

Sistematski pregled i meta-analiza povezanosti socijalnih značajki i individualnog fitnesa kod sisavaca

Kardum, Marta

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:217:146200>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Marta Kardum

**Sistematski pregled i meta-analiza
povezanosti socijalnih značajki i
individualnog fitnesa kod sisavaca**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Marta Kardum

**A systematic review and meta-analysis of
social network metrics and individual
fitness in mammals**

Master thesis

Zagreb, 2024.

Ovaj rad je izrađen na Zavodu za animalnu fiziologiju Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu te na Institutu „Ruđer Bošković“ u Zagrebu, pod mentorstvom dr. sc. Antice Čuline, te komentorstvom izv. prof. dr. sc. Duje Lisičića. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra eksperimentalne biologije .

Zahvaljujem se mentorici dr. sc. Antici Čulini i komentoru izv. prof. dr. sc. Duji Lisičiću na prenesenom znanju te dobronamjernosti i strpljivosti u razdoblju kada mi je to najviše značilo.

Hvala i kolegici s Instituta „Ruđer Bošković“ Aniti Tarandek za pomoć pri provođenju istraživanja te svim kolegicama i kolegama s Instituta na tome što sam se tamo uvijek osjećala dobrodošlo.

Hvala mojim roditeljima te braći i sestri – ljudima koji mi najviše znače na ovom svijetu.

Također se zahvaljujem kolegama s fakulteta što su mi uljepšali studiranje, te prijateljima na podršci i ljubavi.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Sistematski pregled i meta-analiza povezanosti socijalnih značajki i individualnog fitnesa kod sisavaca

Marta Kardum

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Socijalnost je sklonost jedinke prema životu u grupi. Socijalnu strukturu unutar grupe možemo izraziti preko socijalnih mreža, koje prikazuju međusobne interakcije jedinki unutar populacije. Unutar socijalne mreže možemo kvantificirati socijalne značajke jedinke, kao što su broj, jačina i stabilnost socijalnih veza, ili centralnost jedinke unutar socijalne mreže. Cilj ovog rada je ustvrditi utječu li socijalne značajke sisavaca na fitnes jedinke (kroz preživljavanje i reprodukciju). Istraživanje je provedeno u obliku sistematskog pregleda i meta-analize. Sistematski je skupljena do sada objavljena literatura (znanstveni članci) na engleskom jeziku te je izvršen probir literature i ekstrakcija podataka iz relevantnih članaka. Na ekstrahiranim podacima provedena je statistička analiza u obliku meta-analize. Rezultati istraživanja su pokazali značajan pozitivan utjecaj socijalnih značajki jedinke na njezin fitnes kod sisavaca. Također, socijalne značajke imaju statistički značajan utjecaj na reprodukciju jedinke, dok njihov utjecaj na preživljavanje nije statistički značajan. Primijećen je veći utjecaj kod ženki u odnosu na mužjake, mladunaca i adultnih jedinki u odnosu na druge dobne skupine te kod asociranja jedinki istog spola u odnosu na asociranje sa suprotnim spolom. Utjecaj je ovisio i o tipu socijalnih značajki, stupnju socijalnosti i sustavu parenja. Postoje brojne „rupe u znanju“ u literaturi pa bi naglasak u budućim radovima trebao biti raznolikosti studija.

Ključne riječi: socijalnost, socijalne veze, socijalna mreža, preživljavanje, reprodukcija, meta-regresija

(47 stranice, 20 slika, 3 tablice, 54 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski jezik)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: dr. sc. Antica Čulina

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

Ocjenitelji:

Izv. prof. dr. sc. Duje Lisičić

Izv. prof. dr. sc. Zoran Marčić

Izv. prof. dr. sc. Sandra Hudina

Prof. dr. sc. Antun Alegro

Rad prihvaćen: 25.9.2024.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Master thesis

A systematic review and meta-analysis of social network metrics and individual fitness in mammals

Marta Kardum

Rooseveltovej trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Sociality is the inclination of an individual towards group living. The social structure within a group can be expressed through social networks, which display the mutual interactions among individuals within a population. Within the social network, we can quantify the social network metrics of an individual, such as the number, strength, and stability of social ties, or the centrality of the individual within the network. The goal of this paper is to determine whether social network metrics in mammals affect the fitness of an individual (through survival and reproduction). The research was conducted in the form of a systematic review and meta-analysis. A systematic collection of previously published literature (scientific articles) in English was gathered, followed by screening of the literature and data extraction from relevant articles. Statistical analysis in the form of a meta-analysis was conducted on the extracted data. The research results have shown a significant positive impact of social network metrics on the fitness of individuals. Additionally, social network metrics have a statistically significant impact on the reproduction of the individual, while their impact on survival was not statistically significant. A greater impact was observed in females compared to males, in juveniles and adults compared to other age groups, and in associations between individuals of the same sex compared to associations with the opposite sex. The impact on fitness was also dependent on the type of social network metrics, level of sociality, and mating system. There are numerous 'gaps in knowledge' in the literature, so the emphasis in future work should be on the diversity of studies.

Keywords: sociality, social bonds, social network, survival, reproduction, meta-regression (47 pages, 20 figures, 3 tables, 54 references, original in: Croatian)

This thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: dr. sc. Antica Čulina

Co-mentor: izv. prof. dr.sc. Duje Lisičić

Reviewers:

Assoc. Prof. Duje Lisičić, PhD

Assoc. Prof. Zoran Marčić, PhD

Assoc. Prof. Sandra Hudina, PhD

Prof. dr. sc. Antun Alegro, PhD

Thesis accepted: 25.9.2024.

