

# Socijabilnost u populacijama krške gušterice (*Podarcis melisellensis*) i primorske gušterice (*Podarcis siculus*) mjerena testom socijalnog odabira

---

Kiš, Dorotea

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:217:520165>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-13**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Dorotea Kiš

**Socijabilnost populacija krške gušterice (*Podarcis melisellensis*) i primorske gušterice (*Podarcis siculus*)  
mjerena testom socijalnog odabira**

Diplomski rad

Zagreb, 2022.

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Dorotea Kiš

**Sociability of Dalmatian wall lizard (*Podarcis melisellensis*) and Italian wall lizard (*Podarcis siculus*) populations measured using the social choice test**

Master thesis

Zagreb, 2022.

Ovaj rad je izrađen na Zavodu za animalnu fiziologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod voditeljstvom izv. prof. dr. sc. Duje Lisičića. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

*Ovaj dio diplomskog rada bih htjela posvetiti ljudima koji su omogućili da danas budem tu gdje jesam, koji su me pratili kroz školovanje i koji su mi pomogli prilikom izrade ovoga rada.*

*Prvenstveno se želim zahvaliti mentoru izv. prof. dr. sc. Duji Lisičiću i kolegi/prijatelju Tomislavu Gojaku koji su mi omogućili da provedem istraživanje i koji su mi pomogli pri izradi ovog diplomskog rada.*

*Nadalje, zahvaljujem se svim svojim prijateljima, a posebno mojim ZOOK-ovcima, koji su uljepšali moje studiranje, s kojima sam se veselila i plakala, i bez kojih ne bih došla do kraja.*

*Također se zahvaljujem cijeloj svojoj obitelji, a posebno baki, koja me je uvijek bodrila i čiji su me savjeti uvijek vodili u pravom smjeru.*

*Posebno se zahvaljujem Dejanu na podršci i ljubavi bez koje ne bih bila tu gdje jesam. Hvala što si bio uz mene u onim lijepim, ali i manje lijepim trenucima.*

*Na kraju, najveću zaslugu i zahvalnost izražavam svojim roditeljima i bratu. Hvala vam što ste mi omogućili da slijedim svoje snove, što ste mi pokazali da je sve moguće i što uvijek bili tu, uz mene. Bez vas ovo ne bi bilo moguće.*

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

## Socijabilnost populacija krške gušterice (*Podarcis melisellensis*) i primorske gušterice (*Podarcis siculus*) mjerena testom socijalnog odabira

Dorotea Kiš

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Rod *Podarcis* je skupina gušterica koja se razvila i evoluirala na području Sredozemlja. Gušterice imaju važnu ekološku ulogu, a zbog velike taksonomske i ekološke raznolikosti pogodne su za evolucijska i bihevioralna istraživanja. Krška gušterica (*Podarcis melisellensis*) je autohtona vrsta obalnog područja Hrvatske, dok je primorska gušterica (*Podarcis siculus*) oportunistička vrsta koja može uspješno nadvladati autohtone vrste gušterica. Socijabilnost čini jednu od 5 glavnih kategorija osobnosti, a definira se kao reakcija organizma na prisutnost ili odsutnost konspicifika. Cilj ovog rada bio je istražiti razlike u socijabilnosti primorske i krške gušterice. Istraživanje je provedeno na 60 mužjaka i 60 ženki – ukupno 120 jedinki, s tri različite lokacije (Knin, Sinj, Pag). Istraživanje je provedeno tri-komornim testom socijalnog odabira kojim je mjereno nekoliko varijabli, a najbitnije su vrijeme koje je jedinka provela u komori s praznim kavezom, vrijeme koje je jedinka provela u sredini i vrijeme koje je jedinka provela u komori, te uz kavez sa konspicifikom. Rezultati istraživanja su pokazali da je primorska gušterica značajno socijabilnija od krške gušterice. Između spolova, unutar vrste, nisu pronađene značajne razlike.

(43 stranice, 13 slika, 2 tablice, 93 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski jezik)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: ponašanje, osobnost, temperament, socijalnost, *Podarcis siculus*, *Podarcis melisellensis*

Voditelj: izv. prof. dr. sc. Duje Lisičić

Ocjenitelji:

izv. prof. dr. sc. Duje Lisičić

izv. prof. dr. sc. Jasna Lajtner

doc. dr. sc. Kristina Pikelj

izv. prof. dr. sc. Neven Bočić

Rad prihvaćen: 31. ožujka 2022.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Master thesis

### Sociability of Dalmatian wall lizard (*Podarcis melisellensis*) and Italian wall lizard (*Podarcis siculus*) populations measured using the social choice test

Dorotea Kiš

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

The genus *Podarcis* is a group of lizards that evolved in the Mediterranean area. Lizards play an important ecological role, and due to their great taxonomic and ecological diversity, they are suitable for evolutionary and behavioral research. Dalmatian wall lizard is an autochthonous species of the coastal area of Croatia, while the Italian wall lizard is an opportunistic species that can successfully outcompete autochthonous lizard species. Sociability is one of the five main categories of personality. It is defined as the reaction of an individual to the presence or absence of conspecifics. This study aimed to investigate the differences in the sociability of the Dalmatian wall lizard and Italian wall lizard. The research was carried out on 60 males and 60 females - a total of 120 individuals, from three different locations (Knin, Sinj, Pag). The research was conducted by a three-chamber social selection test which measured several variables: the cumulative time the individual spent in the chamber with an empty cage, the cumulative time the individual spent in the middle chamber, and the cumulative time the individual spent in the chamber with the conspecific. The results of the research have shown that the Italian wall lizard is significantly more sociable than the Dalmatian wall lizard. No significant difference was found between the sexes, within the species.

(43 pages, 13 figures, 2 tables, 93 references, original in: Croatian)

Thesis is deposited in Central Biological Library.

Keywords: behaviour, personality, sociality, *Podarcis siculus*, *Podarcis melisellensis*

Supervisor: Assoc. Prof. Duje Lisičić, PhD

Reviewers:

Assoc. Prof. Duje Lisičić, PhD

Assoc. Prof. Jasna Lajtner, PhD

Asst. Prof. Kristina Pikelj, PhD

Assoc. Prof. Neven Bočić, PhD

Thesis accepted: March 31, 2022

# Sadržaj

<b>1. UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1. Reptilia – Porodica Lacertidae.....	1
1.1.1. Rod <i>Podarcis</i> .....	1
1.1.2. Primorska gušterica – <i>Podarcis siculus</i> (Rafinesque-Schmaltz, 1810).....	2
1.1.3. Krška gušterica – <i>Podarcis melisellensis</i> (Braun, 1877).....	5
1.1.4. Hibridizacija primorske i krške gušterice .....	7
1.2. Ponašanje životinja.....	8
1.2.1. Temperament.....	8
1.2.2. Socijalno ponašanje i socijabilnost.....	9
1.2.3. Promatranje i mjerenje socijabilnosti .....	10
1.2.4. Test socijalnog odabira .....	11
1.2.5. Odnosi između socijabilnosti i ostalih osobina temperamenta .....	11
1.2.6. Socijabilnosti na razini jedinke, populacije i spola .....	12
<b>2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA.....</b>	<b>15</b>
<b>3. MATERIJALI I METODE.....</b>	<b>16</b>
3.1. Terenski dio istraživanja.....	16
3.2. Laboratorijski rad .....	16
3.2.1. Održavanje guštera u zatočeništvu .....	16
3.2.2. Test socijalnog odabira .....	17
3.3. Analiza snimljenog materijala .....	19
3.4. Statistička obrada podataka .....	21
3.4.1. Uvod.....	21
3.4.2. Obrada podataka.....	21
<b>4. REZULTATI .....</b>	<b>24</b>



4.1. Razlike između vrsta .....	24
4.2. Razlike između spolova.....	25
<b>5. RASPRAVA.....</b>	<b>29</b>
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>33</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>34</b>
<b>8. PRILOZI.....</b>	<b>43</b>
<b>9. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>51</b>

# 1. UVOD

## 1.1. Reptilia – Porodica Lacertidae

Gmazovi (Reptilia) čine razred kralježnjaka koji se prvi put pojavio u paleozoiku prije 320 milijuna godina (Vitt i Caldwell 2014). Oni su prvi, pravi kopneni kralježnjaci jer se, za razliku od vodozemaca, mogu razmnožavati na kopnu bez prisutnosti vode. Prema Hutchins (2003), gmazovi se dijele na četiri reda: Crocodilia (krokodili, gavijali, kajmani i aligatori), Sphenodontia (Premosnici), Squamata (Ljuskaši) i Testudines (vodene i kopnene kornjače).

Ljuskaši su najbrojnija skupina gmazova sa 9200 poznatih vrsta (Vitt i Caldwell 2014). Podred Sauria (gušteri) sadrži otprilike 4500 do 5500 vrsta, od kojih je 71 vrsta rasprostranjena u Europi (Speybroeck i sur. 2016). Porodica Lacertidae (gušterice) jedna je od dvije najbrojnije porodice gmazova na području Hrvatske.

Porodica Lacertidae broji oko 250 vrsta koje se nalaze diljem Afrike i Euroazije. U Europi su Lacertidae dominantna skupina gmazova i postoji puno istraživanja o njihovoj ekologiji i ponašanju (Harris i sur. 1999).

Pripadnici porodice Lacertidae veličinom jako variraju, od 4 cm do 26 cm (od vrha njuške do nečisnice) (Vitt i Caldwell 2014). Rep je obično duži od vitkog tijela, a glava im je jasno odvojena. Gušterice su heliotermni i diuralni organizmi, a skoro sve vrste su prizemne osim nekolicine koje su arborealne (*Holaspis guentheri* Gray, 1863). Većinom se hrane insektima i aktivno love plijen. Njihovi predatori su najčešće ptice, zmije i sisavci, a jedan od mehanizama obrane od predatora je odbacivanje repa (Hutchins 2003; Capula i Aloise 2011). Odbačeni rep služi kao distrakcija predatoru dok jedinka bježi (Hutchins 2003). Većina vrsta je oviparna, osim živorodne gušterice (*Zootoca vivipara* Lichtenstein, 1823) koja rađa žive mlade.

### 1.1.1. Rod *Podarcis*

Rod *Podarcis* (Wegler, 1830) je skupina gušterica unutar porodice Lacertidae koja se razvila i evoluirala na području Sredozemlja (Carretero 2008). Značajno širenje roda je započelo prije 11 milijuna godina u miocenu, kada su se obična zidna gušterica (*Podarcis muralis* Laurenti, 1768) i sicilijaska zidna gušterica (*Podarcis wagleriana*, Gistel 1868) odvojile od zajedničke skupine (Oliverio i sur. 1998). Rod sadrži 19 poznatih vrsta koje su rasprostranjene od sjevera Europe, duž Sredozemlja, do sjevera Afrike (Arnold i sur. 2007). Gušterice imaju važnu ekološku

ulogu u hranidbenoj mreži sredozemnih ekosustava (Carretero 2004). Na području južnih europskih otoka i poluotoka nalazi se najveći broj endemičnih vrsta (Carretero 2008).

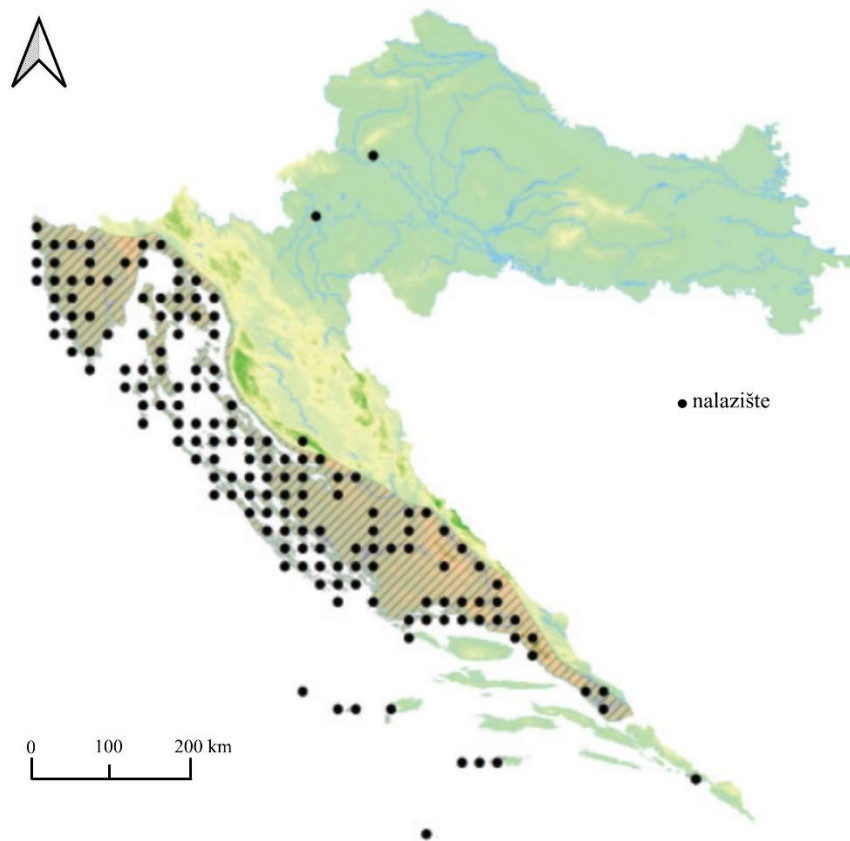
Zbog spomenute velike taksonomske i ekološke raznolikosti, ne samo između vrsta (Arnold i Ovenden 2002), već i između populacija te pojedinih gušterica (Carretero 2008), rod *Podarcis* je pogodan za niz evolucijskih istraživanja (Clover 1979).

Sistematika roda *Podarcis* je tema stalnih rasprava, jer su imunološka istraživanja i rezultati proteinske elektroforeze rezultirali oprečnim podacima. Također, dobiveni rezultati se često razlikuju od onih dobivenih iz morfoloških istraživanja (Harris i sur. 1999). Nova genetička istraživanja i razvoj molekularnih metoda, u kojima se najčešće koriste mtDNA sekvence, postupno su otkrila kompleksnu evoluciju roda *Podarcis* i znatno promijenila dosadašnju sistematiku (Harris i sur. 1999; Arnold 2007; Carretero 2008).

#### 1.1.2. Primorska gušterica – *Podarcis siculus* (Rafinesque-Schmaltz, 1810)

Od svih vrsta gušterica na Mediteranu, Primorska gušterica ima najveću sposobnost adaptacije različitim staništima (Corti i sur. 2011). Primorska gušterica je oportunistička vrsta koju karakterizira široka ekološka tolerancija i visoki kapacitet širenja (Nevo i sur 1972). Dokazano je da može uspješno nadjačati autohtone vrste gušterica (Oliverio i sur. 2001). Na nekim otocima u Hrvatskoj širenje primorske gušterice predstavlja problem i smatra se invazivnom vrstom (Jelić i sur. 2015).

Široko područje distribucije primorske gušterice uključuje Italiju, Korziku, Hrvatsku, Sloveniju i Crnu goru (Grano i sur. 2011). U Hrvatskoj je rasprostranjena duž obale, od Istre do Neuma, te na mnogim otocima (Slika 1.). U Dubrovniku postoji izolirana populacija, a od Neuma do Dubrovnika se nalazi zona u kojoj primorska gušterica ne obitava, tzv. „Sicula free“ zona. To upućuje na postojanje dva pravca kolonizacije sa područja Italije (Clover 1979; Jelić i sur. 2015). Jedan pravac kolonizacije potječe sa sjeveroistoka Italije, a drugi pravac uključuje direktnu kolonizaciju otoka (Palagruža, Sušac, Kapište, Pod Kapište) putem vode (Gorman i sur. 1975). Treći pravac širenja primorske gušterice je rezultat ljudskog djelovanja (brodski, željeznički i cestovni promet). Stoga su utvrđene populacije u Zagrebu duž željezničke pruge i na nasipu rijeke Save u Karlovcu (Jelić i sur. 2015).



**Slika 1.** Potencijalna rasprostranjenost primorske gušterice u Hrvatskoj (Preuzeto i prilagođeno iz Crvene knjige vodozemaca i gmazova Hrvatske 2015)

Na sjevernom dijelu areala aktivna je od veljače do studenog, a na jugu tijekom cijele godine. Zauzima širok raspon sunčanih staništa. Također je uobičajena u blizini ljudskih nastambi i bujne vegetacije (Speybroeck i sur. 2016).

