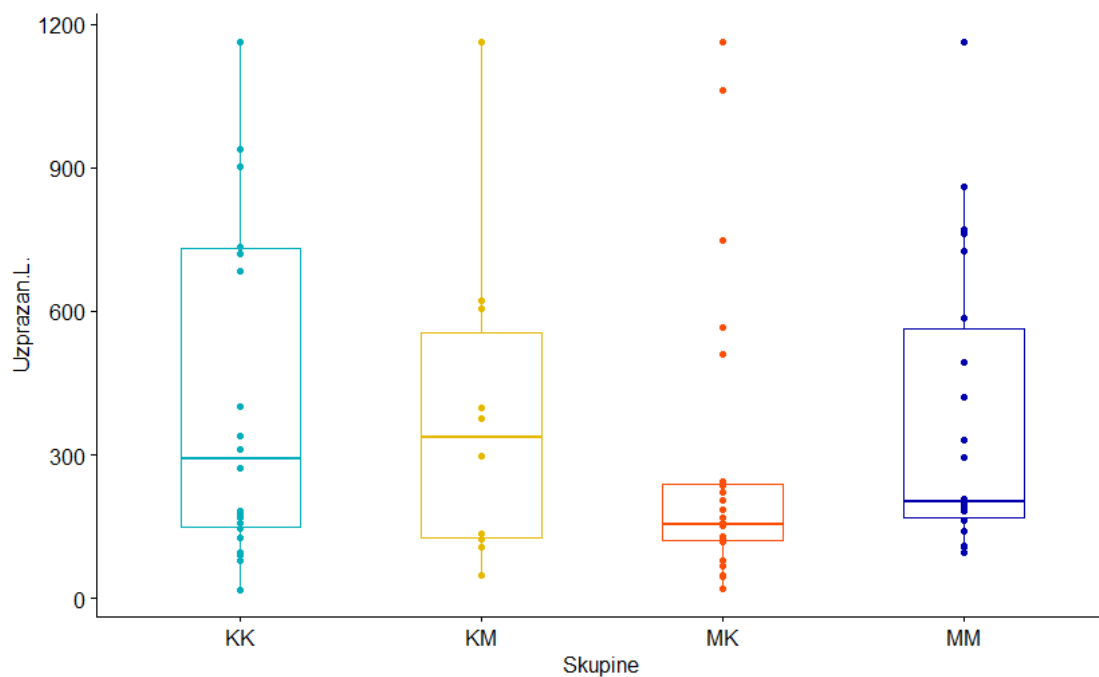


Slika 13. Boxplot prikaz vremena provedenog u odjeljku uz puni kavez u sekundama (Uz_pun(t)), prema skupinama.

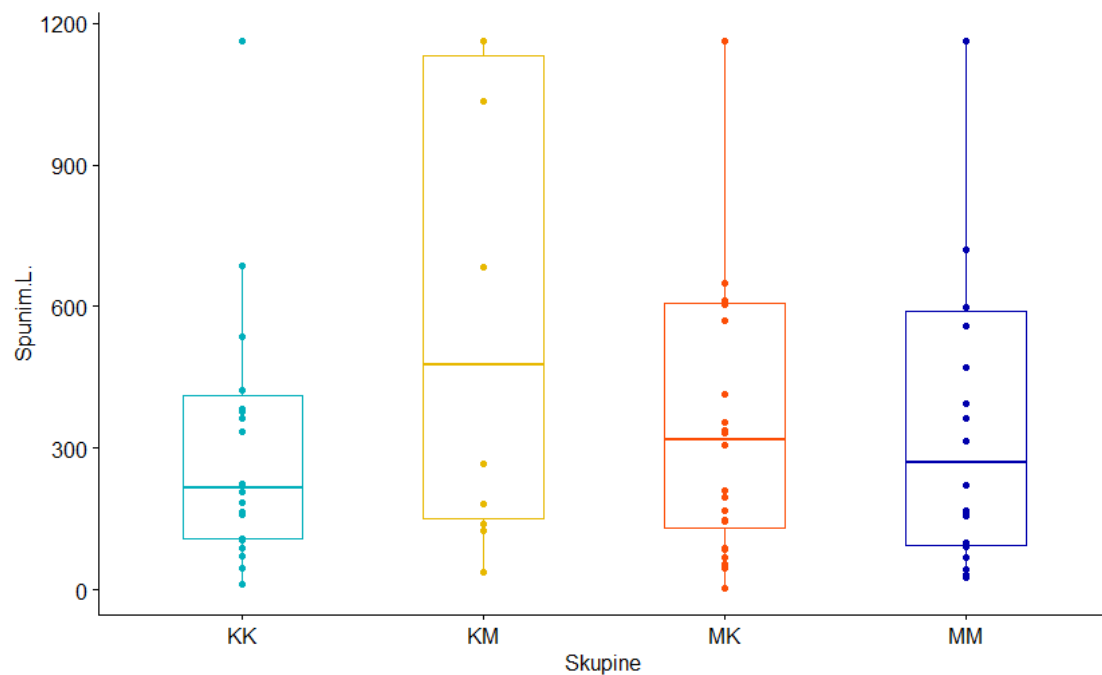
4.2 Latencije



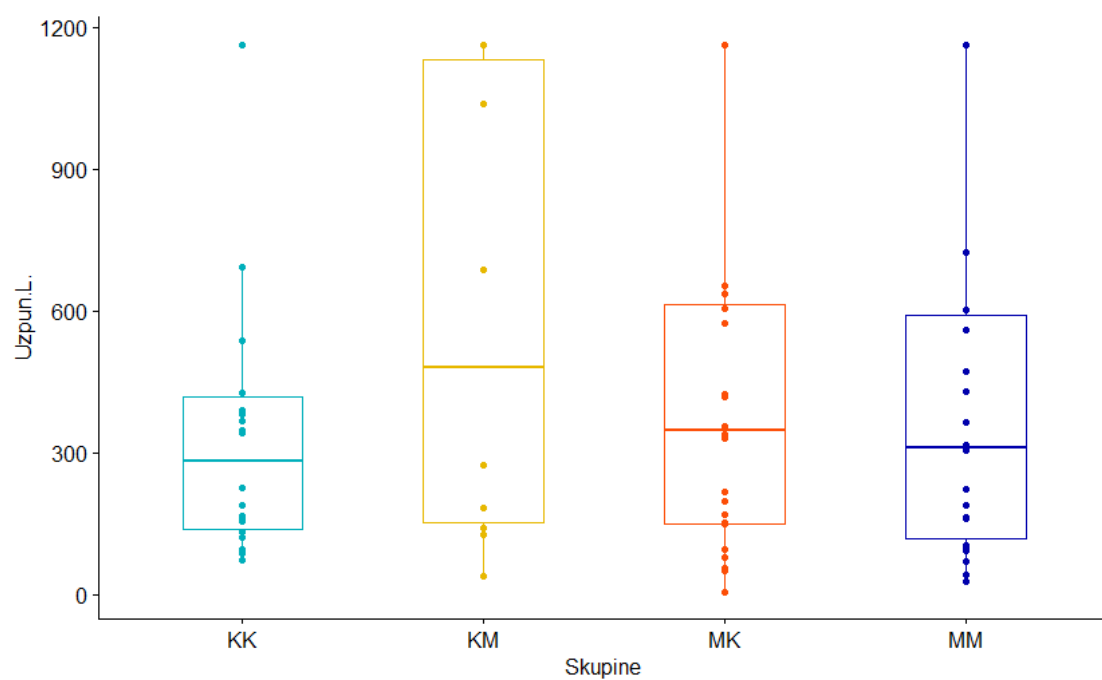
Slika 14. Boxplot prikaz latencije pristupa odjeljku s praznim kavezom u sekundama (S_praznim(L)), prema skupinama.