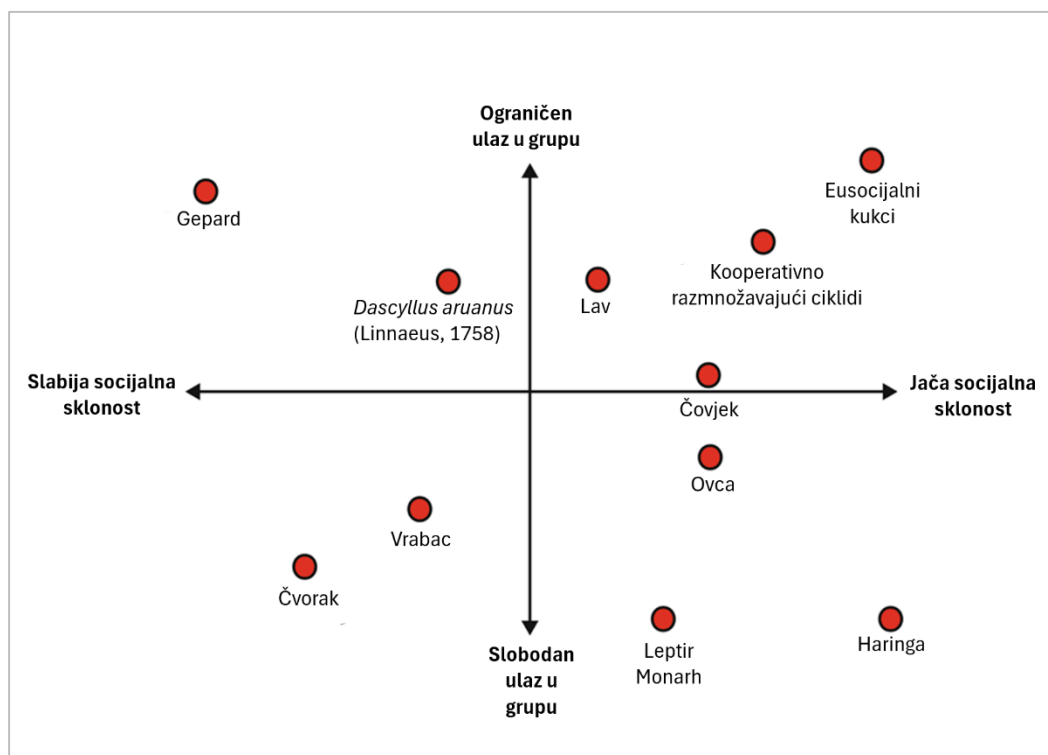
1. UVOD	1
1.1. Socijalnost životinja	1
1.1.1. Evolucija socijalnosti	2
1.1.2. Sisavci i njihova socijalnost	3
1.2. Mjerenje socijalne strukture i socijalnih značajki	4
1.2.1. Socijalne mreže	4
1.2.2. Socijalne značajke jedinki	4
1.2.3. Metode mjerenja socijalnih značajki	6
1.3. Fitness kod sisavaca	6
1.4. Veza socijalnih značajki i fitnesa kod sisavaca	7
1.5. Sistematski pregled i meta-analiza	8
2. CILJ ISTRAŽIVANJA	9
3. MATERIJAL I METODE	10
3.1. Definiranje istraživačkog pitanja i kriterija za pregled literature	10
3.2. Preliminarni pregled literature	12
3.3. Formuliranje niza za pretraživanje radova („search string“)	13
3.4. Inicijalni probir („initial screening“)	14
3.5. Probir cijelog teksta („full-text screening“)	15
3.6. Ekstrakcija podataka	16
3.7. Statistička analiza	21
4. REZULTATI	24
4.1. Rezultati inicijalnog probira i probira cijelog teksta	24
4.2. Opis relevantnih studija	25
4.3. Povezanost socijalnih značajki i fitnesa	28
4.3.1. Preživljavanje i reprodukcija	29
4.3.2. Tip socijalnih značajki	30
4.3.3. Moderator na razini jedinke	31
4.3.4. Moderator na razini vrste	34
4.3.5. Moderator na razini okoliša	36
4.3.6. Pristranost objavljivanja	36
5. RASPRAVA	38
6. ZAKLJUČAK	41
7. LITERATURA	42
8. PRILOZI	47
9. ŽIVOTOPIS	I

1. UVOD

1.1. Socijalnost životinja

U životinjskom carstvu postoji široka raznolikost socijalne organizacije – od solitarnih vrsta poput snježnog leoparda - *Panthera uncia* (Schreber, 1775) (Macri i Patterson 2011), životinja koje žive u parovima poput dik-dik antilopa - *Madoqua guentheri* (Thomas, 1894), visoko socijalnih pavijana - *Papio papio* (Desmarest, 1820) pa sve do eusocijalnih stršljena – *Vespa crabro* (Linnaeus, 1758) (Uhlenbroek 2008).

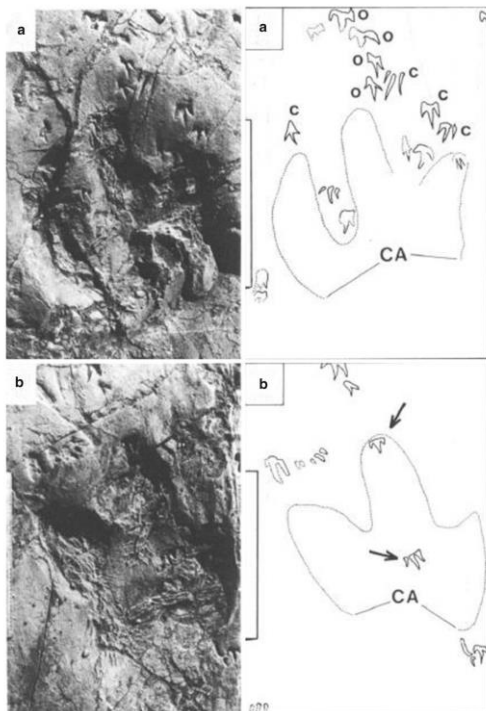
Socijalnost je sklonost jedinke prema životu u grupi, bilo da je njezina pripadnost istoj stalna ili prisutna samo u određenom dijelu života (Ward 2016). Do evolucije socijalnosti dolazi kada jedinka ima više koristi od suradnje s drugim jedinkama nego što joj bliskost s njima donosi nepogodnosti (Silk 2007). Vrste su tako evoluirale različite oblike socijalnosti da bi ostvarile što bolji balans između prednosti i mana života u grupi (Slika 1.) . Socijabilnost je pak sklonost jedinke prema bliskom povezivanju s jedinkama iste vrste, a da to povezivanje nije vezano uz reprodukciju ili agresiju (Gartland 2022).



Slika 1. Prikaz različitih oblika socijalnosti na izdvojenim vrstama (preuzeto i modificirano iz Ward 2016)

1.1.1. Evolucija socijalnosti

Teško je sa sigurnošću potvrditi kada se točno u evoluciji prvi put pojavila socijalnost, međutim, postoje fosilni ostatci još iz vremena Krede koji upućuju na nju. Na Slici 2. je jedan od takvih primjera mogućeg dokaza života u skupinama. Uz otiske velikog dinosaura (CA) vidljivi su brojni manji otisci stopala koji pripadaju ornitopodima (o) te celuroosaurima (c). Neki stručnjaci smatraju da su to krda u bijegu pred većim predatorom (Ward 2016). Iako nije sigurno je li ovaj konkretan fosil najstariji primjer, svakako je sigurno da socijalnost nije nova evolucijska pojava (Ward 2016). Evolucija socijalnosti vrlo je kompleksna jer je potrebna usklađena promjena genoma i ponašanja brojnih jedinki da bi se socijalnosti izrazile (Fisher i McAdam 2017).