Veličina jedinki doseže do 9 cm od vrha njuške do nečisnice (Speybroeck i sur. 2016). Leđni dio je najčešće zelene, maslinaste ili svijetlosmeđe boje s prugastim uzorkom (Slika 2.). Kod nekih populacija prisutan je mrežasti ili točkasti uzorak. Trbušni dio je najčešće bijele ili sive boje. Na rubu trbušne strane postoje plave točke. Prisutan je spolni dimorfizam – mužjaci su veći od ženki te imaju duži rep i širu glavu. Parenje se odvija između travnja i lipnja, a mužjaci se intenzivno udvaraju ženkama. Oviparna je vrsta i leže do 4 legla godišnje po 2-8 jaja (Arnold i sur. 2007; Jelić i sur. 2015).



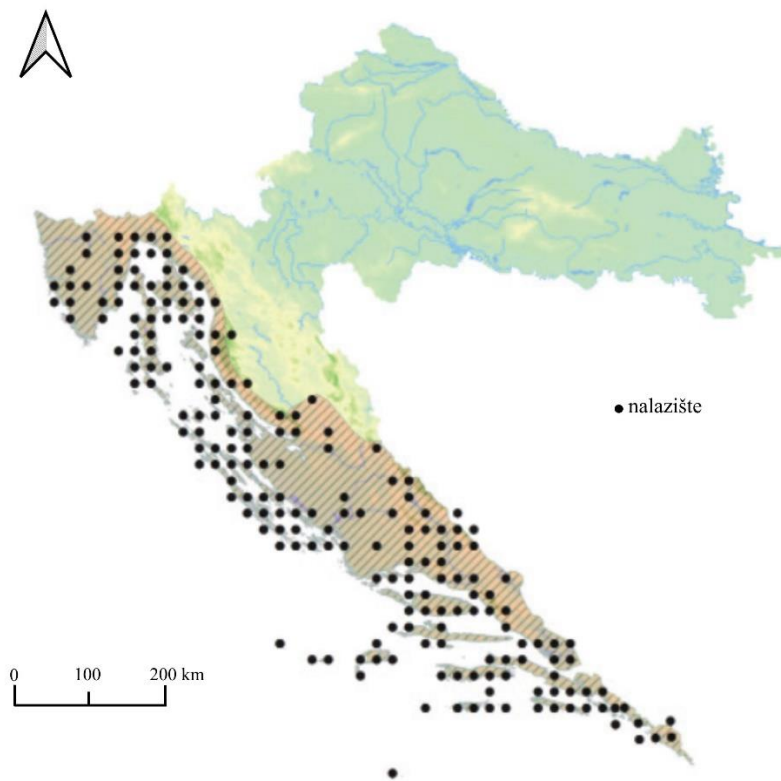
**Slika 2.** Mužjak primorske gušterice (Autor fotografije: Petr Balej; Balej i Jablonski 2006)

Njezin plijen čine beskralježnjaci, najčešće kukci. Ponekad se čak hrani biljnom tvari i malim kralježnjacima (Grano i sur. 2011). Neka istraživanja su pokazala da primorska gušterica konzumira sve beskralježnjake u staništu, ovisno o njihovoj dostupnosti (Scali i sur. 2008). S obzirom na ovakvu konzumaciju različitog plijena u različitim staništima, primorska gušterica je predator-generalist (Capula i Aloise 2011). U prilog tome ide istraživanje znanstvenika Capula i Aloise (2011) u kojem su zabilježili predaciju nad mladim jedinkama kućnog macaklina (*Hemidactylus turcicus* Linnaeus, 1758) i sredozemne rovke (*Suncus etruscus* Savi, 1822). Capula i Aloise (2011) i Grano i sur. (2011) su zabilježili slučajeve kanibalizma.

Ova vrsta nije zaštićena Zakonom o zaštiti prirode (NN 70/05; 139/08; 57/11) zbog velike brojnosti populacija i njezine potencijalne invazivnosti. Iako je Primorska gušterica svrstana u kategoriju najmanje zabrinjavajućih vrsta, uvrštena je u Crvenu knjigu vodozemaca i gmazova Republike Hrvatske. Njezine dvije podvrste (*Podarcis siculus ragusae* i *Podarcis siculus adriaticus*) su svrstane u kategoriju gotovo ugroženih vrsta (Jelić i sur. 2015).

### 1.1.3. Krška gušterica – *Podarcis melisellensis* (Braun, 1877)

Krška gušterica je rasprostranjena duž obale Jadrana (Slika 3.), od krajnjeg sjeveroistoka Italije do sjeverozapada Albanije (Jelić i sur. 2015). Ona čini autohtonu vrstu obalnih područja Hrvatske (Gorman i sur. 1975). Dublje u kontinent zalazi samo u blizini velikih rijeka poput doline Neretve zbog utjecaja sredozemne klime (Tiedemann i Henle 1986). Do sada je opisano 14 podvrsta (Reptile Database). Sve podvrste su svrstane u 3 glavne skupine – *Podarcis melisellensis fiumanus*, *Podarcis melisellensis melisellensis* i *Podarcis melisellensis* ssp. koju je potrebno opisati kao novu podvrstu (Podnar i sur. 2004).



**Slika 3.** Potencijalna rasprostranjenost krške gušterice u Hrvatskoj (Preuzeto i prilagođeno iz Crvene knjige vodozemaca i gmazova Hrvatske 2015)

Krška gušterica je jedna od najzastupljenijih pripadnika herpetofaune hrvatske obale i otoka, te se biogeografija ove vrste može smatrati oglednim primjerom za razumijevanje biogeografije Istočno-jadranske regije (Podnar i sur. 2004). Zauzima širok raspon suhih i sunčanih



staništa sa malo grmovite i/ili zeljaste vegetacije. Rijetko se približava ljudskom staništu i bujnoj vegetaciji (vrtovi, poljoprivredna zemljišta) (Jelić i sur. 2015; Speybroeck i sur. 2016).

Maksimalna veličina tijela (od vrha njuške do nečisnice) iznosi 7,4 cm, dok je prosječna veličina tijela oko 6,5 cm (Tiedemann i Henle 1986). Kao i kod primorske gušterice, obojenost krške gušterice je jako varijabilna. Primarna boja je smeđa ili zelena s uzorkom uzdužnih pruga (Jelić i sur. 2015). Na leđnom dijelu se nalazi niz pjega koje se protežu od stražnjih nogu do polovice tijela. Sa lateralne strane se također nalazi uski niz pjega koje su ponekad spojene u jednu tamnu liniju (Speybroeck i sur. 2016). Često se mogu pronaći jednoliko obojene jedinke ili populacije kod kojih u potpunosti izostaju tamne pruge. Trbušna strana je obično bijele, žute ili narančaste boje bez pjega (Jelić i sur. 2015) (Slika 4.). Kod mužjaka se na rubovima vanjskih trbušnih pločica nalaze plave pjege (Arnold i sur. 2007; Speybroeck i sur. 2016).



**Slika 4.** Mužjak krške gušterice (Autor fotografije: Dušan Jelić; Preuzeto iz Crvene knjige vodozemaca i gmazova Hrvatske 2015)

Aktivna je danju, većinom od veljače do studenog. Na nekim otocima postoje populacije aktivne tijekom cijele godine (Speybroeck i sur. 2016). Većinom se hrani beskralježnjacima (Jelić i sur. 2015). Mogu se hraniti i biljnom materijom, a zabilježeni su i primjeri kanibalizam (Tiedemann i Henle 1986). Nakon hibernacije mužjaci počinju agresivno braniti svoj teritorij i

započinju udvaranje. Parenje se odvija u svibnju, a ženka polaže 2-8 jaja po leglu. Godišnje mogu imati do 5 legala (Tiedemann i Henle 1986; Jelić i sur. 2015; Speybroeck i sur. 2016).

Krška gušterica nije ugrožena vrsta, ali veliku prijetnju joj predstavlja primorska gušterica, posebno na manjim otocima (Jelić i sur. 2015). Downes i Bauwens (2002) su terenskim i laboratorijskim istraživanjima dokazali da primorska gušterica kompeticijom potiskuje kršku guštericu. Nevo i sur. (1972) su uveli (eng. „*introduction*“) 5 parova primorske gušterice na nativni otok krške gušterice – Pod Mrčara, te 5 parova krške gušterice na nativni otok primorske gušterice – Pod Kopište. Herrel i sur. (2008) su se vratili na otoke 36 godina poslije i primijetili da su sve jedinke krške gušterice s otoka Pod Mrčara nestale. Na otoku Pod Kopište niti jedna jedinka krške gušterice nije opstala.

S obzirom da se dio areala krške gušterice nalazi unutar zakonom zaštićenih područja, ona je strogo zaštićena vrsta u Hrvatskoj. Nalazi se na Dodatku IV Direktive o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore Europske unije te na Dodatku II Konvencije o zaštiti europskih divljih vrsta i prirodnih staništa (Jelić i sur. 2015).

#### 1.1.4. Hibridizacija primorske i krške gušterice

Primorska gušterica i krška gušterica su u povijesti smatrane blisko povezanim vrstama, čak i istom vrstom (Gorman i sur. 1975). Obje vrste su doživjele značajnu evoluciju u veličini, boji i uzorku pigmentacije. To se posebno očituje u postojanju brojnih podvrsta (Clover 1979).

Primorska gušterica i krška gušterica nalaze se na gotovo svakom otoku u Jadranu (Gorman i sur. 1975). Obje vrste na kopnu koegzistiraju kao simpatričke vrste, ali na malim otocima najčešće pronalazimo samo jednu (Clover 1979). Na velikim otocima mogu se naći obje vrste, ali su one u parapatrijskom odnosu ili marginalnoj simpatriji (Gorman i sur. 1975).

Na malim otocima gdje nema puno predatora, kompetitora i raznolikog staništa, populacije gušterica dosežu jako veliku gustoću, a uvjeti u staništu se jako razlikuju od onih koje ostale gušterice doživljavaju na kopnu i velikim područjima (Clover 1979).

Iako je primorska gušterica generalno veća od krške gušterice, one su morfološki jako slične. Imaju sličnu tjelesnu temperaturu (32-36° C) koju održavaju grijanjem na stijenama i kamenim zidovima te hlađenjem u zasjenjenim staništima. Kod obje vrste je prisutna poliginija i teritorijalnost. Njihovo ponašanje je jako slično i jedinke često stupaju u interakciju s jedinkama



druge vrste. Ove sličnosti ih čine idealnim organizmima za istraživanje socijalnog ponašanja (Downes i Bauwens 2002).

S obzirom da su primorska i krška gušterica ekološki jako slične, moguća je hibridizacija i introgresija (Carretero 2008). Gorman i sur. (1975) su otkrili jedan slučaj hibridizacije između ove dvije vrste. Na otoku Pod Mrčaru su pronašli jedinku krške gušterice koja sadrži dva identična alela kao primorska gušterica. Kada primorska gušterica dođe u kontakt sa srodnim vrstama roda *Podarcis* (*P. melisellensis*, *P. wagleriana*, *P. raffonei*), moguća je hibridizacija, osobito u staništima pod antropogenim utjecajem (Capula 1993). Primorska gušterica je uključena u sve poznate slučajeve hibridizacije (Gorman i sur. 1975; Capula 1993, Capula 2002; Carretero 2008).

## 1.2. Ponašanje životinja

Ekologija ponašanja je grana ekologije koja proučava kako različiti mehanizmi i procesi ponašanja posreduju u interakciji organizama s biotičkim i abiotičkim okolišem. Ponašanje organizama povezuje fiziološke i molekularne procese s vanjskim okruženjem organizama, što ekologiju ponašanja čini središtem proučavanja evolucije. Ponašanje životinja je uočljiva aktivnost organizma, a sve što organizam radi uključuje djelovanje i/ili odgovor na vanjsku stimulaciju (Wallace i sur. 1991).

### 1.2.1. Temperament

Reakcije u ponašanju pojedinca na nove ili izazovne situacije mogu se definirati kao njegov temperament ili osobnost (Wilson i sur. 1994). Reale i sur. (2003) su temperament definirali kao skup konstantnih individualnih varijacija u ponašanju koje se ponavljaju kroz različite vremenske intervale unutar velikog broja različitih situacija. Osobine temperamenta mogu se svrstati u pet kategorija prema ekološkoj situaciji u kojoj se određena osobina mjeri. Stoga postoji pet kategorija ili svojstava temperamenta – hrabrost, istraživačko ponašanje, aktivnost, agresivnost i socijabilnost (Reale i sur. 2007). Razlike u temperamentu, odnosno osobnosti postale su glavni interes u području ponašanja životinja. Istraživanja temperamenta se temelje na pronalasku pokretača varijacija te evolucijskih i ekoloških posljedica tih varijacija (Sih i sur. 2004; Stamps i Groothuis 2010). Svaka kategorija temperamenta može biti izmjerena pomoću seta korelacijskih bihevioralnih ili psiholoških varijabli te pomoću fizioloških i hormonalnih pokazatelja ponašanja mjerenih u specifičnom ekološkom okruženju (Reale i sur. 2007). Uobičajeni pristup mjerenju nesocijalnih osobina temperamenta poput hrabrosti je testiranje fokalnih jedinki bez dopuštanja

slobodne interakcije s drugim jedinkama, jer socijalne interakcije mogu utjecati na ekspresiju tih osobina (Bevan i sur. 2018; Planas-Sitja i Deneubourg 2018).

Hrabrost ili odvažnost je osobina koja opisuje reakciju jedinke u riskantnim situacijama, ali ne u novim situacijama. Istraživačko ponašanje se opisuje kao reakcija pojedinca u novim situacijama, što uključuje reakcije u novom staništu ili reakciju prema stranom objektu. Aktivnost opisuje opću razinu aktivnosti pojedinca u već poznatom okruženju, dok je agresivnost agonistička reakcija prema jedinki iste vrste - konspecifiku (Reale i sur. 2007).

Uz osnovne kategorije temperamenta često se spominje još jedan oblik ponašanja - neofobija. Greenberg (1990) neofobiju definira kao stupanj averzije prema novim objektima ili novim situacijama. U socijalnom smislu, neofobija je strah od novih interakcija s drugim jedinkama, obično u kompetitivnom ili agresivnom kontekstu - strah od predatora (Crane i Ferrari 2017). Kao odgovor jedinke na prisustvo predatora, može doći do „freezing“ reakcije. „Freezing“ reakcija ili mirovanje je jedna od čestih strategija izbjegavanja predatora, a uključuje potpuno mirovanje kao odgovor na neki podražaj (najčešće predator) (Ahmad i Richardson 2013). Ova reakcija gotovo je sveprisutna među vrstama, a mnoge životinje prelaze u „freezing“ stanje prilikom svake iznenadne promjene vanjskog podražaja. Predatori su osjetljivi na kretanje, stoga je životinju koja miruje teško uočiti (Ratner 1975).

### 1.2.2. Socijalno ponašanje i socijabilnost

Socijalno ponašanje ili socijalnost se u ekologiji ponašanja opisuje kao sklonost pojedinca da formira grupe, živi u grupi određeno vrijeme te da stupa u interakciju s drugim konspecifikima (Botreau i sur. 2007; Ward i sur. 2016). Za razliku od socijalnosti, socijabilnost se opisuje kao sklonost pojedinca da ostane u bliskom kontaktu s konspecifikom, neovisno o tome nalazi li se u grupi (Krause i Ruxton 2002; Sibbald i sur. 2006).

Gartland i sur. (2021) socijabilnost opisuju kao sklonost ili tendenciju pojedinca da stupa u interakciju s drugim pojedincima pri čemu motivacija za interakcijom nije reprodukcija ili agresija (s tim se isključuju veze između partnera i agonističke interakcije). Reale i sur. (2007) socijabilnost opisuju kao reakciju pojedinca na prisutnost ili odsutnost jedinke iste vrste (isključujući agresivno ponašanje). Nadalje, socijabilnost, zajedno sa agresivnošću, čini socijalni dio temperamenta (Reale i sur. 2007).

Kao jedna od osobina temperamenta, očekuje se da socijabilnost bude stabilna tijekom vremena u odnosu na varijacije među pojedincima (Reale i sur. 2007). Također, ona čini jednu od 5 glavnih osi ili kategorija životinjskog temperamenta (Best i sur. 2015) te pokazuje nasljednu osnovu kod primata (Brent i sur. 2013).