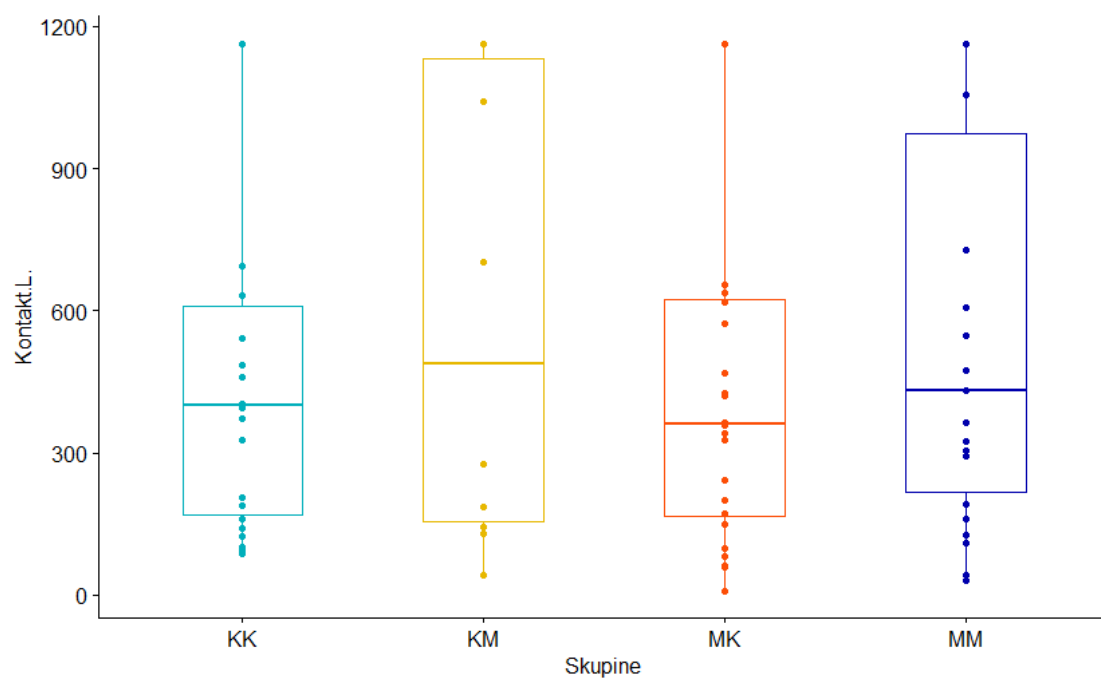
Slika 15. Boxplot prikaz latencije pristupa odjeljku uz prazan kavez u sekundama (Uz_prazan(L)), prema skupinama.



Slika 16. Boxplot prikaz latencije pristupa odjeljku s punim kavezom u sekundama (S_punim(L)), prema skupinama.

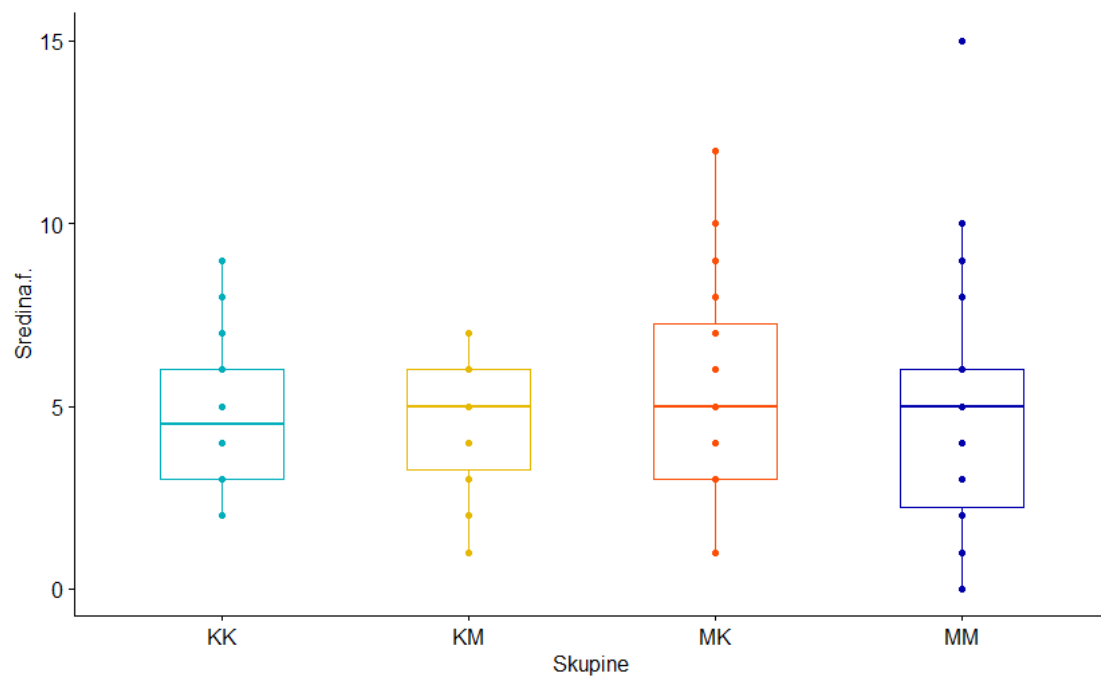


Slika 17. Boxplot prikaz latencije pristupa odjeljku uz puni kavez u sekundama (Uz_pun(L)), prema skupinama.

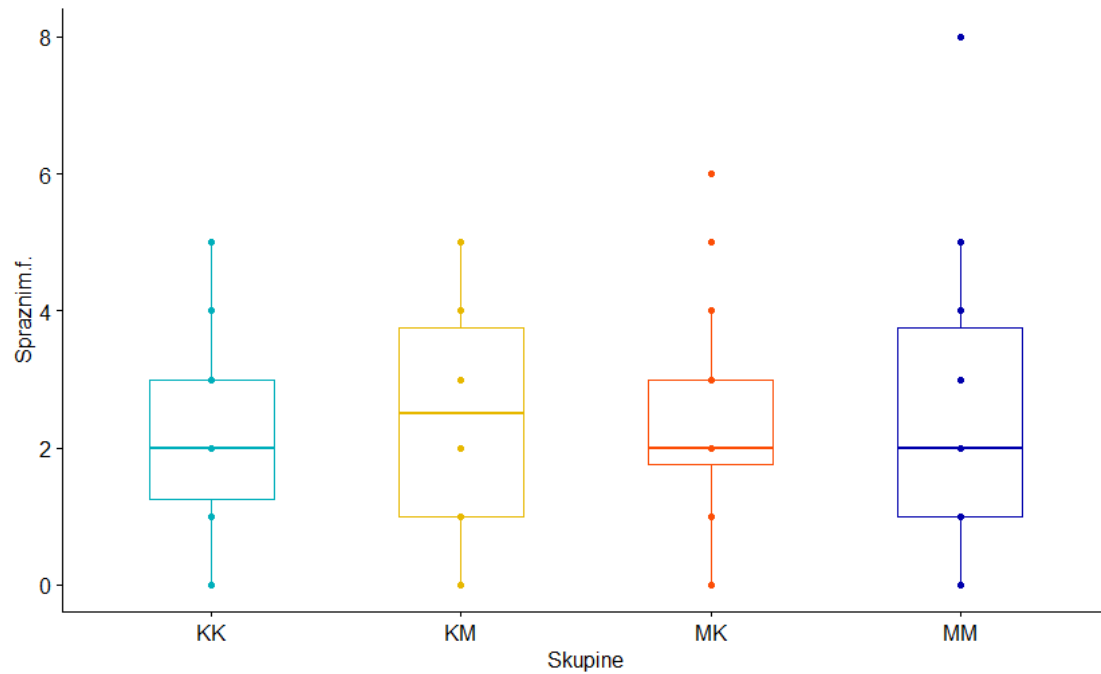


Slika 18. Boxplot prikaz latencije pristupa drugom gušteru u sekundama (Kontakt(L)), prema skupinama.