Slika 2. Otisci desnog (a) i lijevog (b) stopala velikog dinosaura čija vrsta nije potvrđena (CA). Vide se brojni otisci dviju svojti malih dinosaura za koje se smatra da su dio krda u bijegu - ornitopodi (o) i celurosauri (c). Lijevo su fotografije otisaka , a desno skice istih (Ward 2016)

1.1.2. Sisavci i njihova socijalnost

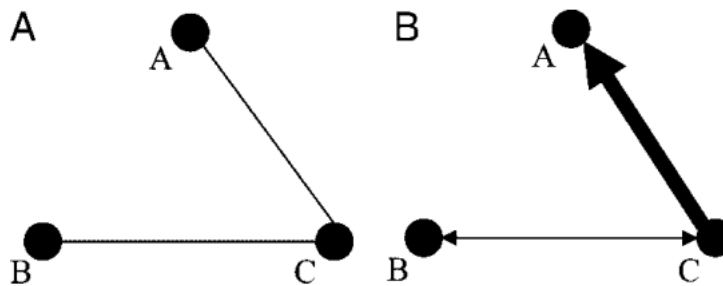
Sisavci (Mammalia) su vrlo raznolika skupina životinja s prilagodbama za široki raspon niša i životnih uvjeta. Morfološki su najraznolikija skupina kralježnjaka. Uključuju vrste od najveće poznate životinje koja je ikad živjela – plavetnog kita (*Balaenoptera musculus* (Linné, 1758)), do minijaturne etrušćanske rovke (*Suncus etruscus* (Savi, 1822)); od velikih kopnenih biljojeda poput slonova do skupine koja je razvila sposobnost leta - šišmiša (Pough i sur. 2009, Jürgens 2002). Prvi sisavci evoluirali su u Trijasu. Danas je poznato oko 6500 vrsta sisavaca koje dijelimo u 2 podrazreda: Prototheria (prasisavci) i Theria (tobolčari i više sisavci); te 29 redova (Burgin i sur. 2018). Karakteristične oznake sisavaca su laktacija, postojanje dlake te kožnih žlijezda, heterodontno zubalo, tri slušne kosti, donja čeljust koja se gradi od samo jedne kosti, dijafragma, sekundarno nepce, visoko razvijen mozak s velikim mozgom sačinjenim od dvije povezane polovice, eritrociti bez stanične jezgre. Poput ptica imaju zatvoreni krvotok, te im je srce podijeljeno na dvije klijetke i dvije pretklijetke, te su im lijeva i desna strana srca razdvojene (Pough i sur. 2009).

Socijalnost je jedan od čimbenika koji utječu na fitnes kod sisavaca. Većinom je taj utjecaj pozitivan, pa su zato brojne vrste tijekom evolucije razvile i zadržale socijalnost (Ebensperger i sur. 2012). Život u grupi pojednostavljuje lov i potragu za hranom, jer jedinke mogu zajedničkim djelovanjem uspješnije loviti nego da djeluju samostalno (Uhlenbroek 2008). Bolja je i obrana od predatora, što se može iskazati kroz nekoliko načina: grupa će lakše nadzirati okolinu te će tako prije uočiti opasnost, osim toga, sama veličina grupe može zbuniti predatora (koji će se teže fokusirati na jednu jedinku pri napadu). Grupa se također može lakše suprotstaviti predatoru(-ima), te tako u prisustvu predatora zaštititi mladunce (a ponekad i ženke) (Pough i sur. 2009). Životinje unutar grupe u hladnim mjesecima mogu se držati zajedno te si tako olakšati termoregulaciju i uštedjeti energiju (Uhlenbroek 2008). Međutim, socijalnost donosi i neke negativne utjecaje na fitnes – u grupama je lakši prijenos zaraza, može doći do povećane agresiju unutar jedinki, te je moguća veća predacija (Kappeler i sur. 2015). Kod sisavaca je došlo do razvoja vrlo kompleksnih socijalnih struktura. Neki od razloga za ovo su visoko razvijen mozak, dugotrajna briga za mlade, toplokrvnost te brz metabolizam (Pough i sur. 2009).

1.2. Mjerenje socijalne strukture i socijalnih značajki

1.2.1. Socijalne mreže

Socijalne mreže („social networks“) su način da se socijalna struktura populacije kvantificira. Socijalna mreža sadrži čvorove („nodes“) povezane rubovima („edges“) koji označavaju interakcije među čvorovima (Silk i Hodgson 2021). Rubovi mogu biti usmjereni ili neusmjereni, te ponderirani ili neponderirani (Pinter-Wollman i sur 2014). Ukoliko je jedna jedinka inicijator interakcije riječ je o usmjerenim rubovima, dok su neusmjereni oni gdje su jedinke jednako uključene u socijalnu interakciju. Ponderirani rubovi sadrže informaciju o broju interakcija između jedinki ili o vjerojatnosti dolaska do njihove interakcije (Slika 3.). Ove interakcije najčešće nisu slučajne te se razvijaju statistički modeli da bi se moglo razumjeti zašto je socijalna struktura konstruirana na točno određen način (Pinter-Wollman i sur 2014).



Slika 3. Grafički prikaz tipova rubova unutar socijalne mreže. Slika A prikazuje neusmjerene i neponderirane rubove, dok slika B prikazuje usmjerene (strelica) i ponderirane (bold) rubove. Točke označene s A, B i C na obje slike su čvorovi socijalne mreže (Sueur i sur. 2011)

1.2.2. Socijalne značajke jedinki

Unutar socijalne mreže jedinke se međusobno razlikuju u socijalnim značajkama („social network metrics“) te time zauzimaju različite položaje unutar socijalne mreže. Socijalne značajke uključuju značajke poput broja, stabilnosti i jačine socijalnih veza, te centralnost unutar socijalne mreže (Thompson 2019). Bitne su za razumijevanje interakcija jedinki unutar socijalne mreže, ali i za bolje razumijevanje same socijalne mreže.

Socijalne značajke dijelimo na značajke na razini čvora/jedinke te značajke na razini socijalne mreže (Farine i Whitehead 2015). Primjeri na razini jedinke su stupanj („degree“), snaga („strength“), centralnost posredovanja („betweenness centrality“), centralnost bliskosti („closeness centrality“) i centralnost svojstvenog vektora („eigenvector centrality“). Stupanj („degree“) predstavlja broj rubova koje čvor ima s drugim čvorovima (Farine i Whitehead 2015). Ova se socijalna značajka koristi samo kod neponderiranih rubova. Ukoliko su ovi neponderirani rubovi usmjereni stupanj se može izraziti kao unutarnji („in-degree“) i vanjski stupanj („out-degree“). Unutarnji stupanj je broj rubova usmjerenih prema čvoru, a vanjski stupanj broj rubova od čvora. Snaga („strength“) je zbroj svih vrijednosti ponderiranih rubova koje čvor ima s drugim čvorovima (Farine i Whitehead 2015). Ukoliko su rubovi usmjereni snaga se može izraziti kao unutarnja („in-strength“) i vanjska snaga („out-strength“), na isti način kao i kod stupnja. Centralnost posredovanja („betweenness centrality“) je broj najkraćih veza između dvije jedinke u populaciji preko čvora (Gartland 2022). Ova se značajka može koristiti i za ponderirane i neponderirane rubove. Centralnost bliskosti („closeness centrality“) je mjera prosječne najkraće veze između dvije jedinke u populaciji preko čvora (Okamoto i sur. 2008). To je obrnuta vrijednost od prosječne duljine najkraće veze do drugih čvorova. Centralnost svojstvenog vektora („eigenvector centrality“) je zbroj centralnosti svih čvorova asociranih uz pojedini čvor (Farine i Whitehead 2015). Može se koristiti i za ponderirane i neponderirane rubove.