Socijabilne jedinke traže prisutnost drugih jedinki, dok nesocijabilne jedinke izbjegavaju prisutnost drugih. Varijacije u socijabilnosti su dokumentirane kod različitih organizama poput sluzave plijesni (*Physarum polycephalum*), društvenih kukaca, te životinja sa stabilnim društvenim skupinama (Gartland i sur 2021).

### 1.2.3. Promatranje i mjerenje socijabilnosti

Postoji puno različitih pristupa koji se koriste za kvantificiranje individualnih varijacija u socijabilnosti, a one se razlikuju po svojoj ekološkoj vrijednosti, standardizaciji i kontroli (Gartland i sur. 2021). Iako je predložena kao jedna od temeljnih osobina temperamenta i promatra se u širokom rasponu vrsta, socijabilnost nije tako opširno istražena kao osobine poput hrabrosti ili agresivnosti (Smith i Blumstein 2008).

Za istraživanje socijabilnosti, najčešće se koriste jedan ili više konspecifika koji služe kao poticaj socijalne interakcije kod fokalne jedinke. Konspecifici su najčešće ograničeni na jedno mjesto, dok se fokalna jedinka slobodno kreće. Nakon toga se mjeri vrijeme fokalne gušterice provedeno unutar granične udaljenosti od socijalnog poticaja (konspecifika) što se na kraju koristi kao mjera socijabilnosti (Gartland i sur. 2021).

Kod populacija ili skupina pojedinaca u slobodnoj interakciji (bilo u divljini ili u laboratoriju) mogu se promatrati aspekti njihovog individualnog socijalnog ponašanja. Istraživanje individualnih razlika u socijalnom ponašanju obično uključuje mjerenje ponašanja povezanih sa socijalnim interakcijama, kao što su blizina pojedinca svom najbližem konspecifiku, sklonost da slijedi druge i usklađenost orijentacije s bliskim konspecifikom (Nagy i sur. 2010; Jolles i sur. 2017).

Općenito, kod korištenja bilo kojeg od navedenih pristupa mjerenju, postoji kompromis između standardizacije i ekološke realnosti. Bilo koje laboratorijsko istraživanje, bilo da je provedeno s fokalnim jedinkama ili grupama u slobodnoj interakciji, podložno je na određenoj razini, učincima umjetnog okruženja (Gartland i sur. 2021). S druge strane, sakupljanje podataka

promatranjem skupina u divljini može biti jako zahtjevno i dugotrajno (Blumstein i sur. 2018). Jedinica može samo naizgled biti jako socijabilna, jer je privlačna konspicificima, a zapravo nema visoku razinu socijabilnosti (Ioannou i sur. 2019).

#### 1.2.4. Test socijalnog odabira

Test socijalnog odabira, koji procjenjuje sklonost jedinke da izabere socijalni poticaj (u odnosu na nesocijalni poticaj), jedan je od najčešće korištenih metoda za procjenu socijabilnosti životinja (Rein i sur. 2020). Test su dizajnirali Nadler i suradnici na Sveučilištu Sjeverne Karoline 2004. godine, a dizajniran je za detekciju autizma kod laboratorijskih miševa. Uz detekciju autizma, danas se test koristi za ispitivanje šizofrenije i depresije te je primjenjiv za procjenu potencijalnih učinaka farmakoloških spojeva na socijabilnost (Kaidanovich-Beilin i sur. 2011). Također se koristi za ispitivanje socijalnog ponašanja, kao što je već ranije spomenuto.

Općenito, parametri koji se najčešće mjere su vrijeme fokalne jedinke provedeno u blizini konspicifika ili prezentirane jedinke i vrijeme fokalne jedinke provedeno u komori sa neživim objektom (Yang i sur. 2011).

Postoje dvije najčešće korištene vrste testa socijalnog odabira – tri-komorni i jedno-komorni test. Tri-komorni test se sastoji od arene koja je podijeljena na tri komore. Konspicifiku (prezentiranoj jedinci) je onemogućeno kretanje što sprječava izravan fizički kontakt sa fokalnom jedinkom, eliminira agresivno ponašanje (sukob) i onemogućuje senzorne interakcije poput mirisa, vida, zvuka i okusa. Fokalna jedinka pokreće i prekida sve interakcije i uvijek ima izbor između neživog objekta (prazni kavez) i konspicifika. Velika arena koja omogućuje kretanje fokalne jedinke smanjuje razinu stresa i omogućuje odmicanje od konspicifika. Jedini stres koji fokalna jedinka doživljava je njezino premještanje iz poznatog okruženja u arenu (nepoznato okruženje). Sve prethodno nabrojane prednosti omogućuju ponavljanje testa i do nekoliko puta tijekom određenog vremena. Negativna strana korištenja tri-komornog testa socijalnog odabira je njegova dugotrajnost (Kaidanovich-Beilin i sur. 2011).

#### 1.2.5. Odnosi između socijabilnosti i ostalih osobina temperamenta

Korelacija između različitih osobina temperamenta među jedinkama se naziva bihevioralnim sindromom. Populacija ili vrsta pokazuje znakove bihevioralnog sindroma ako svaka jedinka u populaciji pokazuje isti obrazac ponašanja (Sih i sur. 2004). U literaturi postoji

puno dokaza da socijabilnost može biti povezana s drugim osobinama temperamenta (Krause i Ruxton 2002; Sih i Watters 2005; Gartland i sur. 2021).

Izrazito agresivne jedinke imaju nisku razinu socijabilnosti u smislu toleriranja prisutnosti konspicifika, pa u skupinama, drugi izbjegavaju agresivne jedinke (Sih i Watters 2005). Također je utvrđeno da je agresivnost u negativnoj korelaciji sa socijabilnošću kod juvenilnih jedinki koljuške (*Gasterosteus aculeatus*) (Lacasse i Aubin-Horth 2014).

Pozitivne korelacije između socijabilnosti, aktivnosti i istraživačkog ponašanja mogu se očekivati ako visoka razina aktivnosti i/ili istraživačkog ponašanja dovodi do više susreta s drugim jedinkama (Gartland i sur 2021).

Jedan od pokretača evolucije života u skupinama je rizik od predatora. Neke vrste stvaraju zajednice kako bi smanjile rizik od predatora ili olakšale potragu za hranom. Život u skupinama reducira rizik, što dovodi do niske razine odvažnosti jedinki. Stoga je korelacija između socijabilnosti i odvažnosti negativna (Krause i Ruxton 2002; Gartland i sur. 2021).

Ova negativna korelacija je potvrđena kod nekoliko vrsta poput istočnog sivog klokana (*Macropus giganteus*) (Best i sur. 2015), ovce (*Ovis aries*) (Michelena i sur. 2010) i velike sjenice (*Parus major*) (Snijders i sur. 2016). S druge strane, kod nekih vrsta su utvrđene pozitivne korelacije, poput riba *Tor khudree* (Varma i sur. 2020) i gupi (*Poecilia reticulata*) (Irving i Brown 2013). Ove oprečne rezultate Öst i sur. (2015) pripisuju stanju jedinke, pri čemu jedinke dobrog fizičkog stanja imaju višu razinu socijabilnosti i odvažnosti nego jedinke u lošem fizičkom stanju.

Veze između socijabilnosti i ostalih osobina temperamenta nisu konzistentne te postoje razlike ne samo među vrstama, već i među populacijama unutar iste vrste. Također postoje varijacije kod spolova i jedinki različite veličine i kondicije (Gartland i sur 2021).

#### 1.2.6. Socijabilnosti na razini jedinke, populacije i spola

Jedinke unutar iste populacije imaju međusobno različite razine socijabilnosti i mijenjaju ju s obzirom na okolišne faktore (Dingemanse i sur. 2010). To se naziva bihevioralna plastičnost, a jedinke mogu pokazivati različitu bihevioralnu plastičnost samo u jednom aspektu temperamenta (Biro i sur. 2010).

Rodriguez-Prieto i sur. (2010) su istražili individualne varijacije u bihevioralnoj plastičnosti pomoću utjecaja odvažnosti, istraživačkog ponašanja i socijabilnosti na habituaciju. Habituacija ili

navikavanje je slabljenje odgovora životinje na neki podražaj nakon višestrukog izlaganja tom podražaju (Shelter 1984).

Navikavanje na predatora poseban je oblik bihevioralne plastičnosti kojom životinje smanjuju svoj odgovor na podražaj predatora nakon višestrukih neopasnih izlaganja istom. Razlike u sposobnosti habituacije unutar populacije mogu imati posljedice povezane s „fitnessom“ (Ellenberg i sur. 2009; Rodriguez-Prieto i sur. 2010).

Dosadašnji istraživanja sugeriraju da su osobine nekih jedinki izraženije od drugih te da su individualne razlike u ponašanju nasljedne i povezane sa „fitnessom“ (Bell i sur. 2009). Mnoga istraživanja dokazala su da socijabilnost može utjecati na povećanje „fitnessa“ te da je socijabilnost pozitivno povezana s preživljavanjem kod žutog pavijana (*Papio cynocephalus*) (Silk 2003), rastom i reprodukcijom kod rezus majmuna (*Macaca mulatta*) i dugorepog manakina (*Chiroxiphia linearis*) (McDonald 2007; Brent i sur. 2013). S druge strane, na primjeru svisca (*Marmota flaviventris*), visoka razina socijabilnosti uzrokovala je nisku razinu preživljavanja (Yang i sur. 2016; Blumstein i sur. 2018) i nizak reproduktivni uspjeh (Wey i Blumstein 2012).

Promjene u gustoći populacije mogu biti izvor selekcijskog pritiska koji održava varijacije u socijabilnosti (Gartland i sur. 2021). Gustoća populacije utječe na dostupnost resursa i kompeticiju, što direktno utječe na „fitness“ jedinki te njihovu razinu socijabilnosti (Cote i sur. 2008).

Kod živorodne gušterice, u populacijama niske gustoće, rast je bio veći kod jedinki s visokom razinom socijabilnosti (Le Gallirad i sur. 2015), a reproduktivni uspjeh je bio veći kod socijabilnih ženki. Preživljavanje u populacijama niske gustoće bilo je veće kod asocijalnih jedinki (Cote i sur. 2008).

Gustoća populacije i socijabilnost kod živorodne gušterice u međusobnoj su interakciji i određuju disperziju ili raspršenje jedinki. Jedinke visoke razine socijabilnosti raspršuju se iz populacija niske gustoće (Cote i Clobert 2007). Kod gambuzije (*Gambusia affinis*), jedinke niske socijabilnosti raspršuju se dalje od jedinki visoke razine socijabilnosti (Cote i sur. 2010).

Socijabilnost također utječe na uspjeh jedinki tijekom naseljavanja nove populacije. Kod ženki voluharice (*Myodes glareolus*), doseljene socijabilne jedinke imaju veću vjerojatnost

preživljavanja u populacijama niske gustoće, ali imaju manju vjerojatnost reprodukcije od asocijalnih jedinki (Remy i sur. 2014).

Mješavina pojedinaca s različitim tendencijama socijalnog ponašanja koje variraju u njihovom odgovoru na promjene ekoloških uvjeta mogu stabilizirati veličinu populacije zbog veće raznolikosti odgovora, kao što su različiti odgovori na gustoću populacije guštera ovisno o njihovoj socijabilnosti (Cote i sur. 2008).

Razlike u socijabilnosti postoje ne samo na razini populacije, već i na razini spola. Te razlike su najčešće vidljive u sezoni parenja. Kod iberijske kamene gušterice (*Iberolacerta monticola*), mužjaci tijekom sezone parenja imaju nisku razinu socijabilnosti. S druge strane, razina agresivnosti se povećava, kao i veličina teritorija zbog međusobne kompeticije. Ženke ne mijenjaju veličinu svog teritorija, niti razinu socijabilnosti (Aragon i sur. 2001).

Ženke australskog vodenog zmaja (*Physignathus lesueurii*) pokazuju više razine socijabilnosti u odnosu na mužjake, jer socijalnim interakcijama mogu optimalno koristiti zajedničke resurse. Također su socijabilnije u kontaktu s dominantnim ženkama zbog smanjene pojave konflikta (Strickland i sur. 2014).

Općenito, kod mužjaka, saveznici imaju snažnu kompetitivnu sposobnost, dominantni su te imaju bolji reproduktivnih uspjeh. Kod ženki, jedinke s jakim socijalnim vezama doživljavaju manje stresa, dulje žive te imaju veću sposobnost preživljavanja (Seyfarth i sur. 2012).

## 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj istraživanja je utvrditi razlike u socijabilnosti populacija primorske gušterice i krške gušterice korištenjem testa socijalnog odabira.

Specifični ciljevi su:

1. Istražiti razlike u socijabilnosti u ovisnosti o vrsti
2. Istražiti razlike u socijabilnosti u ovisnosti o spolu

Hipoteze istraživanja su da su jedinke populacije *P. siculus* socijabilnije od jedinki populacije *P. melisellensis* te da su ženke *P. siculus* i *P. melisellensis* socijabilnije od mužjaka.



## 3. MATERIJALI I METODE

### 3.1. Terenski dio istraživanja

Kao dio projekta „Dopaminska regulacija kompetitivnog ponašanja guštera *Podarcis sicula* i *Podarcis melisellensis* – BOLDeR“ voditeljice doc. dr. sc. Sofie Ane Blažević, financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost, uz dozvolu Ministarstva zaštite okoliša i energetike te etičkog povjerenstva, metodom lova pomoću omče ulovljeno je ukupno 120 jedinki gušterica – 30 ženki i 30 mužjaka svake vrste odnosno po 10 mužjaka i 10 ženki svake vrste iz tri populacije sa tri lokacije – Knin, Pag, Sinj.

Metoda lova pomoću omče odvija se pomoću dugog štapa na čijem je kraju zavezana omča od flaksa. Guštera se pokušava uhvatiti oko vrata, a nakon što mu se omča uspješno prebaci preko glave, povuče se štap. Ulovljeni gušteri su stavljeni individualno u obilježenu platnenu vreću te ih se što prije dopremilo u prethodno uređene prostorije za održavanje guštera na Zavodu za animalnu fiziologiju Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta. Jedinke su ulovljene u rujnu 2020. godine, a istraživanje je provedeno od listopada do studenoga iste godine.

### 3.2. Laboratorijski rad

#### 3.2.1. Održavanje guštera u zatočeništvu

Ulovljene jedinke držane su u plastičnim terarijima (dimenzija 50x30 cm) s podlogom od treseta, UV lampom i lampom za grijanje, kamenom za sunčanje, posudom za vodu i skloništem. Skloništa su napravljena od plastične cijevi dugačke oko 10 cm, a jedan kraj cijevi je bio zatvoren ljepljivom trakom. Vlažnost zraka u prostoriji je bila 40-60 %, a temperatura oko 28-30 °C danju i 20-22 °C noću. Svjetlost lampe je pratila prirodni dnevno-noćni ritam pojedine sezone. Jedinke su hranjene šturcima (porodica Gryllidae) svaki drugi dan, a voda se dolijevala u posude i češće, ako je to bilo potrebno.

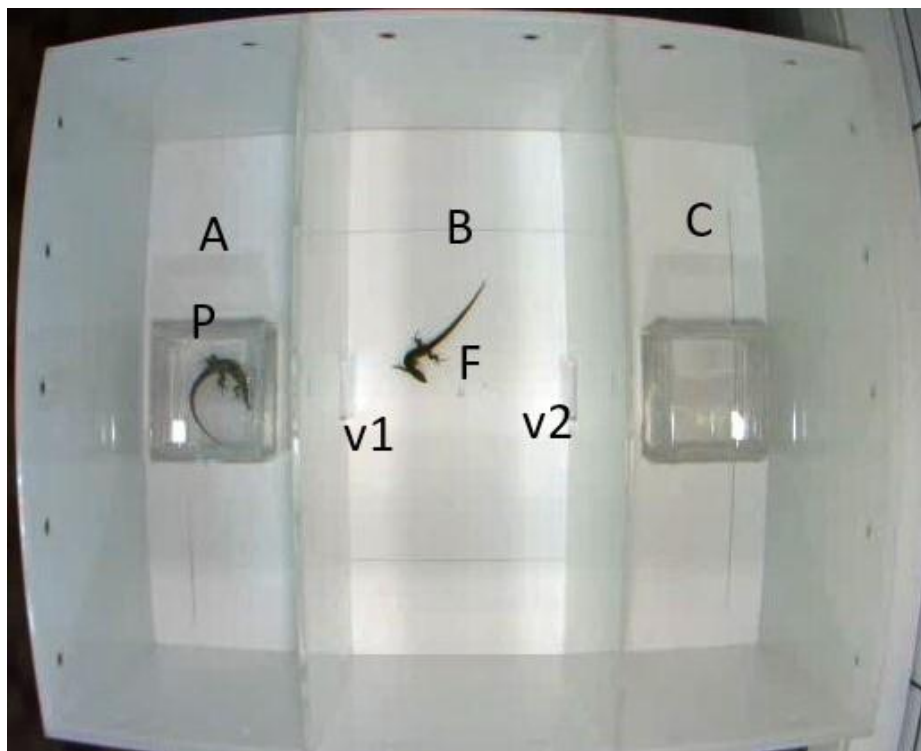
Po dolasku na Zavod za animalnu fiziologiju, svaki gušter je premjeren, pregledano mu je zdravstveno stanje i potvrđen je spol jedinke. Napravljena je evidencija jedinki s obzirom na lokaciju, spol i vrstu te su svakoj jedinki dodane oznake. Krške gušterice su imale oznaku PM (*Podarcis melisellensis*), a primorske gušterice su imale oznaku PS (*Podarcis siculus*). Svakoj jedinki je uz niz slova dodan redni broj kako bi svaki gušter imao individualnu oznaku ili šifru (na primjer, PS1). Šifra je služila za lakše raspoznavanje u evidenciji, transportu i pokusu.