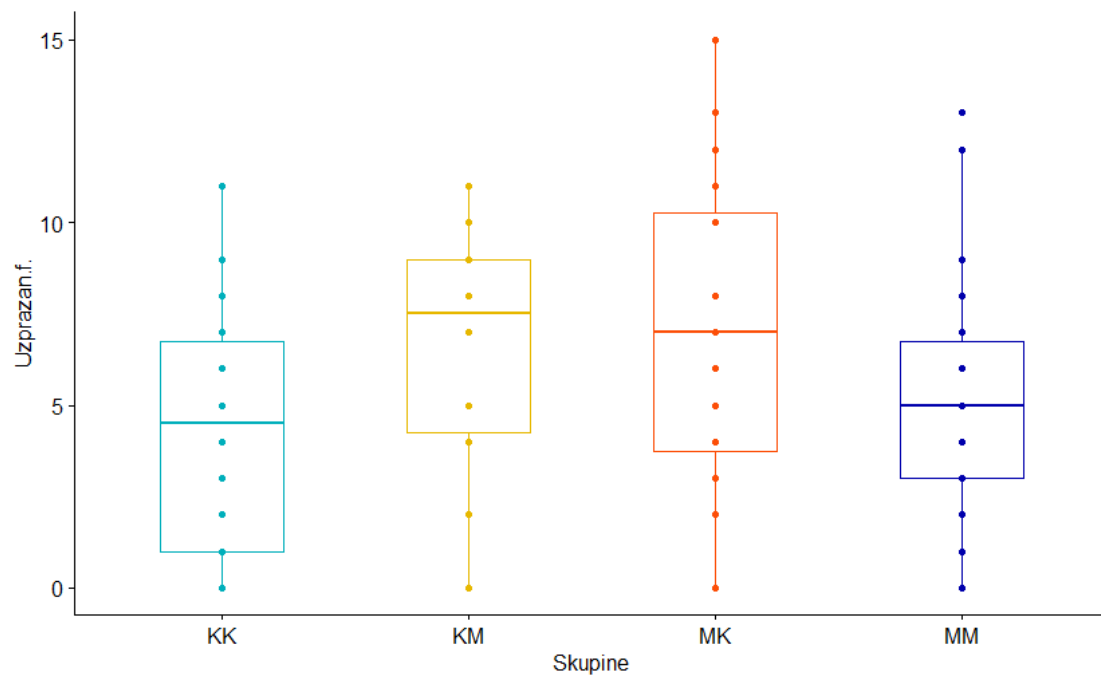
4.3 Frekvencije



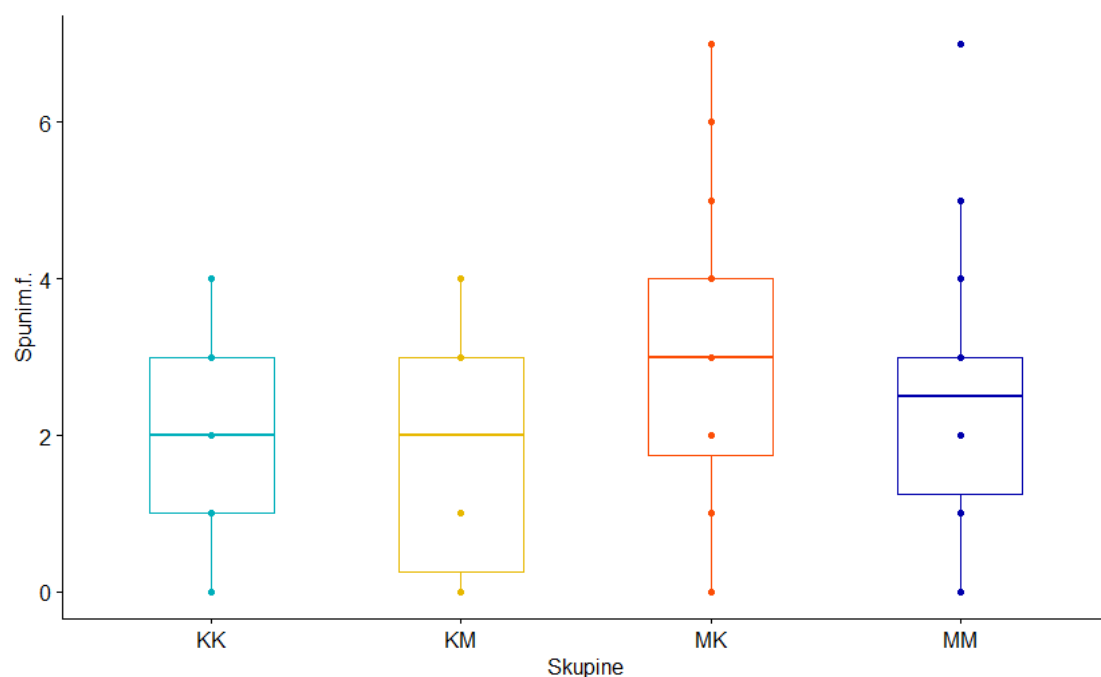
Slika 19. Boxplot prikaz frekvencije ulaska u sredinu (Sredina(f)), prema skupinama.