Primjeri socijalnih značajki na razini socijalne mreže su gustoća („density“), koeficijent grupiranja („clustering coefficient“) te modularnost („modularity“). Gustoća („density“) se može definirati na dva načina, ovisno jesu li rubovi ponderirani ili ne. Kod neponderiranih rubova to je ukupan broj rubova u socijalnoj mreži podijeljen s najvećim mogućim brojem rubova. Kod ponderiranih pak rubova to je zbroj vrijednosti svih rubova u socijalnoj mreži podijeljen s najvećim mogućim brojem rubova (Farine i Whitehead 2015). Koeficijent grupiranja („clustering coefficient“) je stupanj u kojem se čvorovi socijalne mreže grupiraju (Li i sur. 2017). Računa se kao broj zatvorenih grupa od tri ili četiri čvora podijeljen s ukupnim brojem grupa od tri ili četiri čvora. Modularnost („modularity“) je broj rubova koji spadaju u grupe umanjene za broj rubova koji bi spadali u grupe da su postavljeni nasumično (Newman 2006).

1.2.3. Metode mjerenja socijalnih značajki

Da bi se izmjerilo socijalne značajke jedinke potrebno je prvo konstruirati socijalnu mrežu populacije unutar koje se ona nalazi. Analiza socijalne mreže (SNA – „Social network analysis“) je tehnika kojom se proučavaju interakcije jedinki unutar socijalne mreže (Vimalajeewa i sur. 2019). Postala je vrlo značajna u biološkim istraživanjima jer omogućuje razumijevanje socijalnog ponašanja na razini i jedinke i populacije.

Prvi korak je dobro definiranje čvorova i rubova te određivanje metode skupljanja podataka koja je najbolja za istraživanu populaciju i za mjerenje željene socijalne značajke. Metoda treba omogućiti bilježenje što većeg broja rubova pri promatranju da bi se što preciznije mogla konstruirati socijalna mreža (Davis i sur. 2018). Potom slijedi prikupljanje podataka, za što su razvijene mnogobrojne metode. Istraživači tako mogu podatke skupljati direktnim promatranjem vrsta u njihovom prirodnom staništu (što se često koristi kod istraživanja primata i kitova). Za populacije koje imaju veliki opseg kretanja ili su teže za promatrati mogu se koristiti GPS ili Radio telemetrija. Sljedeća metoda je korištenje uređaja automatskog prikupljanja podataka kao što su foto-zamke ili druge metode korištenja senzorne tehnologije (Webber i Wal 2019, Neethirajan i Kemp 2021). U nekim studijama za mjerenje socijalne strukture koriste se genetske analize gdje se o socijalnoj organizaciji zaključuje iz srodnosti i roditeljskih odnosa. Nakon dugotrajnog praćenja populacije može se razviti model socijalne veze. Njega se bazira na temelju neke od mjera asocijacije kao što su timarenje („grooming“), pripadnost grupi ili udaljenost između jedinki (Gartland 2022). Zatim se iz izmjerenih pojedinačnih interakcija dviju jedinki može izračunati socijalna značajka jedinke unutar socijalne mreže.

Sve ove metode imaju svoje prednosti i mane pošto je teško kvantificirati i generalizirati kompleksnost ponašanja životinja u grupi. Također su većina ovih metoda vrlo dugotrajne i zahtjevne za provesti. Pri odabiru metode vrlo je važno voditi brigu o onome što je već poznato o ekologiji vrste te tako zaključiti koji model će dati najbolji omjer ekološkog realizma i standardizacije metode.

1.3. Fitnes kod sisavaca

Fitnes u biološkom smislu predstavlja reproduktivni značaj jedinke tj. genetsku kontribuciju jedinke u svim budućim generacijama. Pošto je to samo teorijska definicija koju

ne možemo izmjeriti koriste se aproksimacije. Jedna takva je broja potomaka koje je jedinka ostvarila a koji su imali svoje potomke (McGraw i Caswell 1996, Brown i sur. 1993).

Na to kakav će jedinka imati fitnes utječu genetičke i ostale karakteristike jedinke, te fizički i socijalni okolišu. Razumijevanje ovih značajki je ključno za razumijevanje ekologije i evolucije vrste. Genetska varijabilnost uvelike povećava fitnes, dok ga srođivanje i genetski drift smanjuju (Lacy 1997), a utjecaj na fitnes imaju i fizičke značajke poput mase tijela i količine masti te fiziologija (Schulte-Hostedde i sur. 2001). Na fitnes utječe i okoliš – kvaliteta staništa, klima i ljudski utjecaj, te prehrana – njezina kvaliteta i energetska iskoristivost (Snyder-Mackler i Lea 2018). Život u grupi i socijalnost također su bitan utjecaj (Ebensperger i sur. 2012), kao i ponašanje, npr. ponašanje pri selidbi ili parenju (Eggeman i sur. 2016).

1.4. Veza socijalnih značajki i fitnesa kod sisavaca

Socijalne značajke jedinki mogu biti vrlo varijabilne unutar populacije. Ove značajke imaju utjecaj na fitnes jedinke, i to na njezino preživljavanje i reprodukciju (Thompson 2019, Croft i sur. 2016). Jedan od načina na koji socijalne značajke utječu na fitnes je zajednička briga za potomstvo te "allomothering" (briga za potomstvo od jedinke koja joj nije roditelj). Kod jedinki s jačim socijalnim vezama češća je briga drugih jedinki za njezino potomstvo te smanjen rizik od napada na mladunce (Thompson 2019, Turner i sur. 2020). Socijalne značajke također su važne kod suradnje pri osiguravanju resursa; bilo da je riječ o lovu ili zaštiti teritorija hranjenja (Bailey i sur. 2013). Jedinke koje su povezanije mogu držati i monopol nad resursima (Connor i sur. 2001). Jake socijalne veze među jedinkama mogu dovesti i do njihovog zajedničkog napredovanja u hijerarhiji grupe te zadržavanju tog položaja (Smith i sur. 2010). Mjera socijalnih značajki utječe i na izbjegavanje rizika kao što su uznemiravanje od strane drugih jedinki unutar grupe, pomoć pri zahtjevnom fizičkom okruženju ili pri traumatičnim događajima i agresiji, zaštita od predacije te od izolacije (Thompson 2019). Povezanost jedinke s ostatkom populacije također utječe i na bolji socijalni i fizički razvoj preko društvenog učenja i igre (Kaburu 2016). Postavlja se također pitanje, pošto socijalne značajke utječu na fitnes, kako to da i dalje postoji tolika varijacija socijalnih značajki unutar vrste? A odgovor je, kao i kod drugih varijabilnih svojstava, da utjecaj na fitnes ovisi i o brojnim drugim faktorima te će različite socijalne značajke ostvarivati prednost ovisno o uvjetima u kojima se populacija nađe (Gartland 2022).