### 3.2.2. Test socijalnog odabira

Test socijalnog odabira, odnosno tri-komorni test socijabilnosti je jedan od najčešće korištenih testova za istraživanje socijabilnosti životinja, a izvorno je dizajniran za detekciju autizma kod laboratorijskih miševa.

U testu je korištena kutija ili arena, dimenzije 50x60x25 cm, napravljena od pleksiglasa. Arena ima svijetle, neprozirne zidove, otvoreni krov te je neprozirnom pregradom podijeljena na tri jednake komore. Dimenzija svake komore je 50x20x25 cm. Na svakoj pregradi se nalazi otvor s kliznim vratašcima koji povezuje dvije susjedne komore omogućavajući prolaz životinje iz komore u komoru. U bočnim komorama su postavljeni žičani kavezi. U jednoj komori je žičani kavez prazan, dok je u nasuprotnoj, bočnoj komori stavljena jedinka prezentirane gušterice. Iznad arene postavljena je kamera i lampa za dodatno osvjetljenje. Arena nije imala dno, stoga je postavljena plastična ploča.

Pokus je proveden u dnevnom ritmu guštera u prirodi, od 09:00 do 16:00 h, a temperatura u prostoriji je održavana na 30 °C. Istovremeno u testu sudjeluju dvije jedinke gušterica iste vrste, ali različitih spolova – fokalna jedinka i prezentirana jedinka. Samo se fokalnoj gušterici mjeri socijabilnost, dok je prezentirana gušterica smještena u jedan od dva žičana kaveza. Drugi žičani kavez je prazan (Slika 5.).



**Slika 5.** Arena tri-komornog testa socijalnog odabira. Testirana jedinka (fokalna gušterica) označena je s „F“, a prezentirana gušterica u kavezu s „P“. Komora s punim kavezom („PUNO“) označena je s „A“, a komora s praznim kavezom („PRAZNO“) s „C“. Središnja komora u koju se spušta fokalna gušterica označena je s „B“. Između komora se nalaze otvori sa vratašcima koji su označeni s „v1“ i „v2“.

Prije početka pokusa i snimanja, fokalna i prezentirana gušterica se iz vlastitih individualnih terarija, pomoću laganog usmjeravanja štapićem, usmjeravaju u plastično cilindrično sklonište u obliku plastične cijevi koje se nalazi u terariju. Osim što plastična cijev služi kao sklonište, ona služi kao prijenosno sredstvo od terarija do arene za test. Na taj način se smanjuje stres jedinki u odnosu na klasično hvatanje jedinki rukom.

Prezentirana guštericom se potom lagano spušta u arenu za test u jednu od nasumično odabranih bočnih komora, a njezino kretanje se štapićem lagano usmjerava po komori s namjerom da ostavi svoj miris. Nakon toga, prezentiranu guštericu se usmjerava u žičani kavez koji je postavljen u središtu nasumično odabrane bočne komore. U drugu bočnu komoru postavlja se prazni žičani kavez.

Zatim se fokalna jedinka prenosi i lagano spušta u testnu arenu u središnju komoru. Prazni plastični cilindar se vraća u terarij, nakon čega započinje period aklimatizacije u trajanju od pet minuta.

Nakon aklimatizacije, pokrenut je program za snimanje videa EthoVision XT 15. Klizna vratašca između komora su oprezno otvorena, pri čemu se pazilo da fokalna gušterica ne primijeti osobu koja ih otvara. Svaki je pokus trajao 20 minuta, a nakon završetka pokusa, svaka je jedinka usmjerena natrag u svoje plastično sklonište i vraćena u svoj terarij.

Poslije svakog pokusa, sva oprema korištena u pokusu (zidovi testne arene, plastično dno, kavezi, vratašca i štapići) su temeljito očišćeni 30%-tnim alkoholom i papirnatim ubrusom. Čišćenjem se uklonio sav miris prethodnih jedinki.

U pokusu su korištene četiri odvojene testne arene s vlastitim kamerama i lampama, te su se istovremeno odvijala četiri snimanja.

### 3.3. Analiza snimljenog materijala

Za analizu video snimki korišten je program EthoVision XT 15, Noldus Information Technology, Nizozemska. Navedeni program služi za analizu životinja prema parametrima koje želimo promatrati i koje smo unaprijed odabrali. Prije početka snimanja potrebno je postaviti duljinu trajanja videosnimke i unesti podatke, odnosno oznake jedinki koje se koriste u pokusu.

Program ima mogućnost automatskog praćenja vrijednosti unaprijed odabranih varijabli i njihova vlastoručnog prikupljanja. Neke varijable program ne može automatski analizirati, pa su određene varijable dodane i ručno prikupljane. Varijable koje su dodane u analizu su prikazane u Tablici 1. Za prijelaz iz jedne komore u drugu, uzet je trenutak kada je glava fokalne gušterice u potpunosti prošla kroz vratašca između komora. Nadalje, kada je glava fokalne gušterice ušla u područje udaljeno manje od 1,5 kvadrata sa svake strane žičanog kaveza, započeto je mjerenje vremena provedenog uz kavez s prezentiranom guštericom ili uz prazan kavez. Varijable „PUNO“ i „UZ PUNO“ te varijable „PRAZNO“ i „UZ PRAZNO“ nisu međusobno isključive. Ukoliko se fokalna gušterica nalazi u odgovarajućem području komore i pri tome u blizini kaveza, vrijednost tih varijabli se povećava istovremeno.

**Tablica 1.** Odabrane varijable praćene prilikom analize video snimki

Varijabla	Opis varijable
PRAZNO	Vrijeme koje je fokalna gušterica provela u komori s praznim kavezom
PUNO	Vrijeme koje je fokalna gušterica provela u komori s prezentiranom guštericom
SREDINA	Vrijeme koje je fokalna gušterica provela u središnjoj komori
UZ PUNO	Vrijeme koje je fokalna gušterica provela uz kavez s prezentiranom guštericom
UZ PRAZNO	Vrijeme koje je fokalna gušterica provela uz prazan kavez
FREKVENCIJA	Ukupni broj prelazaka između komora

Varijable „SREDINA“, „PUNO“ i „PRAZNO“ su međusobno isključive varijable i ne mogu se aktivirati istovremeno. To sprječava mogućnost pogreške da se fokalna gušterica nalazi istovremeno u dvije komore.

Varijabla „FREKVENCIJA“ dobivena je zbrajanjem broja ulazaka u praznu komoru (s praznim kavezom), u punu komoru (kavez s konspecifikom) te u središnju komoru (frekvencija puno + frekvencija prazno + frekvencija sredina).

### 3.4. Statistička obrada podataka

#### 3.4.1. Uvod

U statistici, linearni model obuhvaća različite statističke modele koji zavisnu varijablu definiraju kao linearnu funkciju jedne ili više nezavisnih varijabli. Pouzdanost statističke analize provedene pomoću nekog linearnog modela ovisi o tri pretpostavke vezane uz pogreške. Pretpostavka je da su pogreške međusobno neovisne, da je njihova distribucija normalna, da je njihova prosječna vrijednost nula te da su varijance pogrešaka unutar svih kategorija jednake. Ove pretpostavke su zapravo uvjeti koje treba ispuniti prije nego se linearni model upotrijebi za donošenje zaključaka. Ukoliko bilo koji od ovih uvjeta nije zadovoljen, zaključci doneseni na temelju rezultata analize su nepouzdana.

Za testiranje potrebnih uvjeta korišteni su Shapiro-Wilk test, Bartlett test i dijagnostički grafovi modela. Shapiro-Wilk test koristi se za testiranje normalne distribucije, a Bartlett test koristi se za testiranje homogenosti – pretpostavke da su varijance jednake. Dijagnostičkim grafovima se vizualno identificiraju pretpostavke, a navedenim testovima se potvrđuju identificirane pretpostavke. Ukoliko pretpostavke nisu zadovoljene, podaci se mogu transformirati kako bi one bile zadovoljene. Analiza varijance (ANOVA) koristi se za potvrđivanje značajnosti rezultata istraživanja odnosno za utvrđivanje prihvatanja ili odbacivanja nul-hipoteze (postavljene hipoteze). Ovim testom se uspoređuju srednje vrijednosti između grupa te se utvrđuje postojanje statistički značajnih razlika između tih srednjih vrijednosti.

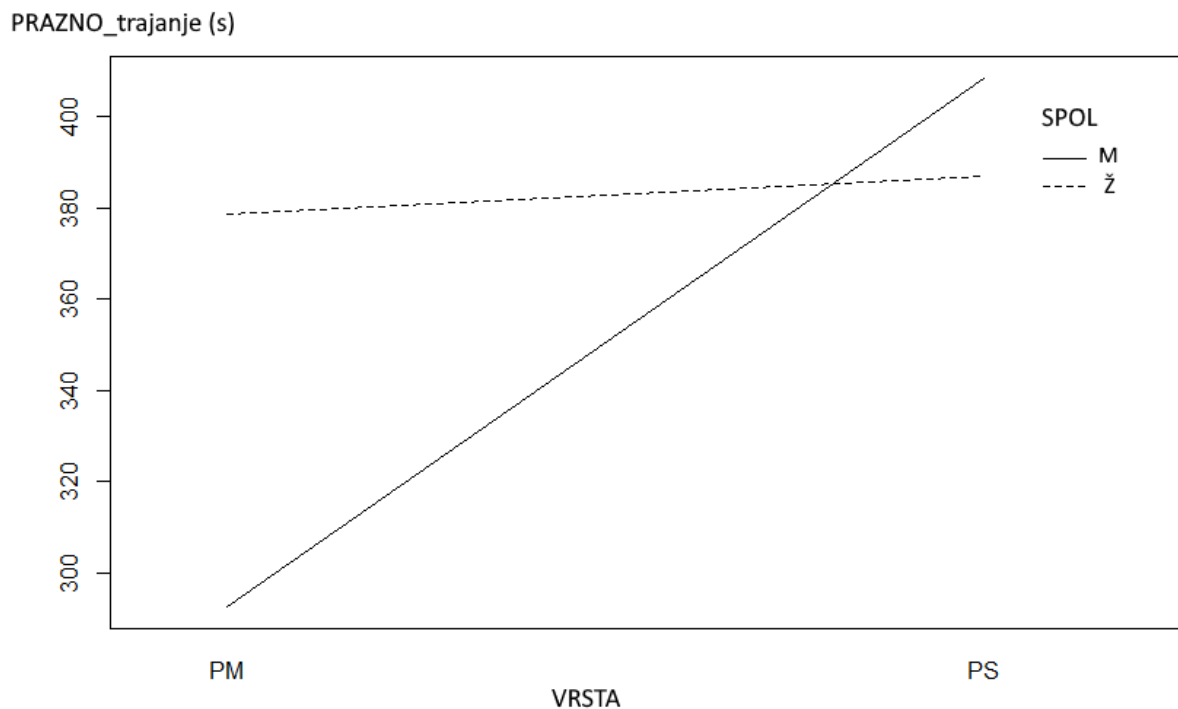
#### 3.4.2. Obrada podataka

Vrijednost varijabli u kojima je mjereno određeno vrijeme („PUNO“, „PRAZNO“, itd.) prvo su preračunate u postotak, u odnosu na vrijeme trajanja cijelog pokusa, a potom su transformirane uz pomoć angularne transformacije. Transformirane vrijednosti obrađene su pomoću općeg linearnog modela.

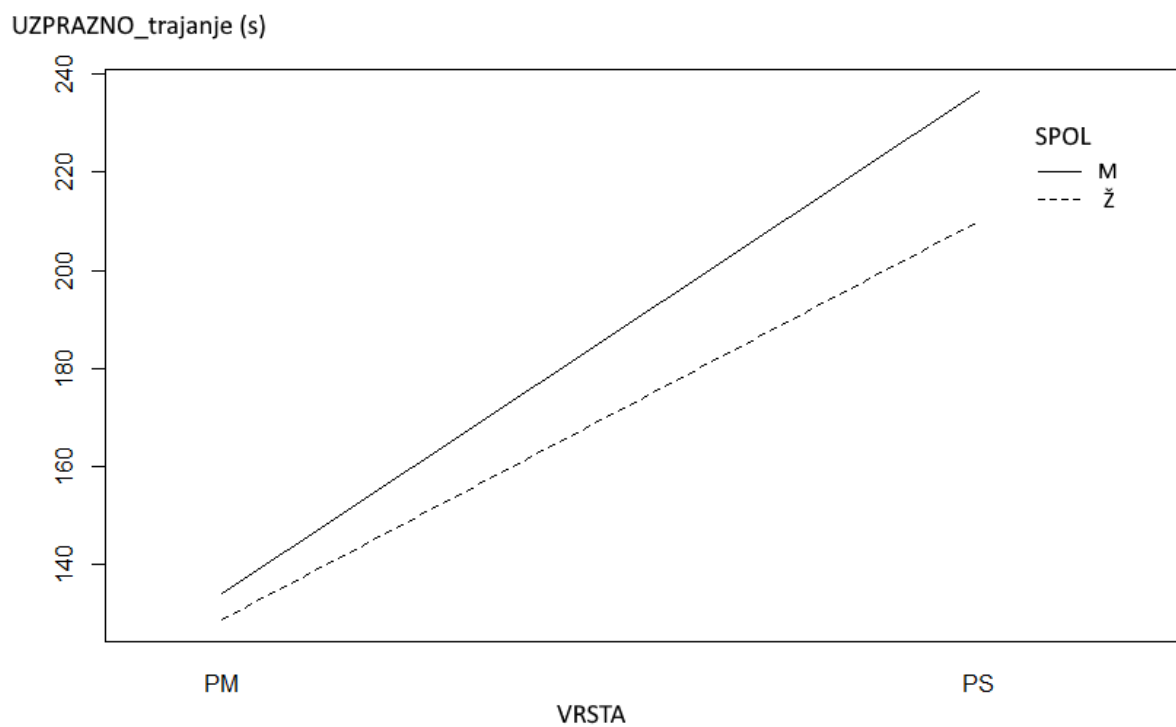
Kod odabira općeg linearnog modela, prvo je izrađen graf interakcije (Slika 6.). Graf interakcije prikazuje odnos između nezavisnih varijabli. Interakcijski efekt pojavljuje se kada vrijednost jedne varijable ovisi o vrijednosti druge varijable. U ovom slučaju, utjecaj vrijednost nezavisne varijable (npr. pripadnost vrsti) vrijednost zavisne varijable ovisi o drugoj nezavisnoj varijabli (npr. spolu). Ukoliko su postojale interakcije nezavisnih varijabli, korišteni su višestruki oblici linearnog modela pomoću kojih je testiran statistički značajan utjecaj nezavisne varijable na

zavisnu varijablu. Ukoliko nisu bile vidljive interakcije (Slika 7.), korišten je aditivni oblik modela koji ne uzima u obzir interakciju između nezavisnih varijabli.

Prikupljeni podatci su statistički obrađeni u računalnom programu „R Studio“ koji je razvijen za programski jezik „R“. Korištenjem ovog programa i linearnih modela, testirani su odnosi između nezavisnih varijabli (spola i vrste) unutar svih odabranih kategorija ponašanja.