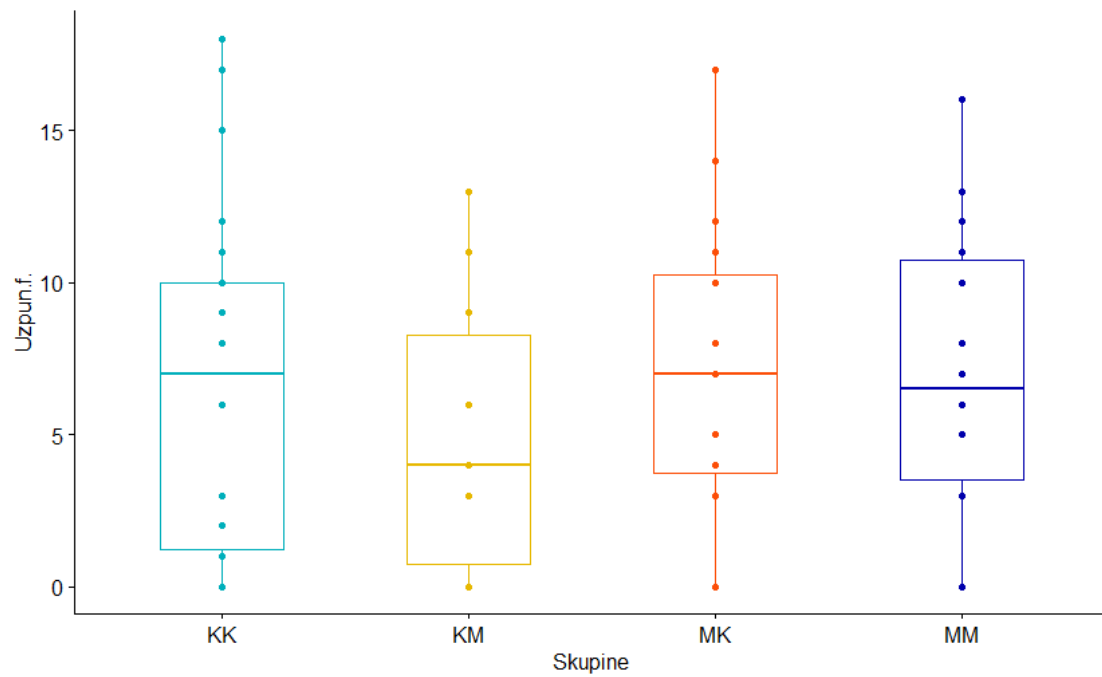
Slika 20. Boxplot prikaz frekvencije pristupa odjeljku s praznim kavezom (S_praznim(f)), prema skupinama.



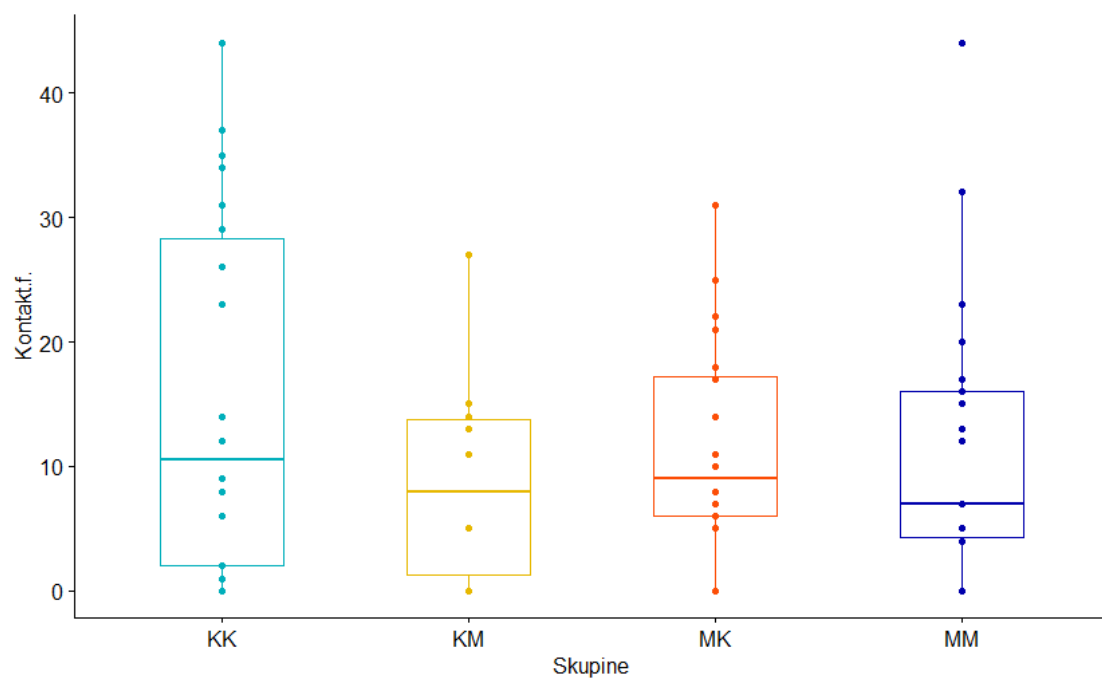
Slika 21. Boxplot prikaz frekvencije pristupa zoni uz prazan kavez (Uz_prazan(f)), prema skupinama.



Slika 22. Boxplot prikaz frekvencije pristupa odjeljku s punim kavezom (S_punim(f)), prema skupinama.



Slika 23. Boxplot prikaz frekvencije pristupa zoni uz pun kavez ($Uz_{pun}(f)$), prema skupinama.



Slika 24. Boxplot prikaz frekvencije kontakta ($Kontakt(f)$), prema skupinama.

5. Rasprava

U ovom radu testirao sam postojanje razlika u socijabilnosti između četiri grupe juvenilnih jedinki prema različitim varijablama koje uključuju kumulativno vrijeme, latenciju i frekvencije pristupa odjeljcima, zonama ili gušteru u kavezu. Zbog utvrđenih razlika u socijabilnosti između dvije otočne populacije, očekivanja su bila da će postojati razlike kod testiranih skupina. Uz navedeno, dobivamo i informacije o ponašanju hibrida, koje bi u budućim istraživanjima trebale dati odgovor na pitanje nasljeđivanja određenih karakteristika od strane muškog ili ženskog roditelja.

Frekvencija i latencija kontakta ($Kontakt(f)$, $Kontakt(L)$), kumulativno vrijeme u odjeljku s punim kavezom ($S_punim(t)$) i odjeljku uz pun kavez ($Uz_pun(t)$), kao i njima sukladne varijable latencije i frekvencije, predstavljaju glavne varijable kod određivanja razlika u socijabilnosti. Neparametrijski testovi su u svim slučajevima pokazali nepostojanje značajne statističke razlike između skupina. Naime, u mojem slučaju su testirane 22 jedinke u skupini KK, 10 jedinki skupine KM, 24 jedinke MK i 22 jedinke MM skupine.

Nepostojanje razlika može biti iz više razloga. Jedan od mogućih razloga je da su dobiveni rezultati realna preslika populacijskih vrijednosti. Dakle, eksperiment je odlično dizajniran te rezultati pokazuju realnu sliku socijabilnosti u prirodi. Drugi razlog nepostojanja razlika može predstavljati mala veličina uzorka (posebice za skupinu KM), koja nije obuhvatila dovoljnu razinu varijabilnosti unutar populacija. Naime, veći je uzorak potreban kako bi dobili zadovoljavajuće uvjete za provođenje parametrijskih testova koji u principu imaju veću snagu no neparametrijski testovi. Treći razlog predstavlja duljina trajanja eksperimenta. Moguće da pet minuta habituacije, kao i 20 minuta snimke eksperimenta nije dovoljno kako bi se izrazila prava slika socijabilnosti. Četvrti razlog je nepoznavanje spola testiranih jedinki. Peti razlog je ako je razlika u ponašanju vezana uz spolni dimorfizam koji se još nije razvio u ovom juvenilnom stadiju.

Svakako, potrebno je spomenuti kako je ovaj diplomski rad dio većeg istraživanja. Rezultati ponašanja ovih juvenilnih jedinki će se naravno promatrati i analizirati uz dodatne juvenilne uzorke te u usporedbi s adultnim jedinkama. Testiranje će se vršiti i nakon godinu dana uz dodatnu informaciju o spolu jedinki, što je potrebno kako bi dobili informacije o utjecaju spola i starosti na ponašanje.