1.5. Sistematski pregled i meta-analiza

Napretkom znanosti došli smo do točke gdje za mnoge teme postoji velika količina provedenih istraživanja gdje je potrebno pregledno sažeti njihove rezultate kako bi se sumirao ukupan dokaz o pojedinom efektu, te identificiralo koje nam informacije još nedostaju. Meta-analiza je metoda kojom se može kvantitativno sintetizirati rezultate postojeće znanstvene literature. Prva meta-analiza provedena je davne 1976. godine i prvo se koristila u medicinskim i sociološkim istraživanjima (Nakagawa i sur. 2017). Njezina popularnost u ekološkim istraživanjima počela je u zadnjem desetljeću te se od tada počinje široko primjenjivati u ekologiji i evoluciji (Nakagawa i sur. 2023).

Meta-analiza se provodi na način da se prvo provede sistematski pregled u kojem se na sveobuhvatan i nepristran način pokušava skupiti sva objavljena (pa i neobjavljena) literatura o tematici. Nakon sistematskog pregleda iz relevantnih radova se ekstrahiraju podatci te se provodi statistička analiza (Nakagawa i sur. 2023). Stoga je za kvalitetnu meta-analizu od presudne važnosti napraviti kvalitetan sistematski pregled, jer meta-analiza može biti samo onoliko pouzdana koliko su sveobuhvatni i pouzdani podatci koje koristi.

Dio znanstvenika je izrazilo sumnje u vrijednost meta-analiza kao i istinitost njihovih rezultata. Pitanje je kako vjerovati meta-analizi kada podatci na kojima je bazirana mogu biti vrlo pristrani, zbog npr. pristranosti u publiciranju („publication bias“). Iako ovakve kritike imaju određeno pokriće, one ponajprije govore o problemima same znanstvene prakse i postojećih objavljenih znanstvenih radova, a ne o vrijednosti i kvaliteti meta-analize kao metode (Nakagawa i sur. 2017). Meta-analiza stoga uključuje i razne testove za detekciju pristranosti u objavljanju (Nakagawa i sur. 2023).

2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Glavni cilj ovog diplomskog rada je provesti sistematski pregled i meta-analizu postojeće literature o povezanosti socijalnih značajki i individualnog fitnesa kod sisavaca.

Specifični ciljevi su:

- 1) Utvrditi postoji li povezanost između socijalnih značajki jedinke i njezinog fitnesa kod sisavaca
- 2) Ukoliko veza postoji, utvrditi je li ona jednake jačine za dvije sastavnice fitnesa – preživljavanje jedinke te njezin reprodukcijski uspjeh
- 3) Postoje li „rupe u znanju“ u trenutno objavljenoj literaturi, te taksonomske i geografske pristranosti

3. MATERIJAL I METODE

Sistematski pregled i meta-analizu izvela sam u 6 glavnih koraka (Foo i sur. 2021):

- 1) Definiranje istraživačkog pitanja
- 2) Pretraživanje radova
- 3) Inicijalni probir („initial screening“)
- 4) Probir cijelog teksta („full-text screening“)
- 5) Ekstrakcija podataka
- 6) Statistička analiza

U nastavku će svaki od koraka biti detaljno objašnjen.

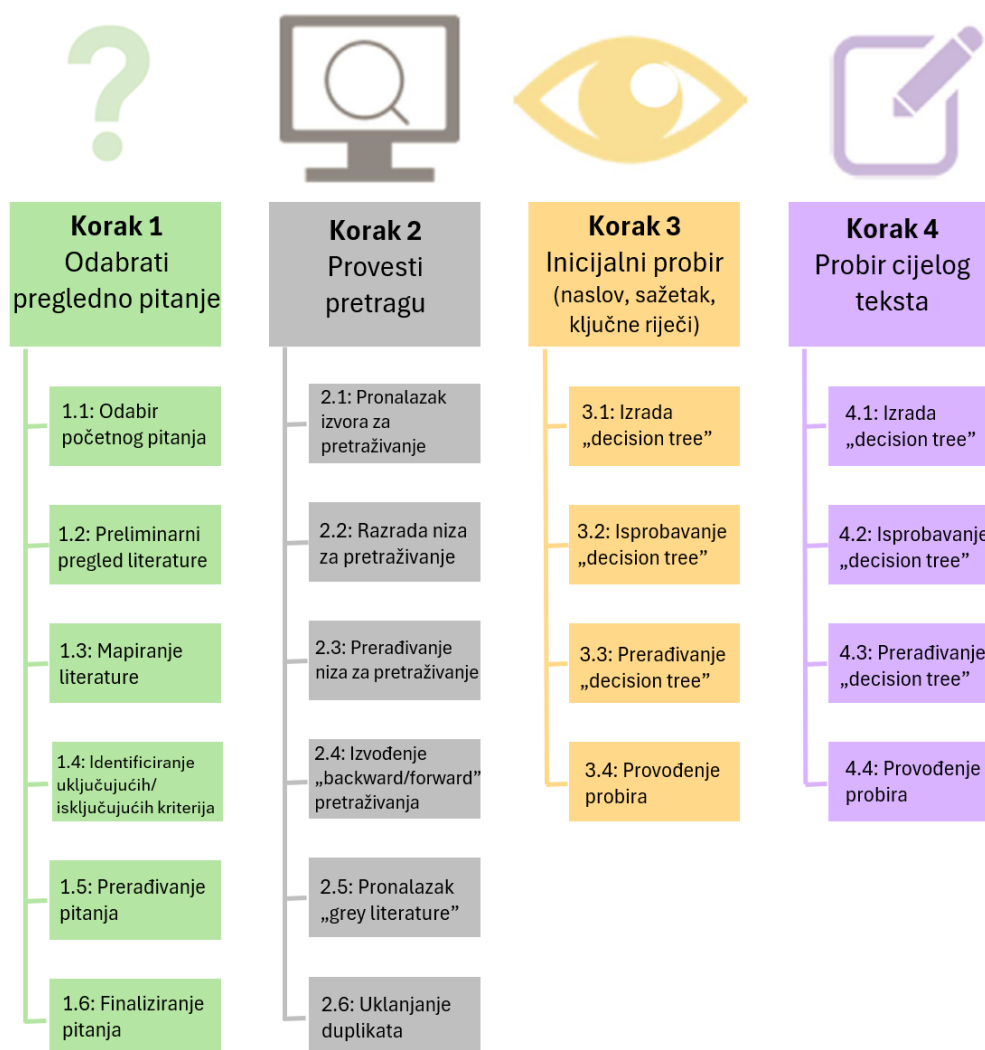
3.1. Definiranje istraživačkog pitanja i kriterija za pregled literature