**Slika 6.** Graf interakcije faktora „Spol“ i „Vrsta“ varijable „PRAZNO“. Sjecište pravaca ukazuje na postojanje značajne interakcije dva navedena faktora. (PM – *Podarcis melisellensis*; PS – *Podarcis siculus*)



**Slika 7.** Graf interakcije faktora „Spol“ i „Vrsta“ varijable „UZ PRAZNO“. Pravci se ne sijeku što upućuje da nema interakcije. (PM – *Podarcis melisellensis*; PS – *Podarcis siculus*)



## 4. REZULTATI

Sve pretpostavke za provedbu analize su zadovoljene. Distribucija varijabli je normalna, međusobno su neovisne, a njihove su varijance unutar svih kategorija jednake. Dijagnostički grafovi su pokazali da su sve pretpostavke zadovoljene. Bartlett test je potvrdio pretpostavku da su varijance unutar svih kategorija jednake (homogenost varijance). Nul-hipoteza Bartlett testa koja pretpostavlja homogenost varijanci je potvrđena s obzirom da je dobivena  $p$ -vrijednost ( $p=0.254$ ) bila veća od 0.05 ( $p>0.05$ ). Shapiro-Wilk test je potvrdio normalnu distribuciju. Nul-hipoteza koja pretpostavlja normalnu distribuciju se prihvaća ukoliko je  $p>0.05$ , a dobivena  $p$ -vrijednost ( $p=0.131$ ) je zadovoljila taj uvjet.

Sve proučavane varijable (Tablica 1.) prikazane su grafički (Slika 8.-13.). Na x osi prikazane su vrste te spolovi unutar vrsta (Ž – ženke, M – mušjaci, PM – *Podarcis melisellensis*, PS – *Podarcis siculus*). Pravokutnik na grafu obuhvaća podatke od gornjeg kvartila (gornji rub) do donjeg kvartila (donji rub). Zadebljana linija unutar pravokutnika označava medijan, a trokut srednju vrijednost. Vertikalne linije ispod i iznad pravokutnika (tzv. „whiskers“) pokazuju minimum i maksimum, bez ekstremnih vrijednosti. Ista slova iznad stupaca označavaju nepostojanje statistički značajnih razlika, niti između vrsta, niti između spolova unutar vrsta, dok različita slova ukazuju na postojanje statistički značajne razlike između vrsta, bez razlike između spolova unutar vrsta.

### 4.1. Razlike između vrsta

Statistički značajna razlika, odnosno  $p<0,05$ , pronađena je između vrsta u četiri varijable – „PUNO“ (Slika 9.), „SREDINA“ (Slika 13.), „UZ PUNO“ (Slika 11.) i „UZ PRAZNO“ (Slika 10.). Značajna razlika u varijabli „PUNO“ ukazuje na to da je primorska gušterica više vremena provodila u komori s konspecifikom od krške gušterice. Također, više je vremena provodila uz kavez sa konspecifikom od krške gušterice što nam potvrđuje značajna razlika u varijabli „UZ PUNO“. Značajna razlika u varijabli „UZ PRAZNO“ ukazuje da je primorska gušterica više vremena provodila uz prazan kavez od krške gušterice. S druge strane, značajna razlika u varijabli „SREDINA“ ukazuje da je krška gušterica provodila više vremena u središnjoj komori nego primorska gušterica.

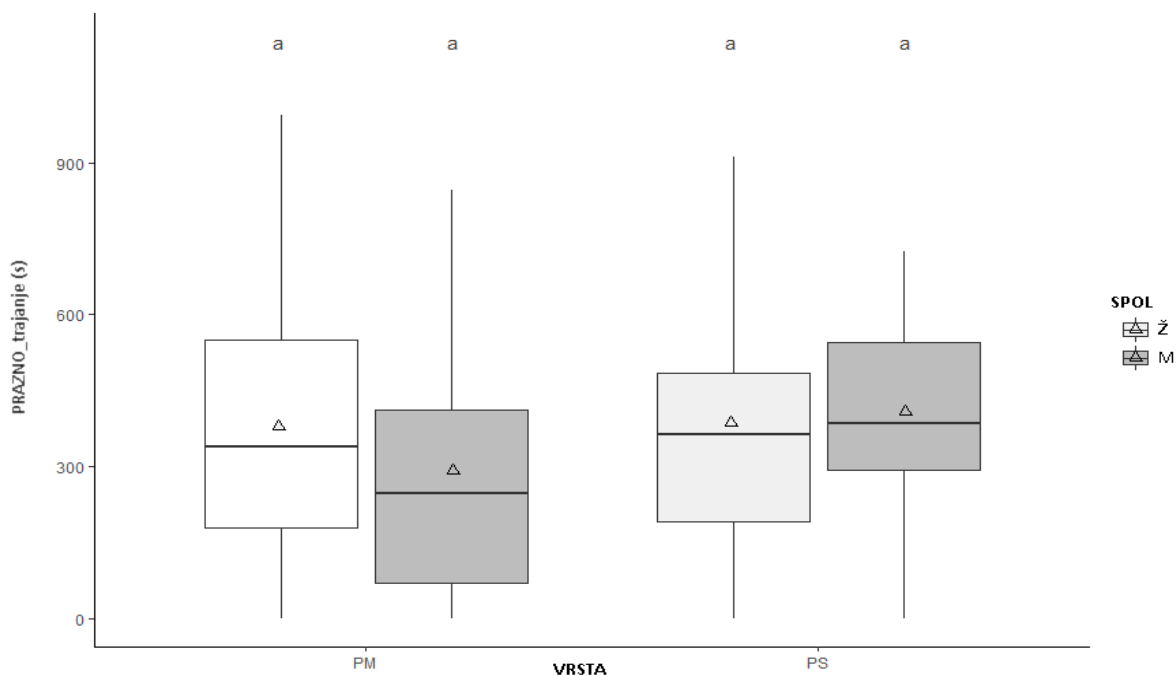
Između varijabli „PRAZNO“ (Slika 8.) i „FREKVENCIJA“ (Slika 12.) nema značajnih razlika u dobivenim vrijednostima između vrsta (Tablica 3), odnosno  $p$ -vrijednost varijabli „PRAZNO“ i „FREKVENCIJA“ je veća od 0,05 ( $p > 0,05$ ).

#### 4.2. Razlike između spolova

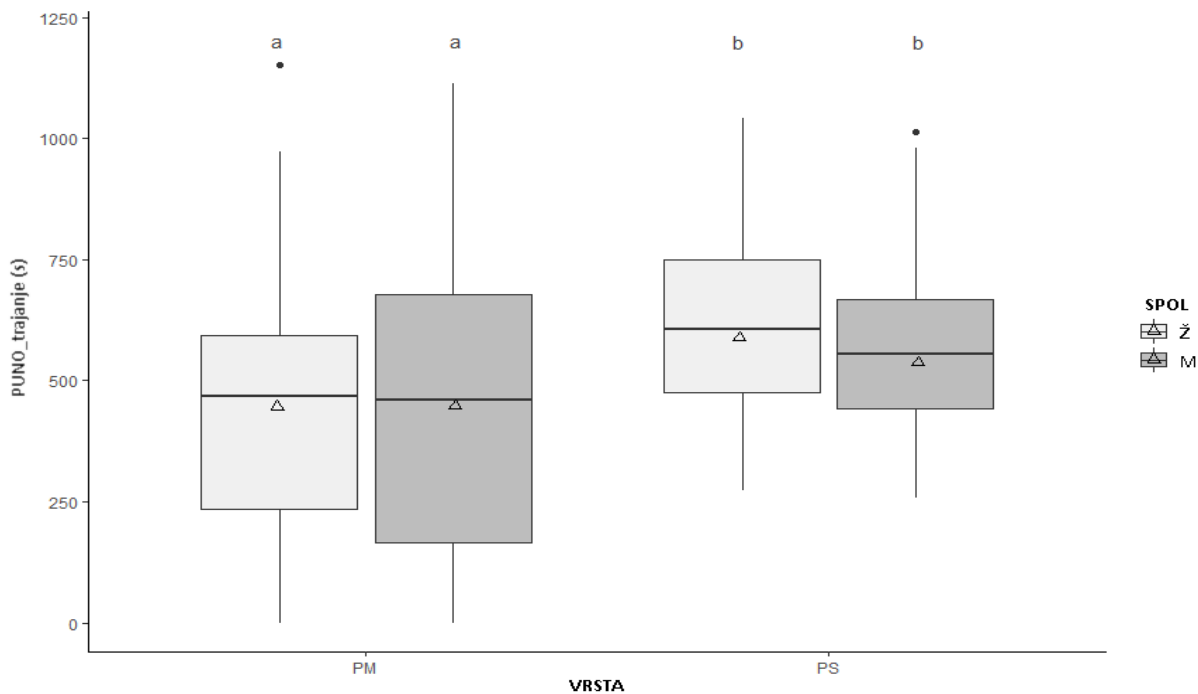
Statistički značajna razlika između spolova nije pronađena niti u jednoj varijabli (Tablica 3.). Nadalje, ne postoji razlika između spolova u ovisnosti o vrsti (Tablica 3.). Takve vrijednosti upućuju da razlike u ponašanju ne ovise o spolu nego isključivo o vrsti.

**Tablica 3.** Rezultati  $p$ -vrijednosti dobiveni obradom podataka tj. korištenjem ANOVA testom- Znak „\*“ označava interakciju faktora. Istaknute (podebljane) su vrijednosti za koje vrijedi  $p < 0.05$ .

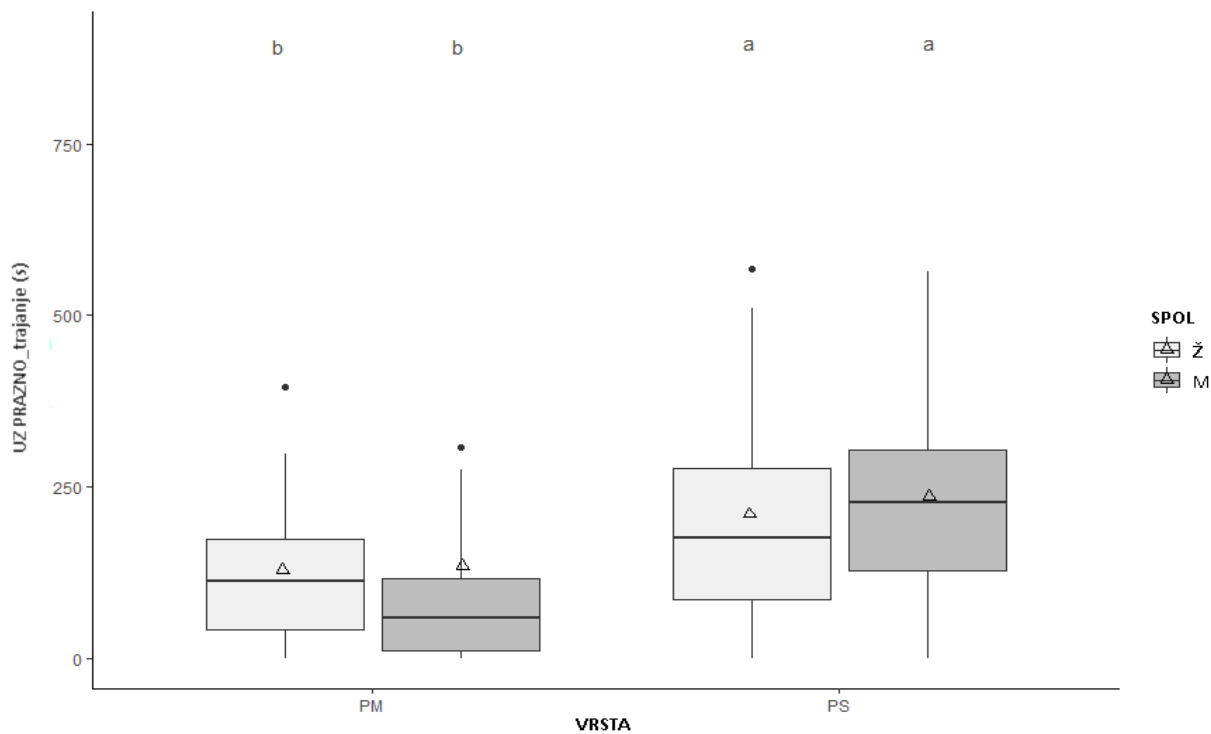
Varijabla	Faktor	$p$ -vrijednost
PRAZNO	vrsta	0,225
	spol	0,514
	vrsta*spol	0,269
PUNO	vrsta	<b>0,0317</b>
	spol	0,635
	vrsta*spol	0,6237
UZ PRAZNO	vrsta	<b>0,0049</b>
	spol	0,6185
	vrsta*spol	0,743
UZ PUNO	vrsta	<b>0,0000304</b>
	spol	0,682
	vrsta*spol	0,837
SREDINA	vrsta	<b>0,0001871</b>
	spol	0,1991
	vrsta*spol	0,5108
FREKVENCIJA	vrsta	0,1227
	spol	0,3106
	vrsta*spol	0,6033



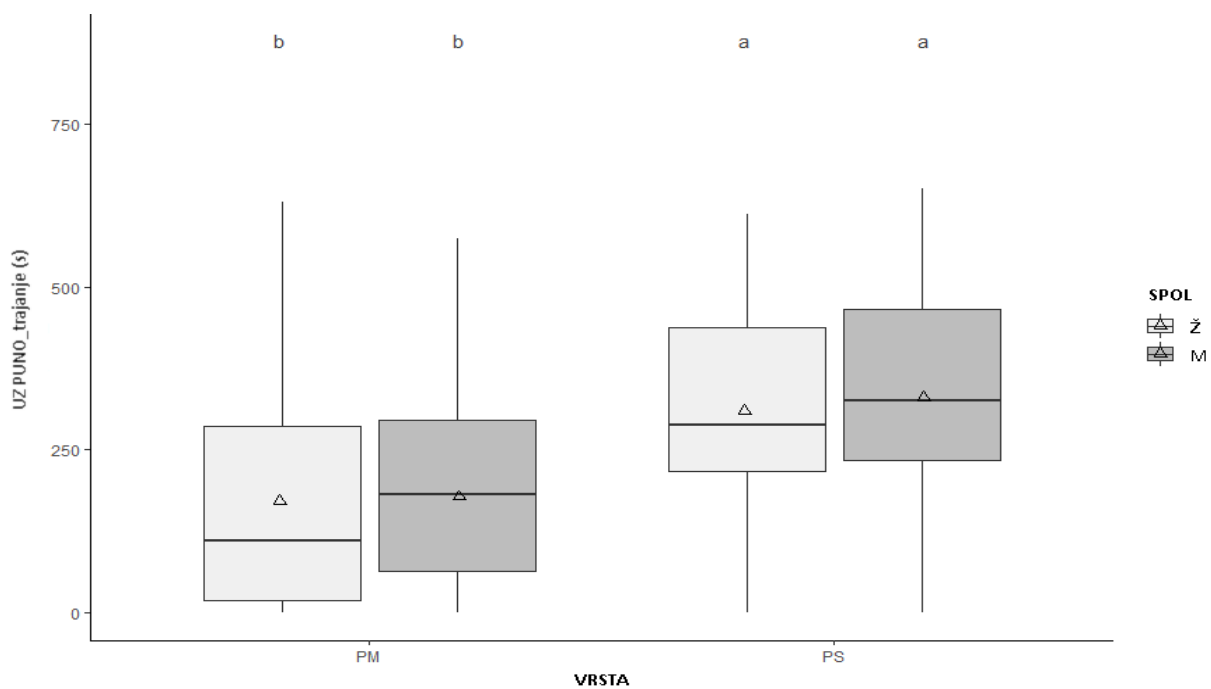
**Slika 8.** Grafički prikaz dobivenih rezultata za vrijeme provedeno u komori s praznim kavezom („PRAZNO“).