Postoje mnogi dokazi da su varijacije u osobnosti nasljedne (Dingemanse i sur., 2002; Drent i sur., 2003; Van Oers i sur., 2005). Kako bi dobili informacije o nasljednosti, nužno je poznavanje obrazaca ponašanja roditelja i potomaka. Razlike u socijabilnosti se mogu proučavati *in situ*, ali prirodni okoliš se sastoji od mnogo biotičkih i abiotičkih podražaja, koji mogu predstavljat problem pri donošenju validnih zaključaka o razlikama u socijabilnosti, kao i naznakama heritabilnosti. Pronađeni cecalni zalisci (Herrel i sur., 2008) su na primjer, direktan (vidljiv i opipljiv) dokaz da postoje razlike između populacija, koje se ne mogu osporit. Međutim, ponašanje je potrebno istraživati u izoliranim uvjetima, čime je moguće različite populacije testirati standardiziranim testom, u uvjetima sa smanjenim intenzitetom okolišnih podražaja.

Gojak (2020) u svojem diplomskom radu „Socijabilnost u zatočeništvu populacija primorske gušterice, *Podarcis siculus* (Rafinesque, 1810), s otočića Pod Kopište i Pod Mrčaru“, testiranjem razlika u socijabilnosti adultnih jedinki *P. siculus* sa dva otočića, iznosi zaključke da mužjaci s otočića pod Mrčaru pokazuju značajno višu razinu socijabilnosti od ženki s oba otoka i mužjaka s otoka Pod Kopište te da mužjaci općenito pokazuju višu razinu socijabilnosti u odnosu na ženke. Inicijalna hipoteza da su jedinke s Pod Mrčaru neovisno o spolu socijabilnije no jedinke na otoku Pod Kopište je odbačena.

Moji rezultati, na Slici 22. pokazuju povećane vrijednosti ulaska i izlaska jedinki skupine MK u odjeljak s punim kavezom ($S_{punim}(f)$). To su upravo jedinke čiji je otac s otoka Pod Mrčaru i majka s Pod Kopište. A budući da je Gojak (2020) zaključio da su mužjaci s Pod Mrčaru socijabilniji od ženki s oba otoka i mužjaka s Pod Kopište, moguće da je tu vidljiv utjecaj oca na socijabilnost i ponašanje jedinki iz navedene skupine. Međutim, moramo uzeti u obzir da je taj obrazac vidljiv samo kod navedene varijable ($S_{punim}(f)$). Minimalno povećanje vrijednosti u navedenoj varijabli vidljivo je i kod skupine MM. Svakako, za validno donošenje zaključka, u buduću je potrebno utvrditi spol jedinki kako bi dobili uvid o učinku spola na socijabilnost kod juvenilnih jedinki.

S druge strane, vizualno je na Slici 12. koja prikazuje kumulativno vrijeme u odjeljku s punim kavezom ($S_{punim}(t)$), vidljivo minimalno ali neznačajno povećanje vremena kod skupine KK u odnosu na ostale skupine. Slična situacija je vidljiva na Slici 13. vezano uz kumulativno vrijeme uz pun kavez ($Uz_{pun}(t)$). Navedeno se kosi s hipotezom da su jedinke iz skupine MM socijabilnije. No, potencijalno ukazuje na

veću agresivnost i teritorijalnost skupine KK. Također je moguće da broj uzoraka nije obuhvatio realnu varijabilnost unutar populacije te da bi povećanjem opservacija, skupina MM pokazivala drugačiji obrazac ponašanja, odnosno veću razinu socijabilnosti.

Vizualno je na Slici 11. koja prikazuje kumulativno vrijeme uz prazan kavez (Uz_prazan(t)) vidljiva minimalna, ali statistički neznčajna razlika između skupine KM i ostalih skupina. Razlika može biti zbog toga što navedena skupina ima puno manji broj opservacija u odnosu na ostale skupine. U slučaju da je bilo više opservacija, postoji mogućnost da bi se vrijednost varijable kod skupine KM ujednačila s vrijednostima ostalih skupina.

Testiranje mora biti provedeno kroz više generacija. Pošto se uz juvenilne jedinke testira i parentalna generacija, usporedba roditelja i potomka mogla bi pružati naznake heritabilnosti, samo na temelju fenotipskih razlika (promatranih odlika ponašanja ili morfologije). Međutim, rezultate dobivene usporedbom ponašanja, potrebno je diskutirati i analizirati rame uz rame sa istraživanjima genoma/transkriptoma uz korištenje alata populacijske genetike, kako bi dobili jasniju sliku o prirodi fenotipskih varijacija, kao i potencijalnoj nasljednosti svojstava (De Vielemereuil i sur., 2016; Trapanese i sur., 2017).

Također je potrebno razmotriti ulogu epigenetskih procesa, kao i transpozona kod rapidnih evolucijskih procesa (Pimpinelli i Piacentini, 2020). Zanimljiv je primjer adaptivne radijacije *Anolis* guštera. Oni su podvrgnuti brzoj adaptivnoj radijaciji koja je koincidirana sa visokom aktivnošću transpozona smještenih u blizini *Hox* genskih klastera, inače povezanim sa morfološkom adaptacijom organizama na različita staništa (Feiner, 2016). Stoga, potencijalno imamo situaciju gdje okolišni stresori proizvode nove fenotipe epigenetskim mehanizmima, nakon čega slijede promjene genotipa uzrokovane transpozonomima koji poprimaju ulogu medijatora fenotipskih adaptacija i akceleratora evolucijskih procesa (Capucci i sur., 2019; Fanti i sur., 2017; Maggert, 2019; Piacentini i sur., 2014).

U ovom eksperimentu, na temelju dobivenih rezultata, odbacujem hipotezu da postoje razlike u socijabilnosti između istražene četiri skupine juvenilnih jedinki *P. siculus* te da juvenilne jedinke čiji su roditelji s otoka Pod Mrčaru pokazuju višu razinu socijabilnosti. Potrebna su daljnja istraživanja i interdisciplinarni pristup pri donošenju

zaključaka o varijacijama u ponašanju i socijabilnosti između različitih skupina juvenilnih jedinki i roditelja.

6. Zaključci

1. Iz priloženih rezultata vidljivo je nepostojanje statistički značajnih razlika u varijablama koje opisuju direktnu socijabilnost.
2. Testiranje je potrebno provesti i nakon godinu dana kako bi se istražio utjecaj starosti na socijabilnost.

7. Literatura

Agrawal A. A. (2001): Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science* (New York, N.Y.), 294(5541), 321–326.

Aragón, P., López, P., & Martín, J. (2001): Seasonal changes in activity and spatial and social relationships of the Iberian rock lizard, *Lacerta monticola*. *Canadian Journal of Zoology*, 79(11), 1965-1971.

Arnold, E.N. (1973): Relationships of the Palearctic lizards assigned to the genera *Lacerta*, *Algyroides*, and *Psammmodromus* (Reptilia: Lacertidae). *Bull. Brit. Mus. (Nat. Hist.)*, 25, 291-366.

Arnold, E.N. (1989): Towards a phylogeny and biogeography of the Lacertidae: relationships within an Old-world family of lizards derived from morphology. *Bulletin of the British Museum, London (Zoology)*, 55, 209-257.

Arnold, E.N. (1987): Resource partition among lacertid lizards in southern Europe. *Journal of Zoology, London*, 1(4), 739-782.