Prvi korak u meta-analizi je definiranje istraživačkog pitanje (Slika 4.). Za početak sam pretražila općenite radove na temu socijalnosti kod životinja da bih dobila bolji uvid u tematiku te ideju o tome kakvi su radovi do sada objavljeni i dali ih ima dovoljno za provedbu meta-analize (minimum 15 radova). Potom sam krenula u detaljnije definiranje istraživačkog pitanja, pri tome sam se služila PICO okvirom (Richardson i sur. 1995, Foo i sur. 2021). PICO okvir je prvotno razvijen za medicinska istraživanja (Foo i sur. 2021) te zato neke njegove komponente ne moraju biti relevantne za biološko istraživanje. Komponente PICO okvira su populacija („population“), intervencija („intervention/exposure“), kontrola („comparator“) i ishod („outcome“). Svaku od ovih komponenti treba detaljno definirati da bi se formuliralo dobro istraživačko pitanje te strategija pretraživanja literature.

U mojem diplomskom radu populacija od interesa obuhvaća sve sisavce izuzev ljudi, eusocijalnih vrsta te udomaćenih populacija u zatočeništvu. Intervencija, tj. utjecaj koji istražujem, su socijalne značajke jedinke unutar njezine socijalne mreže. Uključila sam samo radove kod kojih se socijalne značajke mjere izravno za pojedinu jedinku, a ne kao prosjek cijele grupe. Također, u opseg ovog istraživanja nisu uključeni odnosi koji su bazirani na reprodukciji, kao što su odnos roditelj-potomak te reproduktivni odnosi između mužjaka i ženki. Kategorija kontrole nije primjenjiva za ovo istraživanje. Posljednja komponenta PICO okvira je ishod, koju sam definirala kao izravni fitnes jedinke. Ovdje spadaju preživljavanje jedinke te njezin reproduktivni uspjeh (npr. broj potomaka ili preživljavanje potomaka do određene dobi). U reproduktivni uspjeh nisam uključila broj partnera ili broj parenja koje je

jedinka ostvarila, već sam se koncentrirala na ishode koji direktno utječu na fitness jedinke. Na sličan način nisu uključene niti mjere poput mase jedinke, količine hormona stresa prisutne u tijelu i sl., jer su one tek indirektno vezane uz fitness i kao takve njihov značaj možemo teže odvojiti od drugih faktora.

Od ostalih kriterija odredila sam da će se istraživanje bazirati isključivo na literaturi na engleskom jeziku te će uključene studije biti primarne i empirijske (eksperimentalne ili opservacijske). Pregledna literatura, meta-analize, modeli, simulacije i slične studije nisam uključila u meta-analizu.



Slika 4. Tipični koraci sistematskog pregleda (preuzeto i modificirano iz Foo i sur. 2021)

3.2. Preliminarni pregled literature

Preliminarnim pregledom literature utvrdila sam da postoji dovoljno literature da bi se obavila meta-analiza. Procijenila sam da ću početnom pretragom dobiti nekoliko tisuća radova, te da će mi nakon probira cijelog teksta ostati barem 15 relevantnih radova. Također sam odredila 9 početnih temeljnih radova koji odgovaraju našim kriterijima (Tablica 1.), a koje sam koristila kao temeljni set za provjeru učinkovitosti niza za pretraživanje radova. Pri razvoju niza, a na temelju PICO okvira, pretraživanjem se mora pronaći navedenih 9 radova kako bi se niz za pretraživanje smatrao dobrim.

Tablica 1. Temeljni radovi korišteni kao osnovni set za provjeru učinkovitosti niza za pretraživanje radova

Broj	Znanstveni rad
1	Bond M., Lee D., Farine D. et al. (2021): Sociability increases survival of adult female giraffes. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i> 288.
2	Cameron, E.Z., Setsaas, T.H., Linklater, W.L. (2009): Social bonds between unrelated females increase reproductive success in feral horses. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America</i> 106: 13850–13853.
3	Campos F., Villavicencio F., Archie E. et al. (2020): Social bonds, social status and survival in wild baboons: a tale of two sexes. <i>Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences</i> 375.
4	Gerber L., Connor R.C. et al. (2022): Social integration influences fitness in allied male dolphins. <i>Current Biology</i> 32: 1664-1669.
5	Menz, C.S., Carter A.J. et al (2020): Higher sociability leads to lower reproductive success in female kangaroos. <i>R. Soc Open Sci</i> 7(8): 200950
6	Silk J., Beehner J., Bergman T. et al. (2009): The benefits of social capital: Close social bonds among female baboons enhance offspring survival. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i> 276: 3099–3104.
7	Silk J., Beehner J., Bergman T. et al. (2010): Strong and consistent social bonds enhance the longevity of female baboons. <i>Current Biology</i> 20: 1359–1361.
8	Thompson, N.A., Cords, M. (2018): Stronger social bonds do not always predict greater longevity in a gregarious primate. <i>Ecology and Evolution</i> 8: 1604–1614.
9	Yang, W.J., Maldonado-Chaparro, A.A., Blumstein, D.T. (2017): A cost of being amicable in a hibernating mammal. <i>Behavioral Ecology</i> 28: 11–19.

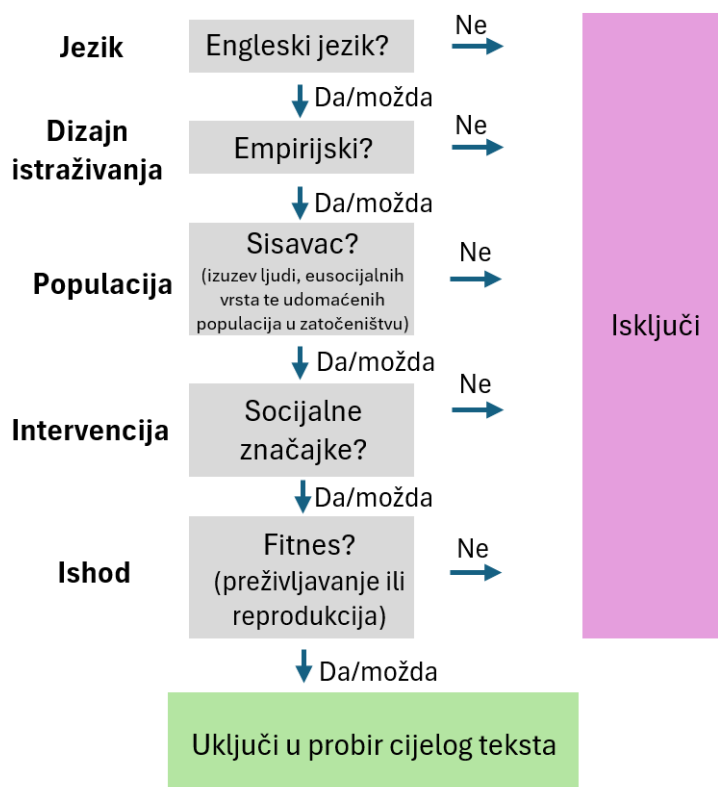
3.3. Formuliranje niza za pretraživanje radova („search string“)