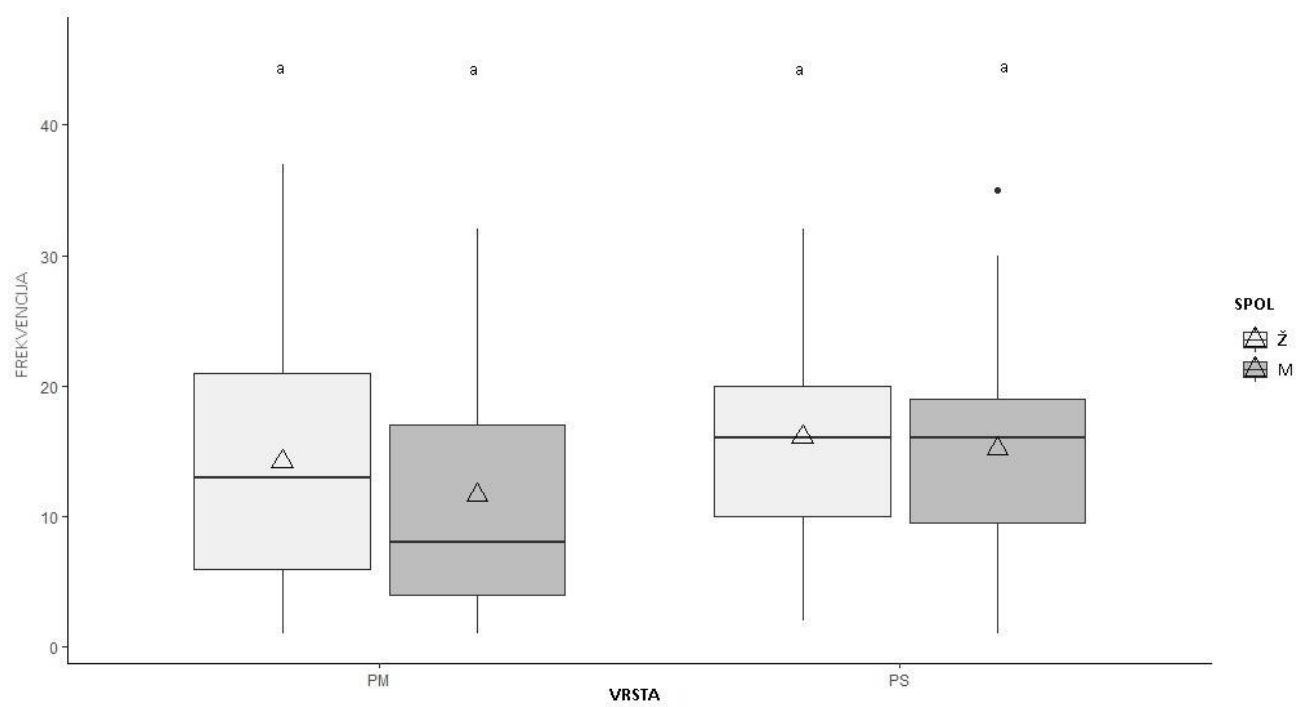
**Slika 9.** Grafički prikaz dobivenih rezultata za vrijeme provedeno u komori s punim kavezom („PUNO“).



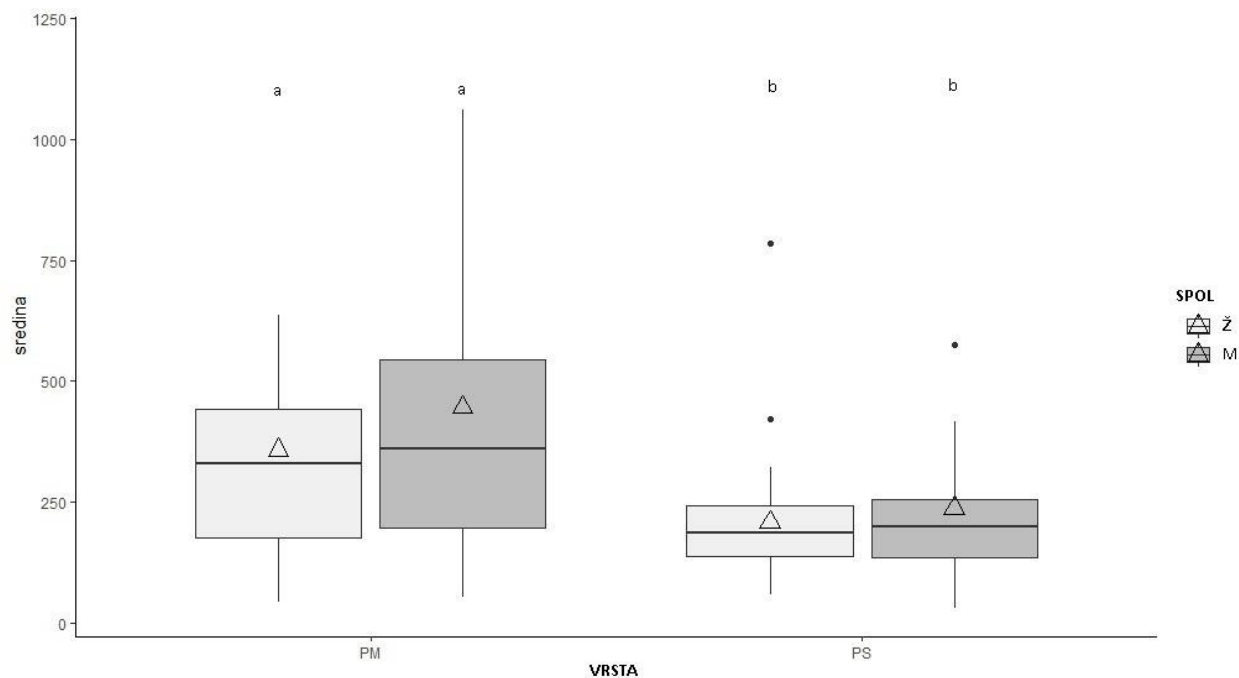
**Slika 10.** Grafički prikaz dobivenih rezultata za vrijeme provedeno u komori uz prazni kavez („UZ PRAZNO“).



**Slika 11.** Grafički prikaz dobivenih rezultata za vrijeme provedeno u komori uz puni kavez, odnosno uz prezentiranu guštericu („UZ PUNO“).



**Slika 12.** Grafički prikaz dobivenih rezultata za ukupni broj prelazaka fokalne gušterice između komora („FREKVENCIJA“).



**Slika 13.** Grafički prikaz dobivenih rezultata za vrijeme provedeno u središnjoj komori („SREDINA“).

## 5. RASPRAVA

Rezultati istraživanja pokazali su da kod svih varijabli postoji statistički značajna razlika između vrsta, osim kod vremena provedenog u praznom odjeljku i ukupnoj frekvenciji prelazaka iz komore u komoru.

Zbog posljedica individualnih varijacija u socijabilnosti na disperziju jedinki, socijabilnost može biti važna u biologiji invazivnih vrsta (Gartland i sur. 2021). Invazija novog staništa uključuje disperziju i širenje, početno uspostavljanje populacije i konačni rast populacije do dovoljno velike populacije koja može uzrokovati negativne učinke na ekosustav (Sol i Weis 2019). Nakon početnog uspostavljanja, širenje populacije ovisi o individualnoj sklonosti disperziji, odvažnosti, istraživačkom ponašanju, agresivnosti i socijabilnosti (Cote i sur. 2010). Početna populacija s mješavinom socijabilnih i nesocijabilnih jedinki čini vrstu uspješnim „osvajateljima“ (eng. *invaders*) (Fogarty i sur. 2011). Primorska gušterica je dominantna u interspecijskim odnosima s krškom guštericom (Downes i Bauwens 2002) te u odnosima s drugim vrstama roda *Podarcis* (Capula i sur. 2002; Kraus 2009). Viša razina socijabilnosti primorske gušterice, uz sve ostale karakteristike „osvajatelja“ koje posjeduje, može utjecati na njezinu invazivnost i širenje u novom području. Tome u prilog idu istraživanja koja su proveli Herrel i sur. (2008). Primorska gušterica je u samo 30 godina potpuno potisnula kršku guštericu s otoka Pod Mrčara, a invazija u novom okolišu rezultirala je razvojem novog fenotipa primorske gušterice.

Otvoreno područje se obično povezuje sa većim rizikom, posebno od predatora. Ako se životinja nađe u novom okruženju, ona izbjegava otvoreno područje, posebno ako se ne može sakriti ili pobjeći (Aimon i sur. 2021). Krška gušterica je provodila više vremena u središnjoj komori od primorske gušterice što ukazuje na „*freezing*“ reakciju na novo okruženje. Ovakva „*freezing*“ reakcija mogla je znatno utjecati na vrijeme koje je krška gušterica provela u središnjoj komori.

Značajna razlika u vremenu provedenom uz konspecifika te uz prazan kavez upućuju da je primorska gušterica aktivnija, istražuje novo područje i riskira tijekom istraživanja. Socijabilnost je često povezana s odvažnošću, aktivnošću i istraživačkim ponašanjem (Aplin i sur. 2013; Irving i Brown 2013; Petelle i sur. 2015; Varma i sur. 2020). Odvažne jedinke su jako često prelazile između komora (Varma i sur. 2020) te su provodile puno više vremena uz konspecifika u odnosu na sramežljive (eng. „*shy*“) jedinke (Irving i Brown 2013) što upućuje na njihovu socijabilnost.

Petelle i sur. (2013) su došli do zaključka da aktivne jedinke imaju visoku razinu socijalnosti, dok su Aplin i sur. (2013) zaključili da jedinke koje istražuju stvaraju puno više kontakata s konspicijama nego jedinke koje ne istražuju. Ova pozitivna korelacija između socijalnosti, aktivnosti i istraživačkog ponašanja upućuje na postojanje bihevioralnog sindroma socijalnost-aktivnost-istraživačko ponašanje (Michelangeli i sur. 2015, 2016). Primorska gušterica se dugo zadržavala uz konspicijama i često je prolazila kroz komore prema praznom kavezu što upućuje na njezinu aktivnost, preuzimanje rizika i istraživačko ponašanje, uz dokazanu socijalnost. Ovaj bihevioralni sindrom je pronađen kod invazivnih vrsta (Cote i sur. 2010) i povezan je s tendencijom raspršivanja u novom okolišu (Varma i sur. 2020). Kod živorodne gušterice, socijalne jedinke disperziraju iz populacija niske gustoće u potrazi za drugim konspicijama, dok nesocijalne jedinke disperziraju iz populacija visoke gustoće da bi izbjegli druge konspicijama (Cote i Clobert 2007). Također, disperzijom bi primorska gušterica mogla izbjeći pojavu „Allee“ efekta (eng. „Allee effect“) u populaciji. S obzirom da socijalne i odvažne jedinke aktivno istražuju i da se socijalnost, aktivnost i istraživačko ponašanje smatra važnima u ranom stadiju invazije (Chapple i sur. 2012), ove jedinke potencijalno mogu uspostaviti nove populacije i kolonizirati nova područja (Varma i sur. 2020). Stoga, primorska gušterica ima karakteristike dobrog osvajača.

Osim što socijalnost može utjecati na strategiju disperzije, ona može utjecati na korištenje prostora (Cote i Clobert 2007). Stoga, visoka razina socijalnosti primorske gušterice, ali i ostalih životinja, može biti korisna za rast u okruženju bez konkurencije (niska gustoća populacije), ali ograničena dostupnošću hrane u populacijama visoke gustoće (Le Galliard i sur. 2015). Nadalje, visoka razina socijalnosti utječe na reproduktivni uspjeh (Cote i sur. 2008) što može pozitivno utjecati na reproduktivni uspjeh primorske gušterice.

Visoka razina socijalnosti ima i negativan utjecaj jer jedinke visoke razine socijalnosti žive kraće, a predacija je najčešći uzrok smrtnosti (Blumstein i sur. 2018). Stoga, visoka razina socijalnosti primorske gušterice može negativno utjecati na njezinu sposobnost preživljavanja.

S druge strane, jedinke niske razine socijalnosti imaju veću šansu preživljavanja prilikom susreta s predatorom, pogotovo ako su skrivene ili sposobne pobjeći, jer predatori imaju sklonost napadati grupe. Ako takve jedinke niske razine socijalnosti imaju slabiju sposobnost bijega, one se oslanjaju na stvaranje grupa zbog veće sigurnosti (Brodin i sur. 2019). Stoga niska socijalnost krške gušterice može pozitivno utjecati na njezino preživljavanje i produljiti njezin životni vijek.

Frekvencija prelazaka iz komore u komoru između vrsta se ne razlikuje, ali dugačko vrijeme krške gušterice provedeno u središnjoj komori upućuje na to da se ona često vraćala upravo u središnju komoru. Neofobične jedinke provode manje vremena istražujući (Schaffer i sur. 2021) Takvi rezultati također upućuje na njezinu neofobičnost. Neofobičnost može imati pozitivan utjecaj na kršku guštericu, jer neofobične jedinke imaju manje šanse da naiđu na predatore. Također, manja je vjerojatnost da će krška gušterica konzumirati novu, potencijalno opasnu hranu. S druge strane, neofobija može smanjiti kompetitivne sposobnosti zbog smanjenog istraživanja novih izvora hrane (Smith i Blumstein 2008; Schaffer i sur. 2021).

Visoka razina socijabilnosti primorske gušterice u odnosu na kršku guštericu čini samo jedan dio njezinog temperamenta. Uz socijabilnost trebalo bi uzeti u obzir i ostale osobine poput istraživačkog ponašanja, odvažnosti i neofobije da bi se razriješila pitanja vezana uz ekološku funkciju ponašanja obje vrste. Socijabilnost negativno utječe na habituaciju. Jedinke niske socijabilnosti rjeđe koriste skloništa s naznakama prisutnosti konspecifika, što smanjuje njihovu ukupnu upotrebu skloništa. Smanjena upotreba skloništa jedinku čini izloženiju predatorima. Stoga se takve jedinke mogu brže habituirati (Rodriguez-Prieto i sur. 2010). Također, promjene u habituaciji mogu dovesti do promjena u gustoći populacije, a takvi populacijski procesi mogu dovesti do smanjenja genetske raznolikosti (Ellenberg i sur. 2009). Stoga bi se mogao istražiti utjecaj niske razine socijabilnosti krške gušterice na habituaciju. S obzirom na već spomenute korelacije između različitih osobina temperamenta, mogao bi se istražiti odnos istraživačkog ponašanja, odvažnosti i socijabilnosti primorske gušterice i krške gušterice.

Mnoga istraživanja pokazala su da postoje razlike u socijabilnosti između spolova (Aragon i sur. 2001; Strickland i sur. 2014; Öst i sur. 2015). Ženke formiraju snažnije socijalne veze od mužjaka (Lehmann i Boesch 2008; Strickland i sur. 2014), dok mužjaci ne stvaraju gotovo nikakve socijalne veze (Strickland i sur. 2014). S druge strane, Pruitt i Riechert (2009) utvrdili su da razlika u socijabilnosti između mužjaka i ženki može utjecati na njihov reproduktivni uspjeh. Socijabilni mužjaci imali su bolji uspjeh tijekom parenja od nesocijabilnih mužjaka, dok su nesocijabilne ženke lakše pronašle partnera nego socijabilne ženke. Međutim, vrijednosti rezultata ovog istraživanja pokazala su da ne postoje statistički značajne razlike u socijabilnosti između mužjaka i ženki kod primorske gušterice niti kod krške gušterice. Ovim rezultatima ide u prilog istraživanje koje su proveli Sabol i sur. (2020). Oni su utvrdili da mužjaci i ženke jako visoke ili jako niske



razine socijabilnosti imaju manji uspjeh parenja i manji reproduktivni uspjeh nego prosječno socijabilni mužjaci i ženke.

Općenito, prirodna selekcija favorizira socijabilnost kada je korist veća od troškova (Krause i Ruxton 2002). Razlike u socijabilnosti i njezin utjecaj možemo primijeniti na ostale skupine životinja, ne samo guštere. Visoka razina socijabilnosti je korisna jer pruža veću zaštitu od grabežljivaca, poboljšava uspjeh u pronalasku resursa, poboljšava reproduktivni uspjeh i povećava preživljavanje, posebno mladih jedinki. U isto vrijeme, ona povećava kompeticiju u pronalasku resursa i partnera za parenje, čini jedinke podložnijima zaraznim bolestima i povećava njihovu uočljivost predatorima (Silk 2007).

Također, evolucijska objašnjenja i ekološke posljedice individualnih razlika u socijabilnosti još su uvijek nedovoljno istražene (Gartland i sur. 2021). Naglasak budućih istraživanja bi trebao biti na objašnjavanju kako se i zašto socijabilnost mijenja u odnosu na ekologiju različitih vrsta.

## 6. ZAKLJUČAK

Na temelju priloženih rezultata utvrđeno je da postoji značajna razlika u socijabilnosti između dviju vrsta gušterica, pri čemu je primorska gušterica socijabilnija od krške gušterice.

Između spolova unutar vrsta ne postoje značajne razlike u socijabilnosti primorske gušterice i krške gušterice.