Arnold, E.N., Arribas, O., Carranza, S. (2007): Systematics of the Palaeartic and Oriental lizard tribe Lacertini (Squamata: Lacertidae: Lacertinae), with descriptions of eight new genera. *Zootaxa*, 1430(1), 1-86.

Arnold, E.N. i Overden, D. (2002): *Collins Field Guide: Reptiles and Amphibians of Britain and Europe*. Collins Publishers, London.

Barbosa, D., Desfilis, E., Carretero, M. A., Font, E. (2005): Chemical stimuli mediate species recognition in *Podarcis* wall lizards. *Amphibia-Reptilia*, 26(2), 257-263.

Barbosa, D., Font, E., Desfilis, E., Carretero, M. (2006): Chemically Mediated Species Recognition in Closely Related *Podarcis* Wall Lizards. *Journal of chemical ecology*, 32(7), 1587-1598.

Bell, A. M., Hankison, S. J. i Laskowski, K. L. (2009): The repeatability of behaviour: a meta-analysis. *Anim. Behav.*, 77(4), 771 –783.

Biro, P. A., Beckmann, C. i Stamps, J. A. (2010): Small within-day increases in temperature affects boldness and alters personality in coral reef fish. *Proc. R. Soc. B*, 277(1678), 71–77.

Botreau, R., Veissier, I., Butterworth, A., Bracke, M. B. i Keeling, L. J. (2007): Definition of criteria for overall assessment of animal welfare. *ANIMAL WELFARE-POTTERS BAR THEN WHEATHAMPSTEAD-*, 16(2), 225.

Bradshaw, A. (1965): Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics*, 13(1965), 115-155.

Brelih, S. i Džukić, G. (1974): *Catalogus faunae Jugoslaviae. IV/2 Reptilia*, Academia Scientiarum et Artium Slovenica, Ljubljana.

Cappucci, U., Noro, F., Casale, A. M., Fanti, L., Berloco, M., Alagia, A. A., Pimpinelli, S. (2019): The Hsp70 chaperone is a major player in stress-induced transposable element activation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(36), 17943–17950.

Capula, M. i Aloise, G. (2011): Extreme feeding behaviours in the Italian wall lizard, *Podarcis siculus*. *Acta Herpetologica*, 6(1), 11-14.

Capula, M. i Ceccarelli, A. (2003): Distribution of genetic variation and taxonomy of insular and mainland populations of the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*. *Amphibia-Reptilia*, 24(4), 483–495.

Capula, M., Luiselli, L., Rugiero, L. (1993): Comparative ecology in sympatric *Podarcis muralis* and *P. sicula* (Reptilia: Lacertidae) from the historical centre of Rome: What about competition and niche segregation in an urban habitat? *Bolletino di zoologia*, 60(3), 287–291.

Capula, M. (2002): Genetic evidence of natural hybridization between *Podarcis sicula* and *Podarcis tiliguerta* (Reptilia: Lacertidae). *Amphibia – Reptilia*, 23(3), 313–321.

Carazo, P., Font, E., Desfilis, E. (2008): Beyond 'nasty neighbours' and 'dear enemies'? Individual recognition by scent marks in a lizard (*Podarcis hispanica*). *Animal Behaviour*, 76(6), 1953-1963.

Carretero, M. A. (2008): An integrated Assessment of a group with complex systematics: the Iberomaghrebian lizard genus *Podarcis* (Squamata, Lacertidae). *Integrative Zoology*, 3(4), 247-266.

Cattaneo, C. (2011): A case of cannibalism in *Podarcis siculus campestris* De Betta, 1857 (Reptilia, Lacertidae). *Biodiversity Journal*, 2(3), 151–152.

Clutton-Brock, T. H., i Parker, G. A. (1992): Potential reproductive rates and the operation of sexual selection. *The Quarterly Review of Biology*, 67(4), 437-456.

Cooper, W. E., JR. i Garstka, W. R. (1987): Lingual responses to chemical fractions of urodaeal glandular pheromone of the skink *Eumeces laticeps*. *J. Exp. Zool.*, 242, 249–253.

Cooper, W. i Pérez-Mellado, V. (2002): Pheromonal discriminations of sex, reproductive condition, and species by the lacertid lizard *Podarcis hispanica*. *The Journal of experimental zoology*, 292(6), 523-527.

Cote, J. i Clobert, J. (2007): Social personalities influence natal dispersal in a lizard. *Proceedings, Biological sciences, The Royal Society*, 274(1608), 383-90.

Cote, J., Dreiss, A., i Clobert, J. (2008): Social personality trait and fitness. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 275(1653), 2851-2858.

Conover, W. J., Iman, R. L. (1979): On multiple-comparisons procedures. Technical Report LA-7677-MS, Los Alamos Scientific Laboratory.

Crnobrnja-Isailović, J., Vogrin, M., Corti, C., Perez Mellado, V., Sa-Sousa, P., Cheylan, M., Pleguezuelos, J., Sindaco, R., Romano, A., Avci, A. (2009): *Podarcis siculus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T61553A86151752.

Damas Moreira, I., Oliveira, D., Santos, J., Riley, J., Harris, D., Whiting, M. (2018): Learning from others: an invasive lizard uses social information from both conspecifics and heterospecifics. *Biology letters*, 14(10), 20180532.

De Villemereuil, P., Gaggiotti, O., Mouterde, M., Till, I. (2016): Common garden experiments in the genomic era: New perspectives and opportunities. *Heredity*, 116, 249-254.

Dingemanse, N. J., Both, C., Drent, P. J., Van Oers, K. i Van Noordwijk, A. J. (2002): Repeatability and heritability of exploratory behaviour in great tits from the wild. *Anim. Behav.*, 64(6), 929–937.

Dingemanse, N. J., Kazem, A. J. M., Re´ale, D. i Wright, J. (2010): Behavioural reaction norms: animal personality meets individual plasticity. *Trends Ecol. Evol.*, 25(2), 81–89.

Dingemanse, N. J. i Re´ale, D. (2005): Natural selection and animal personality. *Behaviour*, 142(9), 1159–1184.

Downes, S., Bauwens, D. (2002): An experimental demonstration of direct behavioural interference in two Mediterranean lacertid lizard species. *Animal behaviour*, 63(6), 1037–1046.

Drent, P. J., Van Oers, K. i Van Noordwijk, A. J. (2003): Realized heritability of personalities in the great tit (*Parus major*). *Proc. R. Soc. Lond.*, 270(1510), 45–51.

Duckworth, R. A., i Badyaev, A. V. (2007): Coupling of dispersal and aggression facilitates the rapid range expansion of a passerine bird. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(38), 15017-15022.

Fanti, L., Piacentini, L., Cappucci, U., Casale, A. M., Pimpinelli, S. (2017): Canalization by selection of de Novo induced mutations. *Genetics*, 206(4), 1995–2006.

Feiner, N. (2016): Accumulation of transposable elements in Hox gene clusters during adaptive radiation of *Anolis* lizards. *Proceedings, Biological sciences*, 283(1840). 10.1098/rspb.2016.1555.

Field, A. (2009): *Discovering Statistics Using SPSS*, Thrid Edition. Sage.

Font, E., Desfilis, E. (2002): Chemosensory Recognition of Familiar and Unfamiliar Conspecifics by Juveniles of the Iberian Wall Lizard *Podarcis hispanica*. *Ethology*, 108(4), 319 - 330.