Pretragu sam provela na dvije glavne baze literature (Web of Science i Scopus) uz pomoć niza za pretraživanje radova, a pretraživanjem naziva, sažetaka i ključnih riječi indeksiranih radova. Dobra pretraga literature treba pronaći što veći broj relevantnih radova a što manje onih irelevantnih, pri čemu je bitno razviti dobar niz za pretraživanje. Da bih formulirala niz za pretraživanje koristila sam već definiran PICO okvir (pogledaj Poglavlje 3.1.). Komponente okvira sam dodatno razradila kako bih obuhvatila različite načine na koji se svaka komponenta može izraziti. Tako sam za populaciju umjesto navođenja samo generalne kategorije „sisavci“ navela sve nazive i kategorije koje sam smatrala da su autori mogli koristiti pri opisu vrste u naslovu, ključnim riječima i sažetku. Nisam koristila latinske nazive kategorija jer su oni, izuzev imena vrste, rijetko bili navedeni u pretraživanom dijelu (naslovu, sažetku i ključnim riječima). Umjesto toga navela sam engleske nazive svih većih skupina sisavaca, kao i sve sinonime i često korištene riječi za pojedine skupine. Potom sam prošla popis od 156 visoko socijalnih vrsta sisavaca (<https://animalia.bio/highly-social>) i dodala specifičnije riječi uključene u engleskim imenima socijalnih vrsta ili njihova cijela imena (npr. „african wild dog“), da bih osigurala što bolju pokrivenost sve objavljene literature. Za intervenciju koja obuhvaća socijalne značajke ispisala sam različite varijante na koje su iste mogle biti izražene te potom iz već pročitane literature dodala sklopove riječi koje su autori koristili, a da ih već nisam imala navedene. Na sličan način sam došla i do riječi korištenih za opis fitnesa.

Na formiranju niza sam radila kroz nekoliko tjedana jer je njegov ispravan format ključan za dobivanje relevantne literature te izostajanja stvaranja pristranosti u uzorku. Konačni nizovi pretraživanja za obje baze podataka – Scopus i Web of Science (WoS) navedeni su u prilogu (Prilog 1). Zbog vremenskog ograničenja nisam provela “backward/forward” pretraživanje, kojim iz pronađenih radova dolazimo do dodatne relevantne literature. Ovaj korak ću naknadno provesti pri izradi znanstvenog rada. Također sam preskočila korak pronalaska “grey literature” jer smo zaključili da nam je za ovu meta-analizu bolje imati samo recenzirane radove.

3.4. Inicijalni probir („initial screening“)

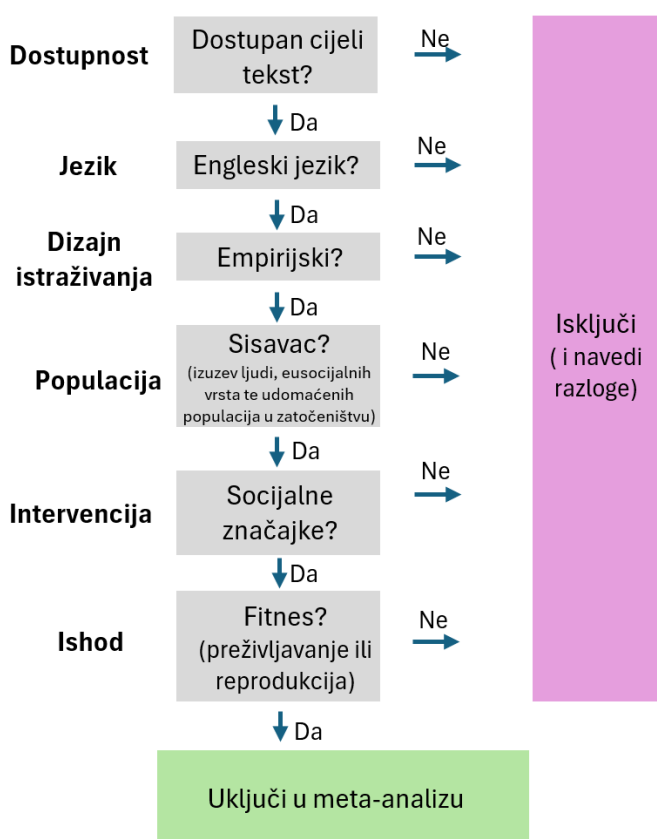
Nakon što sam pretraživanjem dobila popis potencijalnih radova od interesa, podatke o ovim radovima sam dodala u softver za kolaborativni sistematski pregled literature - Rayyan QCRI (Ouzzani i sur. 2016). Ovdje sam obrisala duplikate (s obzirom da su nekad isti radovi bili u obje korištene baze podataka) te potom krenula u probir. Prvi korak probira je inicijalni probir u kojemu se prolazi kroz naslov, ključne riječi i sažetak svakog pojedinog rada te se odlučuje hoće li on ići u sljedeću fazu probira cijelog teksta. Ova se odluka donosi na temelju kriterija za probir oblikovanih u „decision tree“ (Slika 5.). Ovaj dio probira izvodile su tri osobe (ja, mentorica i komentor). Prvo su sve tri osobe prošle istih 100 radova da bi mogle uskladiti način na koji definiraju pojmove i donose odluke. Tek nakon što je na istim radovima potvrđena usklađenost, ostatak radova je podijeljen na tri dijela te je svaka osoba prošla svoj dio. Svi radovi kod kojih je postojala nesigurnost u odluci od strane jedne osobe, bili su naknadno pregledani od sve tri osobe. Ukoliko za neki rad nije bilo jasno zadovoljava li kriterije ili ne, rad svejedno prelazi u sljedeću fazu probira (probir cijelog teksta).



Slika 5. "Decision tree" za inicijalni probir

3.5. Probir cijelog teksta („full-text screening“)

Za radove koji su prošli prethodnu fazu pronašla sam pdf dokumente te smo krenuli u probir cijelog teksta. Ovaj korak sistematskog pregleda je također izveden u softveru Rayyan QCRI (Ouzzani i sur. 2016). Čitanjem cijelih radova završno smo zaključili koji radovi ulaze u naše istraživanje, a ovu odluku smo temeljili na pitanima oblikovanim u „decision tree“ (Slika 6.). Tijekom ove faze prvo su svo troje pregledavača zajedno prošli nekoliko radova, a potom su radovi podijeljeni na način da su svaki rad prošle barem dvije osobe.