Stoga se prihvaća prva hipoteza da je primorska gušterica socijabilnija od krške gušterice, te se odbija druga hipoteza da su ženke socijabilnije od mužjaka.

## 7. LITERATURA

- Ahmad, F., Richardson, M. K. (2013): Exploratory behaviour in the open field test adapted for larval zebrafish: Impact of environmental complexity. *Behavioural Processes* 92, 88-98.
- Aimon, C., Lebigre, C., Le Bayon, N., Le Floch, S., Claireaux, G. (2021): Effects of dispersant treated oil upon exploratory behaviour in juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 208(1), 111592.
- Aplin, L. M., Farine, D. R., Morand-Ferron, J., Cole, E. F., Cockburn, A., Sheldon, B. C. (2013). Individual personalities predict social behaviour in wild networks of great tits (*Parus major*). *Ecology Letters* 16, 1365-1372.
- 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., Oviden, D. (2002). *A Field Guide to the Reptiles and Amphibians of Britain and Europe*. Harper Collins, London.
- Arnold, N. E., Arribas, O., Carranza, S. (2007). Systematics of the Palearctic and Oriental lizard tribe Lacertini (Squamata: Lacertidae: Lacertinae), with descriptions of eight new genera. *Zootaxa* 1430: 1-86.
- Balej, P., Jablonski, D. (2006). *Podarcis siculus* (syn. *Podarcis sicula*), Italian Wall Lizard. Balcanica.info - Amphibians and Reptiles of the Balkans. <http://en.balcanica.info/>, pristupljeno 23.3.2022.
- Bell, A. M., Hankison, S. J., Laskowski, K. L. (2009). The repeatability of behaviour: a meta-analysis. *Animal Behaviour* 77, 771–783.
- Best, E. C., Blomberg, S. P., Goldizen, A. W. (2015). Shy female kangaroos seek safety in numbers and have fewer preferred friendships. *Behavioral Ecology* 26, 639–646.
- Bevan, P. A., Gosetto, I., Jenkins, E. R., Barnes, I., Ioannou, C. C. (2018). Regulation between personality traits: individual social tendencies modulate whether boldness and leadership are correlated. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285, 20180829.

- Biro, P. A., Beckmann, C., Stamps, J. A. (2010). Small within-day increases in temperature affects boldness and alters personality in coral reef fish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277, 71–77.
- Blumstein, D.T., Williams, D. M., Lim, A.N., Kroeger, S., Martin, J.G. A. (2018). Strong social relationships are associated with decreased longevity in a facultatively social mammal. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 285, 20171934.
- Botreau, R., Veissier, I., Butterworth, A., Bracke, M. B., Keeling, L. J. (2007). Definition of criteria for overall assessment of animal welfare. *Animal Welfare* 16(2), 225.
- Brodin, T., Fogarty, S., Sih, A., Cote, J. (2019). Personality-dependent survival of the invasive mosquitofish: being social can be deadly. *Aquatic Invasions* 14, 465–477.
- Brent, L. J. N., Heilbronner, S. R., Horvath, J. E., Gonzalez-Martinez, J., Ruiz-Lambides, A., Robinson, A. G., Skene, J. H. P., Platt, M. L. (2013). Genetic origins of social networks in rhesus macaques. *Scientific Reports* 3, 1042.
- Capula, M. (1993). Natural hybridization in *Podarcis sicula* and *Podarcis wagneriana* (Reptilia: Lacertidae). *Biochemical Systematics and Ecology* 21: 373-380.
- Capula, M. (2002). Genetic evidence of natural hybridization between *Podarcis sicula* and *Podarcis tiliguerta* (Reptilia: Lacertidae). *Amphibia – Reptilia* 23: 313-321.
- Capula, M., Aloise, G. (2011). Extreme feeding behaviours in the Italian wall lizard, *Podarcis siculus*. *Acta Herpetologica* 6(1), 11-14.
- Carretero, M. A. (2004). From set menu to *a la carte*. Linking issues in trophic ecology of Mediterranean lacertids. *Italian Journal of Zoology* 71, 121-133.
- 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.
- Chapple DG, Simmonds SM, Wong BBM (2012) Can behavioral and personality traits influence the success of unintentional species introductions? *Trends in Ecology Evolution* 27, 57-64.

- Clover, R. C. (1979). Phenetic relationships among populations of *Podarcis sicula* and *Podarcis melisellensis* (Sauria: Lacertidae) from islands in the Adriatic Sea. *Systematic Zoology* 28(3), 284-298.
- Corti, C., Biaggini, M., Capula, M. (2011) *Podarcis siculus* (Rafinesque–Schmaltz, 1810). In: Corti C, Capula M, Luiselli L, Razzetti E, Sindaco R (Eds) *Fauna d' Italia: Reptilia*, Vol. XLV. Edizioni Calderini de Il Sole 24 ORE. Editoria Specializzata S.r.l., Bologna, 407-417.
- Cote, J., Clobert, J. 2007. Social personalities influence natal dispersal in a lizard. *Proc. R. Soc. Lond. B* 274, 383–390.
- Cote, J., Dreiss, A., Clobert, J. (2008). Social personality trait and fitness. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 275(1653), 2851-2858.
- Cote, J., Forgarty, S., Weinersmith, K., Brodin, T., Sih, A. (2010): Personality traits and dispersal tendency in the invasive mosquitofish (*Gambusia affinis*). *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277, 1571-1579.
- Cote J., Fogarty S., Brodin T, Weinersmith K., Sih A. (2011) Personality dependent dispersal in the invasive mosquitofish: group composition matters. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 278, 1670-1678
- Crane, A. L., Ferrari, M. C. (2017): Patterns of predator neophobia: a meta-analytic review. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284(1861): 20170583.
- Dingemanse, N. J., Kazem, A. J. M., Réale, D., Wright, J. (2010). Behavioural reaction norms: animal personality meets individual plasticity. *Trends Ecol. Evol.* 25, 81-89.
- Downes, S., Bauwens, D. (2002): An experimental demonstration of direct behavioural interference in two Mediterranean lacertid lizard species. *Animal Behaviour* 63, 1037-1046.
- Ellenberg, U., Mattern, T., Seddon, P. J. (2009). Habituation potential of yellow-eyed penguins depends on sex, character, and previous experience with humans. *Animal Behaviour* 77(2), 289-296.

- Fogarty, S., Cote, J., Sih, A. (2011). Social personality polymorphism and the spread of invasive species: a model. *The American Naturalist* 177, 273-287.
- Gartland, L. A., Firth, J. A., Laskowski, K. L., Jeanson, R., Ioannou, C. C. (2021). Sociability as a personality trait in animals: methods, causes and consequences. *Biological Reviews* 97(2), 802-816.
- Gorman, G.C., Soulé, M., Yung Yang, S., Nevo, E. (1975). Evolutionary genetics of insular Adriatic lizards, *Evolution* 29, 52-71.
- Grano, M., Cattaneo, C., Cattaneo, A. (2011). A case of cannibalism in *Podarcis siculus campestris* De Betta, 1857 (Reptilia, Lacertidae). *Biodiversity Journal* 2(3), 151-152.
- Greenberg, R. (1990). Feeding neophobia and ecological plasticity: a test of the hypothesis with captive sparrows. *Animal Behaviour* 39(2), 375-379.
- Harris, D. J., Arnold, E. N., Thomas, R. H. (1999). Relationships of lacertid lizards (Reptilia: Lacertidae) estimated from mitochondrial DNA sequences and morphology. *Proc. R. Soc. Lond. B.* 265, 1939-1948.
- Herrel, A., Huyghe, K., Vanhooydonck, B., Backeljau, T., Breugelmans, K., Grbac, I., Van Damme, R., 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.
- Hutchins, M., Murphy, J. B., Schlager, N. (2003). *Grizmek's Animal Life Encyclopedia, Vol. 7: Reptiles, 2. Izdanje.* Gale Research.
- Ioannou, C. C., Rocque, F., Herbert-Read, J. E., Duffield, C., Firth, J. A. (2019). Predators attacking virtual prey reveal the costs and benefits of leadership. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116, 8925–8930.
- Irving, E., Brown, C. (2013). Examining the link between personality and laterality in a feral guppy *Poecilia reticulata* population. *Journal of Fish Biology* 83, 311–325.

- Jelić, D., Kuljerić, M., Koren, T., Treer, D., Šalamon, D., Lončar, M., Podnar Lešić, M., Janev Hutinec, B., Bogdanović, T., Mekinić, S., Jelić, K. (2015). Crvena knjiga vodozemaca i gmazova Hrvatske. Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.
- Jolles, J. W., Boogert, N. J., Sridhar, V. H., Couzin, I. D., Manica, A. (2017). Consistent individual differences drive collective behavior and group functioning of schooling fish. *Current Biology* 27, 2862–2868.
- Kaidanovich-Beilin, O., Lipina, T., Vukobradovic, I., Order, J., Woodgett, J. (2011). Assessment of Social Interaction Behaviors. *Journal of Visualized Experiments* (48), e2473.
- Kraus, F. (2009). Impacts of alien reptiles and amphibians. *Alien reptiles and amphibians a scientific compendium and analysis*. Springer, Dordrecht, 57-93.
- Krause, J., Ruxton, G. D., Ruxton, G. D., Ruxton, I. G. (2002). *Living in groups*. Oxford University Press.
- Lacasse, J., Aubin-Horth, N. (2014). Population-dependent conflict between individual sociability and aggressiveness. *Animal Behaviour* 87, 53-57.
- Le Galliard, J.-F., Paquet, M., Mugabo, M. (2015). An experimental test of density-dependent selection on temperament traits of activity, boldness, and sociability. *Journal of Evolutionary Biology* 28, 1144-1155.
- Lehmann, J., Boesch, C. (2008). Sexual differences in chimpanzee sociality. *International Journal of Primatology* 29, 65-81.
- McDonald, D. B. (2007). Predicting fate from early connectivity in a social network. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104, 10910-10914.
- Michelangeli, M., Chapple, D. G., Wong, B. B. M. (2016). Are behavioural syndromes sex specific? Personality in a widespread lizard species. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 70, 1911-1919.
- Michelena, P., Jeanson, R., Deneubourg, J. L., Sibbald, A. M. (2010). Personality and collective decision-making in foraging herbivores. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277, 1093-1099.

- Nagy, M., Ákos, Z., Biro, D., Vicsek, T. (2010). Hierarchical group dynamics in pigeon flocks. *Nature* 464, 890-893.
- Nevo, E., Gorman, G., Soule, M., Yang, S. Y., Clover, R., Jovanović, V. (1972). Competitive exclusion between insular *Lacerta* species (Sauria, Lacertidae). *Oecologia (Berl.)* 10, 183-190.
- Oliverio, M., Bologna, M. A., Monciotti, A., Annesi, F., Mariottini, P. (1998). Molecular phylogenetics of the Italian *Podarcis* lizards (Reptilia, Lacertidae). *Italian Journal of Zoology*, 65(3), 315-324.
- Oliverio, M., Burke, R., Bologna, M. A., Wirz, A., Mariottini, P. (2001). Molecular characterization of native (Italy) and introduced (USA) *Podarcis sicula* populations (Reptilia, Lacertidae). *Italian Journal of Zoology* 68(2), 121-124.
- Öst, M., Seltmann, M. W., Jaatinen, K. (2015). Personality, body condition and breeding experience drive sociality in a facultatively social bird. *Animal Behaviour* 100, 166-173.
- Petelle, M. B., Martin, J. G. A., Blumstein, D. T. (2015). Heritability and genetic correlations of personality traits in a wild population of yellow-bellied marmots (*Marmota flaviventris*). *Journal of Evolutionary Biology* 28, 1840-1848.
- Planas-Sitjà, I., Deneubourg, J.-L. (2018). The role of personality variation, plasticity, and social facilitation in cockroach aggregation. *Biology Open* 7 (12), bio036582.
- Podnar, M., Mayer, W., Tvrtković, N. (2004). Mitochondrial phylogeography of the Dalmatian wall lizard, *Podarcis melisellensis* (Lacertidae). *Organisms Diversity & Evolution* 4(4), 307-317.
- Pruitt, J. N., Riechert, S. E. (2009). Sex matters: sexually dimorphic fitness consequences of a behavioural syndrome. *Animal Behaviour* 78(1), 175-181.
- Ratner, S. C. (1975). *Animal's defenses: Fighting in predator-prey relations*. U: Pliner P., Krames L., Alloway T. (ur.) *Nonverbal communication of aggression*. Springer, Boston, str. 175-190.
- Réale, D., Festa-Bianchet, M. (2003). Predator-induced natural selection on temperament in bighorn ewes. *Animal Behaviour* 65(3), 463-470.



- Réale, D., Reader, S. M., Sol, D., McDougall, P. T., Dingemans, N. J. (2007). Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological reviews* 82(2), 291-318.
- Rein, B., Ma, K., Yan, Z. (2020). A standardized social preference protocol for measuring social deficits in mouse models of autism. *Nature Protocols* 15, 3463-3477.
- Rémy, A., Le Galliard, J., Odden, M., Andreassen, H. P. (2014). Concurrent effects of age class and food distribution on immigration success and population dynamics in a small mammal. *Journal of Animal Ecology* 83, 813–822.
- Rodríguez-Prieto, I., Martín, J., Fernández-Juricic, E. (2010). Individual variation in behavioural plasticity: direct and indirect effects of boldness, exploration, and sociability on habituation to predators in lizards. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 278, 266-273.
- Sabol, A. C., Lambert, C. T., Keane, B., Solomon, N. G., Dantzer, B. (2020). How does individual variation in sociality influence fitness in prairie voles? *Animal Behaviour* 163, 39-49.
- Scali S., Spadola F., Di Toro F., Gentili A., Mangiacotti M., Tettamanti S., Caviglioli L., 2008. Plasticità trofica di due Lacertidi italiani: casi di predazione anomala in *Lacerta bilineata* e *Podarcis muralis*. In: Corti C. (ed.), *Herpetologia Sardiniae*. Societas Herpetologica Italica, Edizioni Belvedere, Latina: 435-438.
- Schaffer, A., Caicoya, A. L., Colell, M., Holland, R., Fersen, L., Widdig, A., Amici, F. (2021). Neophobia in 10 ungulate species – a comparative approach. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 75, 102.
- Seyfarth, R. M., Cheney, D. L. The Evolutionary Origins of Friendship. *Annu. Rev. Psychol.* 63, 153–177 (2012).
- Shalter, M.D. (1984). Predator-prey behavior and habituation. U: Peeke, H. V., Petrinovich, L. (ur.) *Habituation, sensitization, and behavior*. Academic Press, New York, str. 471.
- 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. *Applied Animal Behaviour Science* 98, 89-99

- Sih, A., Bell, A., Johnson, J. C. (2004). Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends in Ecology & Evolution* 19, 372-378.
- Sih, A., Watters, J. V. (2005). The mix matters: behavioural types and group dynamics in water striders. *Behaviour* 142, 1417-1431.
- Silk, J. B., Alberts, S. C., Altmann, J. (2003): Social Bonds of Female Baboons Enhances Infant Survival. *Science* 302, 1331-1334.
- 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., Blumstein, D. T. (2008). Fitness consequences of personality: a metaanalysis. *Behavioral Ecology* 19, 448-455.
- Snijders, L., Naguib, M., van Oers, K. (2016). Dominance rank and boldness predict social attraction in great tits. *Behavioral Ecology* 28, 398–406.
- Sol, D., Weis, J. S. (2019). Highlights and insights from ‘Biological Invasions and Animal Behaviour’. *Aquatic Invasions* 14, 551–565.
- Speybroeck, J., Beukema, W., Crochet, P. A. (2016). A tentative species list of the European herpetofauna (Amphibia and Reptilia) – an update. *Zootaxa* 2492, 1-27.
- Stamps, J., Groothuis, T. G. G. (2010). The development of animal personality: relevance, concepts and perspectives. *Biological Reviews* 85, 301-325.
- Strickland, K., Gardiner, R., Schultz, A. J. and Frere, C. H. (2014). The social life of eastern water dragons: sex differences, spatial overlap, and genetic relatedness. *Animal Behaviour* 97, 53-61.
- Tiedemann, F., Henle, K., (1986). *Podarcis melisellensis* (Braun, 1877) - Adriatische Mauereidechse, Karstläufer. In: Böhme, W. (Ed.), *Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas*. Band 2/I, Echsen III (Podarcis). Aula-Verlag, Wiesbaden, pp. 111-141.
- Uetz, P., Freed, P., Aguilar, R., Hošek, J., (eds.) (2022). The Reptile Database, *Podarcis melisellensis* (Braun, 1877), <http://www.reptile-database.org>, pristupljeno 23.3.2022.