Font, E., Barbosa, D., Sampedro, C., Carazo, P. (2012): Social behavior, chemical communication, and adult neurogenesis: studies of scent mark function in *Podarcis* wall lizards. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 177(1), 9–17.

Fordyce, J. A. (2006): The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity. *Journal of Experimental Biology*, 209(12), 2377–2383.

Gasc, J. P., Cabela, A., Crnobrnja-Isailović, J., Dolmen, D., Grossenbacher, K., Haffner, P., Lescure, J., Martens, H., Martinez Rica, J. P., Maurin, H., Oliveira, M. E., Sofianidou, T. S., Veith, M., Zuiderwijk, A. (1997): *Atlas of amphibians and reptiles in Europe*. Societas Europaea Herpetologica, Muséum National d'Histoire Naturelle i Service du Patrimoine Naturel, Paris, str. 520.

Gojak, T. (2020): Socijabilnost u zatočeništvu populacija primorske gušterice, *Podarcis siculus* (Rafinesque, 1810), s otočica Pod Kopište i Pod Mrčaru. Diplomski rad, Zagreb, Prirodoslovno-matematički fakultet.

Grano, M., Cattaneo, C. i Cattaneo, A. (2011): A case of cannibalism in *Podarcis siculus campestris* De Betta, 1857 (Reptilia, Lacertidae). *Biodiversity Journal*, 2(3), 151–152.

Grillner, Sten i Brita, Robertson. (2016): The Basal Ganglia Over 500 Million Years. *Current Biology*, 26(20), R1088-R1100.

Halpern, M. (1992): Nasal chemical senses in reptiles: Structure and function; in *Biology of the Reptilia. Physiology E* (eds) C Gans and D Crews (Chicago: University of Chicago), 18, 424–532.

Harris, D., Pinho, C., Carretero, M., Corti, C., Böhme, W. (2005): Determination of genetic diversity within the insular lizard *Podarcis tiliguerta* using mtDNA sequence data, with a reassessment of the phylogeny of *Podarcis*. *Amphibia-reptilia*. 26(3), 401–407.

Heino, M., Metz, J. A., & Kaitala, V. (1998): The enigma of frequency-dependent selection. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(9), 367–370.

Henle, K. i Klaver, C. J. J. (1986): *Podarcis sicula* (Rafinesque-Schmaltz, 1810) – Ruineidechse; pp. 254–342. In: BÖHME, W. (Ed.): *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*. Band 2/2. Echten III; Wiesbaden (Aula-Verlag).

Herrel, A., Huyghe, K., Vanhooydonck, B., Backeljau, T., Breugelmans, K., Grbac, I., Irschick, D. J. (2008): Rapid large-scale evolutionary divergence in morphology and performance associated with exploitation of a different dietary resource. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(12), 4792–4795.

<http://stambuk.biol.pmf.hr/research/research.html>; Pristupljeno: 05.06.2020.; 19:07.

Jelić D., Kuljerić M., Koren T., Treer D., Šalamon D, Lončar M., Podnar-Lešić M, Janev-Hutinec B., Bogdanović T., Mekinić S. i Jelić K. (2012): Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode. Zagreb. str. 188-191.

Krause, J., Ruxton, G. D., Ruxton, G. D., i Ruxton, I. G. (2002): Living in groups. Oxford University Press.

Krofel, M. (2005): First record of a melanistic Italian Wall Lizard (*Podarcis sicula*) in Slovenia. *Natura Sloveniae*, 7(1), 41–43.

Labra, A., Escobar, C., Niemeyer, H. (2001): Chemical Discrimination in *Liolaemus* Lizards: Comparison of Behavioral and Chemical Data. 10.1007/978-1-4615-0671-3_60.

Lancaster, J., Wilson, P., Espinoza, R. (2006): Physiological benefits as precursors of sociality: why banded geckos band. *Animal Behaviour*, 72(1), 199-207.

Lauš, B., Zadavec, M. (2011): Observations on copulating pairs of *Zamenis longissimus* (Laurenti, 1768), *Podarcis siculus* (Rafinesque, 1810), *Podarcis muralis* (Laurenti, 1768) and *Podarcis melisellensis* (Braun, 1877) in Croatia. *Hyla*, 2011(2), str. 43-46. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/116936>.

Levis, N. A. i Pfennig, D. W. (2019): Phenotypic plasticity, canalization, and the origins of novelty: Evidence and mechanisms from amphibians. *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 88, 80–90.

Libersat, F., Pflueger H. J. (2004): Monoamines and the orchestration of behavior. *Bioscience*, 54(1), 17-25.

López, P. i Martín, J. (2001): Pheromonal recognition of females takes precedence over the chromatic cue in male Iberian wall lizards *Podarcis hispanica*. *Ethology*, 107(10), 901-912.

Lymberakis, P., Poulakakis, N., Kaliontzopoulou, A., Valakos, E., Mylonas, M. (2008): Two new species of *Podarcis* (Squamata; Lacertidae) from Greece. *Systematics and Biodiversity*, 6(3), 307-318.

Maggert, K. A. (2019): Stress: An evolutionary mutagen. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(36), 17616–17618.

Marguš, D. (2009): Gmazovi nacionalnog parka „Krka“. Javna ustanova Nacionalni park Krka, Šibenik.

Nevo, E., Gorman, G., Soulé, M., Yang, S. Y., Clover, R., Jovanović, V. (1972): Competitive exclusion between insular *Lacerta* species (Sauria, Lacertidae) - Notes on experimental Introductions. *Oecologia*, 10(2), 183–190.

Nikolić, B., Josić, P., Buric, D., Tkalec, M., Lisicic, D., Blazevic, S., Hranilovic, D. (2019): Coexisting lacertid lizard species *Podarcis siculus* and *Podarcis melisellensis* differ in dopamine brain concentrations. *Journal of Comparative Physiology A*, 205(80), 451-456.

Pellitteri-Rosa, D., Martin, J., López, P., Bellati, A., Sacchi, R., Fasola, M., Galeotti, P. (2014): Chemical polymorphism in male femoral gland secretions matches polymorphic coloration in common wall lizards (*Podarcis muralis*). *Chemoecology*, 24(2), 67-78.

Petz, B. (2007): Osnovne statističke metode za nematematičare. Šesto izdanje, Zagreb, Naklada Slap.

Pfennig, D. W., Wund, M. A., Snell-Rood, E. C., Cruickshank, T., Schlichting, C. D., Moczek, A. P. (2010): Phenotypic plasticity's impacts on diversification and speciation. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(8), 459–467.

Piacentini, L., Fanti, L., Specchia, V., Bozzetti, M. P., Berloco, M., Palumbo, G., Pimpinelli, S. (2014): Transposons, environmental changes, and heritable induced phenotypic variability. *Chromosoma*, 123(4), 345–354.

Pigliucci, M. (2001): Phenotypic plasticity: Beyond nature and nurture. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.

Pigliucci, M. (2005): Evolution of phenotypic plasticity: Where are we going now? *Trends in Ecology and Evolution*, 20(9), 481–486.

Pigliucci, M., Murren, C. i Schlichting, C. (2006): Phenotypic Plasticity and evolution by genetic assimilation. *The Journal of experimental biology*, 209(12), 2362-7.

Pimpinelli, S. i Piacentini, L. (2020): Environmental change and the evolution of genomes: Transposable elements (TEs) as translators of phenotypic plasticity into genotypic variability. *Functional Ecology*, 34(2), 428-441.