- Varma, V., Vasoya, H., Jain, A., Binoy, V. V. (2020). 'The bold are the sociable': personality traits and laterality in an indigenous megafish, the Deccan mahseer (Tor khudree). *Ichthyological Research* 67, 483-492.
- Vitt, L. J., Caldwell, J. P. (2014). *Herpetology: An introductory biology of amphibians and reptiles*. 4. izdanje, Academic Press, London.
- Wallace, R. A., Sanders, G. P., Ferl, R. J. (1991). *Biology: The Science of Life*. 4. izdanje. Harpercollins College Div, New York.
- Ward, A., Webster, M. (2016). *Sociality: the behaviour of group-living animals*. Springer, Cham. Switzerland.
- Wey, T. W., Blumstein, D. T. (2012). Social attributes and associated performance measures in marmots: bigger male bullies and weakly affiliating females have higher annual reproductive success. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 66, 1075-1085.
- Wilson, D. S. (1994). Adaptive genetic-variation and human evolutionary psychology. *Ethology and Sociobiology* 15, 219-235.
- Yang, M., Silverman, J. L., Crawley, J. N. (2011). Automated three-chambered social approach task for mice. *Current protocols in neuroscience* 56(1), 8-26.
- Yang, W. J., Maldonado-Chaparro, A. A., Blumstein, D. T. (2016): A cost of being amicable in a hibernating mammal. *Behavioral Ecology* 0(0), 1-9.

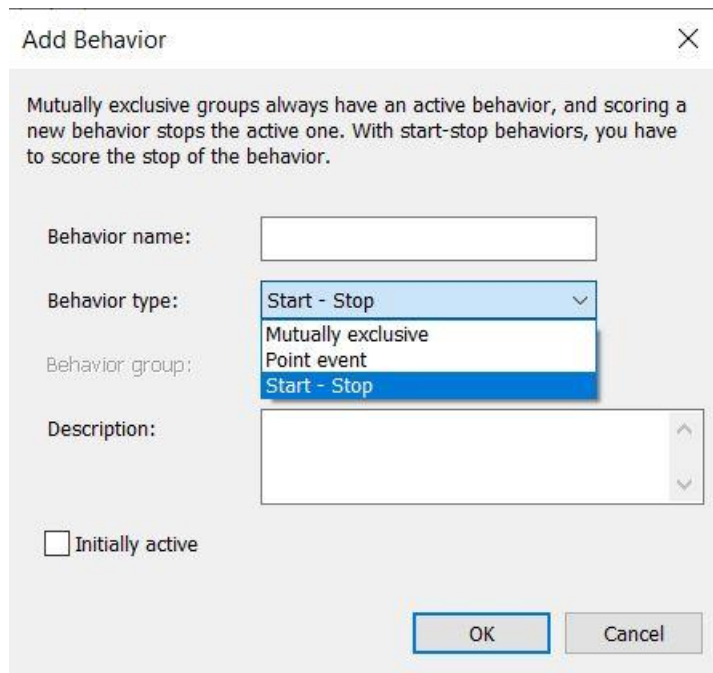
## 8. PRILOZI

Popis priloga:

- Prilog I. Protokol socijabilnost

# Obrada

Setup → Manual scoring settings → Add behavior (slika 1.)



Slika 1. Dodavanje varijabli za obradu

Varijable (slika 2.) koje će se obrađivati su sljedeće:

1. SREDINA – vrijeme koje je gušter proveo u središnjem odjeljku – za prvu aktivaciju uzima se 5 sekundi nakon što su vratašca otvorena i nema ruku u videu
2. PUNO – vrijeme koje je gušter proveo u odjeljku s drugom jedinkom
3. PRAZNO – vrijeme koje je gušter proveo u odjeljku s praznim kavezom
4. LATENCIJA SREDINA (eng. *Latency to First*) - za početak obrade videa uzima se 5 sekundi nakon što su vratašca otvorena i nema ruku u videu, tada se pritišće gumb predodređen za aktivaciju varijable SREDINA. (**Initially active**)

*Tijekom obrade ta se vrijednost oduzima od obje latencije (LATENCIJA PRAZNO i LATENCIJA PUNO) kako bi se dobila stvarna vrijednost, jer su sve te varijable “aktivne” od početka videa iako početak obrade nije od 00:00. Za kraj videa uzima se točno 20 minuta nakon početka obrade videa.*

*Ove četiri varijable se mogu povezati u jednu cjelinu (**Behavior type : mutually exclusive**) kako ne bi morali tijekom prijelaza uključivati jedan, a isključivati drugi odjeljak i tako smanjiti mogućnost pogreške. Za initially active uzima se LATENCIJA*

*SREDINA. Gušter je iz jednog odjeljka prošao u drugi kada mu je **cijela glava u tom odjeljku**. (Slika 3.)*

5. UZ PUNO – vrijeme koje je gušter proveo uz kavez s drugom jedinkom


*Gušter se nalazi uz pun kavez kada mu je **glava prošla granicu od oko 1,5 kvadrata** s bilo koje strane kaveza i dok god mu glava ne izađe iz tih granica – računa se i ako je na kavezu (Slika 4.) Važno je naglasiti da varijable PUNO i UZ PUNO mogu biti uključene u isto vrijeme i nisu međusobno isključive. Behavior type : Start-Stop*

6. UZ PRAZNO – vrijeme koje je gušter proveo uz prazan kavez

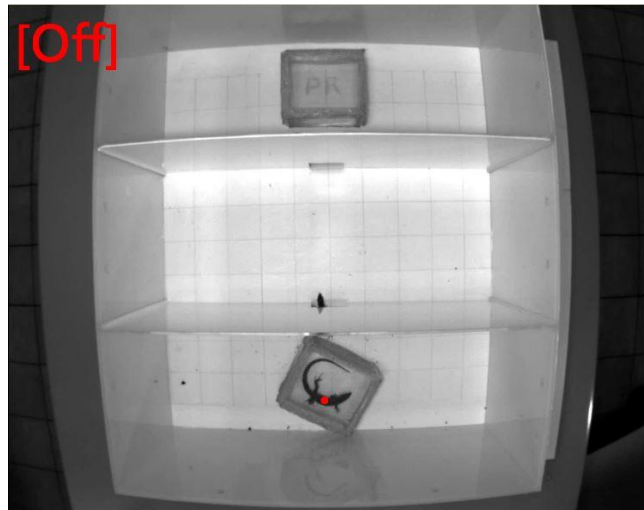
*Analogno kategoriji UZ PUNO gušter se nalazi uz prazan kavez kada mu je **glava prošla granicu od oko 1,5 kvadrata** s bilo koje strane kaveza. Jednako tako varijable PRAZNO i UZ PRAZNO nisu međusobno isključive. Behavior type : Start-Stop*

7. KONTAK – broj puta kada gušter uz kavez s drugom jedinkom pokuša s njom stupiti u kontakt

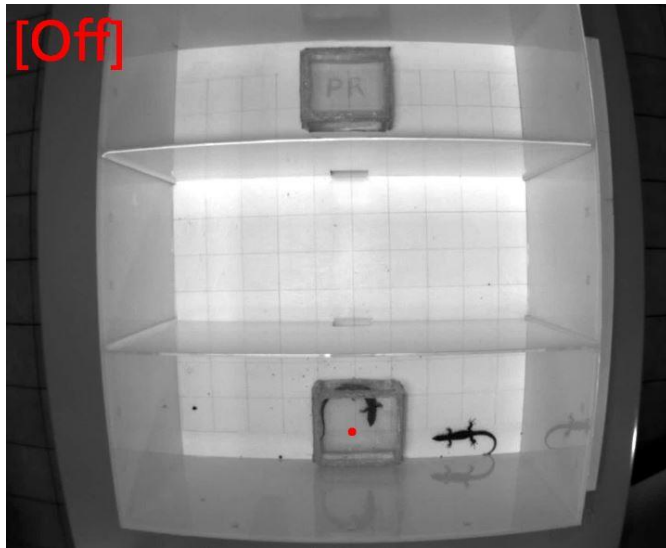
*Kontaktom se označava kada gušter u pokusu **okrene svoju glavu** prema jedinki u kavezu (slika 5.) ili **paluca jezikom** uz kavez. Nije važno ponašanje guštera u kavezu. Ukoliko je kontakt produžen, odnosno gušter duži vremenski period drži glavu usmjerenu prema jedinki u kavezu kontakt se ponovno označi **svake 3 sekunde**. Kontakt se **ne** označava za vrijeme gušterova penjanja na kavez ili dok je na njemu. Behavior type : Point event*

Manual Scoring Settings					
 Add Behavior...  Validate...					
Behaviors				Keys	
Behavior Name	Type	Description	Initially Active	Subject 1	
1					
PUNO	Mutually exclusive		<input type="checkbox"/>	q	
SREDINA	Mutually exclusive		<input type="checkbox"/>	w	
PRAZNO	Mutually exclusive		<input type="checkbox"/>	e	
Latencija Sredina	Mutually exclusive		<input checked="" type="checkbox"/>	l	
UZ PUNO	Start - Stop		<input type="checkbox"/>	a	a
UZ PRAZNO	Start - Stop		<input type="checkbox"/>	s	s
Kontakt	Point event			r	

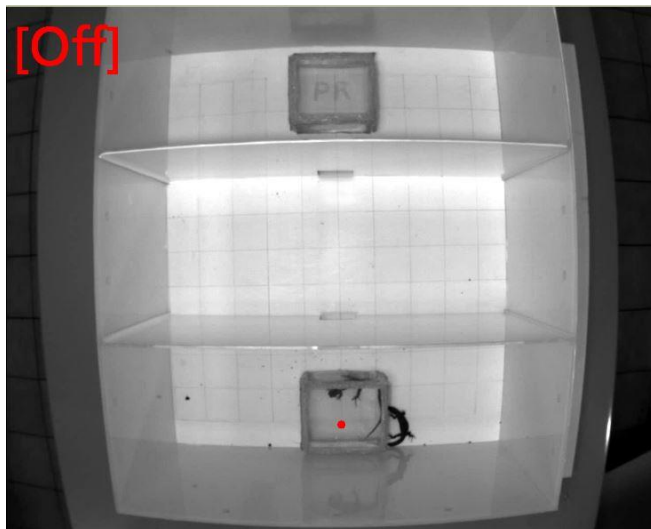
Slika 2. Popis varijabli koje se obrađuju



Slika 3. Prelazak u drugi odjeljak



Slika 4. Ulazak do punog kaveza

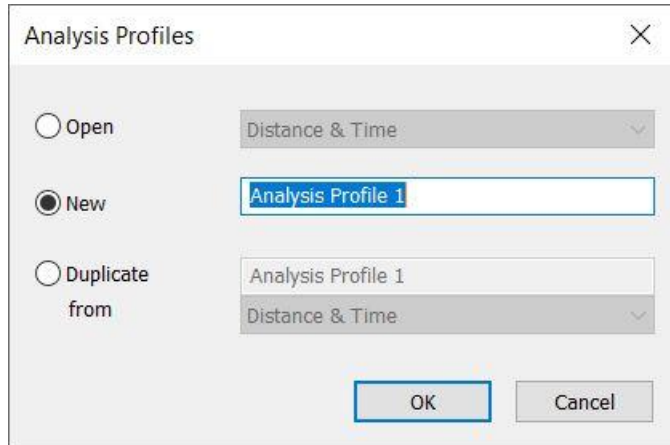


Slika 5. Kontakt

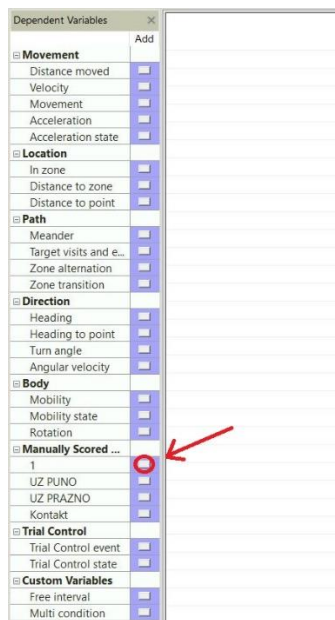
Nakon ručnog označavanja rezultati se analiziraju u Ethovision-u na sljedeći način:

1. Analysis → Analysis profiles → Behaviours → kvačicama se označi sve u Manually scored behaviour → Frequency + Cumulative Duration + Latency to First (slika 6. – 8.)
2. Results → Statistics and charts → Show/hide → Independent variable: Animal ID → OK → Dependent variable: sve što se ručno označavalo (Select all) → OK → Calculate → Export data → OK

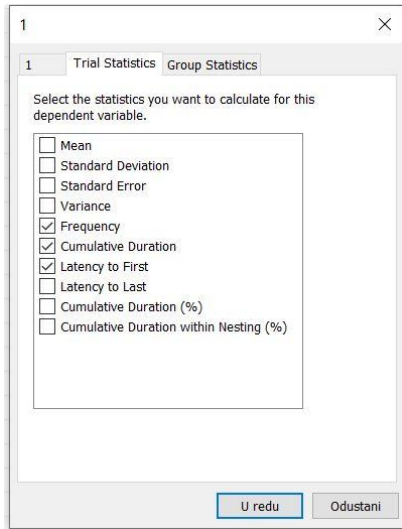




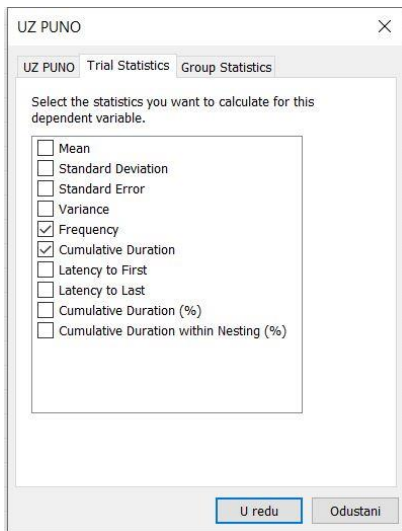
Slika 6. Dodavanje novog Analysis profila



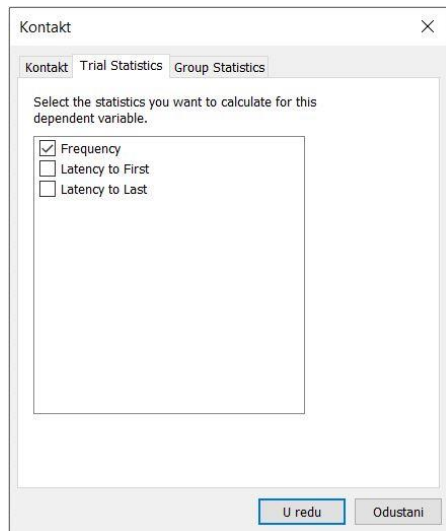
Slika 7. Dodavanje varijabli za statističku obradu



Slika 8. Dodavanje varijabli za praćenje mutually exclusive varijablama SREDINA, PUNO i PRAZNO



Slika 9. Dodavanje varijabli za praćenje varijabli UZ PUNO i UZ PRAZNO



Slika 10. Dodavanje varijabli za praćenje varijable KONTAKT

## 9. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 5. rujna 1997. godine u Bjelovaru. Godine 2012. završila sam II. Osnovnu školu u Bjelovaru, a 2016. prirodoslovno-matematičku gimnaziju. Nakon srednjoškolskog obrazovanja, upisala sam preddiplomski studij Znanosti o okolišu na Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Zagrebu. Diplomski studij Znanosti o okolišu upisala sam 2019. godine. Uz diplomski studij, 2021. godine sam upisala dopunsku pedagoško-psihološko-didaktičko-metodičku izobrazbu nastavnika na Filozofskom i Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu. Od ožujka 2021. godine do travnja 2022. godine radila sam kao Content Contributor za američku kompaniju Slader (potom Quizlet) gdje sam rješavala zadatke na engleskom jeziku iz područja kemije, biologije, geologije i geografije. Aktivno se služim engleskim jezikom i posjedujem vozačku dozvolu. Od računalnih vještina i kompetencija, aktivno koristim Microsoft Office™ paket, geografski operacijski sustav (QGIS, ArcMap GIS), alate za obradu slike i videa (GIMP, avidemux) te posjedujem osnovno znanje iz AutoCAD-a i Inkscape-a.