Pigliucci, M., Murren, C. J., Schlichting, C. D. (2006): Phenotypic plasticity and evolution by genetic assimilation. *Journal of Experimental Biology*, 209(12), 2362–2367.

Podnar, M., Mayer, W. i Tvrtković, N. (2005): Phylogeography of the Italian wall lizard, *Podarcis sicula*, as revealed by mitochondrial DNA sequences. *Molecular Ecology*, 14(2), 575–588.

Poulakakis, N., Lymberakis, P., Valakos, E., Zouros E., Mylonas, M. (2005): Phylogenetic relationships and biogeography of *Podarcis* species from the Balkan Peninsula by Bayesian and maximum likelihood analyses of mitochondrial DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 37(3), 845–857.

Radočaj, M., Jelić, D., Karaica, D., Kapelj, S. (2011): Morphological and reproductive traits of the insular population of *Podarcis siculus* (Reptilia: Lacertidae) from Krk Island (Croatia). *Hyla*, 2011(2), 5–22. Preuzeto s <https://hrcak.srce.hr/116928>.

Radovanović, M. (1951): Vodozemci i gmizavci naše zemlje. Naučna knjiga, Beograd, 249. str.

- Réale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T. and Dingemanse, N. J. (2007): Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews*, 82(2), 291–318.
- Robinson, G. E., Fernald, R. D., Clayton, D. F. (2008): Genes and social behavior. *Science*, 322(5903), 896–900.
- Rugiero, L. (1994): Food habits of the Ruin Lizard, *Podarcis sicula* (RAFINESQUE-SCHMALTZ, 1810), from a coastal dune in Central Italy (Squamata: Sauria: Lacertidae). *Herpetozoa*, 7, 71–73.
- Sa-Sousa, P. (2001): A controversa sistemática das lagartixas do género *Podarcis* Wagler, 1830 (Sauria, Lacertidae) em Portugal. Ph.D. dissertation. University of Lisbon, Lisbon.
- Sa-Sousa, P., Vicente, L., i Crespo, E.G. (2002): Morphological variability of *Podarcis hispanica* (Sauria: Lacertidae) in Portugal. *Amphib-Reptil.*, 23(1), 55–69.
- Sahgal, A. (1993): Behavioural neuroscience : a practical approach. IRL Press.
- Scheiner, S. M. (1993): Genetics and evolution of phenotypic plasticity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 24(1), 35–68.
- Schwenk, K. (1995): Of tongue and noses: chemoreception in lizards and snakes. *Tree*, 10(1), 7–12.
- Sibbald, A.M., Erhard, H.W., Hooper, R.J., Dumont, B., Boissy, A., (2006): A test for measuring individual variation in how far grazing animals will move away from a social group to feed. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 98(1), 89–99.
- Silk, J. B. (2007): The adaptive value of sociality in mammalian groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), 539–559.
- Smith, B. R. i Blumstein, D. T. (2008): Fitness consequences of personality: a meta-analysis. *Behav. Ecol.*, 19(2), 448–455.
- Stearns, S. C. (1989): The evolutionary significance of phenotypic plasticity. *BioScience*, 39(7), 436–445.
- Thorpe, R. S. (1980): Microevolution and taxonomy of European reptiles with particular reference to the grass snake *Natrix natrix* and the wall lizards *Podarcis sicula* and *P. melisellensis*. *Biological Journal of Linnean Society*, 14, 215–233.
- Trapanese, M., Buglione, M., Maselli, V., Petrelli, S., Aceto, S., Fulgione, D. (2017): The first transcriptome of Italian wall lizard, a new tool to infer about the Island Syndrome. *PLoS ONE*. 12(9). e0185227. 10.1371/journal.pone.0185227.
- Van Oers, K., de Jong, G., Van Noordwijk, A. J., Kempenaers, B. i Drent, P. J. (2005): Contribution of genetics to the study of animal personalities: a review of case studies. *Behaviour*, 142(9), 1185–1206.

Verbeek, B. (1972): Ethologische Untersuchungen an einigen europäischen Eidechsen. Bonn. Zool. Beitr., 23, 122-151.

Vervust, B., Grbac, I. i Van Damme, R. (2007): Differences in morphology, performance and behaviour between recently diverged populations of *Podarcis sicula* mirror differences in predation pressure. *Oikos*, 116(8), 1343–1352.

Vogrin, M. (2005): Sexual Dimorphism in *Podarcis sicula campestris*. *Turkish Journal of Zoology*, 29(2), 189–191.

West-Eberhard, M. J. (2003): Developmental plasticity and evolution (O.USA, Ed.). Oxford, UK: Oxford University Press.

Whiting, M., While, G. (2017): Sociality in Lizards. Cambridge University Press 10.1017/9781107338319.014.

Zilber-Rosenberg, I., Rosenberg, E. (2008): Role of microorganisms in the evolution of animals and plants: The hologenome theory of evolution. *FEMS Microbiology Reviews*, 32(5), 723–735.

Zuffi, M., Giannelli, C. (2013): Trophic niche and feeding biology of the Italian wall lizard, *Podarcis siculus campestris* (De Betta, 1857) along western Mediterranean coast. *Acta Herpetologica*, 8(1), 35-39.

8. Životopis

OSOBNİ PODACI

Ime i prezime: ANDREA BILAJAC

OBRAZOVANJE

- 2017.- 2020.** Sveučilište u Zagrebu – PMF, Biološki odsjek, Sveučilišni diplomski studij Ekologija i zaštita prirode (modul: More)
- 2013.- 2017.** Sveučilište Jurja Dobrile u Puli – Sveučilišni preddiplomski studij Znanost o moru, Završni seminar: „Repopulacija plemenite periske *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758 u priobalju Rovinja“.
- 2009.- 2013.** Srednja škola «Zvane Črnje» Rovinj – prirodoslovno-matematička gimnazija

DODATNI PODACI

- Stručna praksa na Zavodu za animalnu fiziologiju, Biološki odsjek, PMF
- Sudjelovanje na istraživačko-edukacijskom projektu „Insula auri 2019.“ na otoku Zlarinu u organizaciji udruge studenata biologije BIUS 2019. godine.
- Sudjelovanje na zajedničkom istraživanju udruge Društvo istraživača mora 20 000 milja i udruge studenata biologije BIUS 2018. godine na otoku Silbi – „Bioraznolikost podmorja Silbe“.
- Sudjelovanje na Noći biologije u Zagrebu 2018. godine.
- Sudjelovanje na edukaciji o industriji marikulture u Cromarisovom mrijestilištu u Ninu i uzgajalištu na otoku Ugljanu (Uzgajalište Lamjana) 2018. godine, organiziranu od strane udruge studenata biologije BIUS.

- Sudjelovanje u organizaciji Festivala znanosti u Puli 2015. godine .
- Volontiranje prilikom raznih podvodnih aktivnosti

VJEŠTINE

Rad na računalu

- MS Office (Word, Excel, Powerpoint)
- R Studio
- Statistica
- Grapher
- Ocean Data View (ODV)
- QGIS
- C++

Strani jezici – engleski jezik – aktivno u govoru i pismu (razina B2)

- talijanski jezik – aktivno u govoru i pismu
- španjolski jezik – početna razina – u pismu

OSTALO

- vozačka dozvola B kategorije
- voditelj brodice B kategorije
- ronilac s dvije zvijezde (R2 prema CMAS - u)