Slika 6. "Decision tree" za probir cijelog teksta

3.6. Ekstrakcija podataka

Nakon završene pretrage i probira mogla sam krenuti s ekstrakcijom podataka potrebnih za meta-analizu. Podatke smo zapisivali u Excel tablicu na način da je svaki set podataka činio jedan redak s navedenim varijablama koje ga opisuju. Neki su znanstveni radovi tako imali jedan set podataka dok je kod drugih postojalo više setova pri različitim uvjetima, te su oni zauzeli odgovarajući broj redaka u našoj tablici. U Tablici 2. su navedene sve varijable koje smo izvlačili iz radova te njihova objašnjenja.

Tablica 2. Popis ekstrahiranih varijabli s objašnjenjima i načinom kodiranja

Varijabla	Opis varijable	Kodiranje	Bilješka
DOI	DOI znanstvenog rada	slobodan tekst	NA
Naslov	naslov znanstvenog rada (ili naslov diplomskog /stručnog rada)	slobodan tekst	NA
Časopis	naziv časopisa ili drugog zbornika u kojem je rad objavljen	slobodan tekst	NA
Godina objave	godina u kojoj je rad objavljen po prvi put (bilo online ili u fizičkom časopisu)	broj	NA
Latinsko ime	binominalno latinsko ime vrste	slobodan tekst, koristeći trenutnu taksonomiju	NA
ID populacije	ako isti članak odvojeno navodi podatke za dvije ili više populacija, ili kada različiti članci koriste istu populaciju	P1, P2...	bit će dodijeljene nakon ekstrakcije podataka (post-hoc)
Eksp. ili obz.	je li studija eksperimentalna (uključujući prirodne eksperimente) ili observacijska	exp, obs	NA
Lokacija	lokacija na kojoj je studija obavljena, onoliko specificirano koliko je napisano u radu	slobodan tekst	ako je lokacija ista u dvije ili više studija, ali se koriste nešto drugačiji nazivi, mi ćemo odabrati jedan od tih lokacijskih naziva

Tablica 2. – nastavak

Zemljopisna širina	zemljopisna širina lokacije (za nepripitomljene životinje u zatočeništvu širina s koje su životinje bile prikupljene)	upisana prateći sustav decimalnih stupnjeva	NA
Zemljopisna dužina	zemljopisna dužina lokacije (za nepripitomljene životinje u zatočeništvu dužina s koje su životinje bile prikupljene)	upisana prateći sustav decimalnih stupnjeva	NA
Početna godina	godina u kojoj je počelo prikupljanje podataka	broj	ako je naveden i mjesec, to će biti zabilježeno u komentarima
Završna godina	godina u kojoj je završilo prikupljanje podataka	broj	kao iznad
Duljina studije	koliko je vremena trajalo prikupljanje podataka	broj	ako studija specificira duljinu trajanja, korist ćemo navedeni podatak ako ne, i ako nije jasno kada je u godini krenulo prikupljanje podataka, pretpostavit ćemo da je započelo u siječnju „Početne godine“, a završilo u siječnju „Završne godine“
Prikupljanje podataka	opis načina prikupljanja podataka	slobodan tekst	NA
Metoda konstrukcije socijalne mreže /izračun rubova	metoda koja se koristi za konstrukciju socijalne mreže i izračun rubova	slobodan tekst	NA
Značajke socijalnih mreža	proučavane su značajke socijalnih mreža koje utječu na učinak	slobodan tekst	kako studije mogu koristiti različitu terminologiju za opis istih značajki, standardizirat ćemo terminologiju post-hoc.
U odnosu na koga - spol	jesu li jedinke korištene za izračun značajki socijalne mreže za istraživanu jedinku istog spola kao ona ili ne	isti spol, suprotni spol, oba spola	NA

Tablica 2. – nastavak

Izračun značajki socijalne mreže	metoda (ili formula) izračuna značajki socijalne mreže	slobodan tekst	NA
Izvorne značajke fitnesa	Značajke fitnesa na koje su utjecale značajke socijalne mreže (napisane kako je stavljeno u članku)	slobodan tekst	NA
Izračun značajki fitnesa	kako su izračunate značajke fitnesa	slobodan tekst	NA
Tip mjere fitnesa	značajke fitnesa na koje su utjecale značajke socijalne mreže, pojednostavljene u dvije kategorije	preživljavanje, reprodukcija	NA
Broj jedinki	broj pojedinačnih životinja za koje se mjere značajke socijalne mreže i značajke fitnesa	broj	NA
Dob	dob istraživanih jedinki	mladunci, subadultne jedinke, adultne jedinke	za egzaktnu klasifikaciju ćemo se odlučiti post-hoc, s obzirom na životnu strategiju uključenih vrsta
Spol	spol istraživanih jedinki	ženka, mužjak, oboje	NA
Gustoća populacije	gustoća istraživane populacije	broj (jedinke/km)	NA
Veličina grupe	veličina grupe istraživane populacije	broj	NA
Omjer spolova	omjer spolova istraživane populacije	broj (Ž/M)	NA
Divlja ili u zatočeništvu	je li istraživana populacija divlja ili u zatočeništvu	divlja, u zatočeništvu	NA
Podivljala ili nepripitomljena	je li istraživana populacija podivljala ili nepripitomljena	podivljala, nepripitomljena	NA

Tablica 2. – nastavak

Detaljni uvjeti okoliša	uvjeti okoliša u kojima populacija živi (dostupnost resursa, distribucija resursa, surovost okoliša, katastrofalni događaji...)	slobodan tekst	NA
Mjera uvjeta okoliša	uvjeti okoliša u kojima populacija živi pojednostavljeni u dvije kategorije	surov, nije surov	NA
Stupanj socijalnosti	Stupanj socijalnosti vrste	„Fission-fusion” grupe, fakultativno socijalne vrste, povezane skupine	NA
Životna strategija	Životna strategija populacije/vrste	K ili r	NA
Sustav parenja	Sustav parenja populacije/vrste	monogamija, poligamija-poliandrija, poligamija-poliginija, poligamija-poliginandrija, promiskuitetnost	NA
Veličina uzorka	veličina uzorka korištena u analizi	broj	ovaj broj ne mora biti isti kao za varijablu „Broj jedinki“ npr. ako je preživljavanje potomaka istraživane jedinke modelirano kao ovisno o značajkama mreže te jedinke
Tip korištenog modela	tip korištenog statističkog modela	GLMM, GLM...	NA
Tip veličine učinka	koji je tip veličine učinka dan	beta koeficijent, logaritam omjera vjerojatnosti...	NA
Procjena učinka	vrijednost procjene učinka kako je navedena u članku	broj	koristit ćemo za izračun zajedničke veličine učinka
Mjera pogreške	mjera pogreške procjene učinka navedena u članku	S.E., s.d....	NA
Vrijednost mjere pogreške	vrijednost mjere pogreške	broj	NA

Tablica 2. – nastavak

Statistički test	statistički test korišten u analizi podataka	t-test, χ^2 test...	NA
Vrijednost statističkog testa	vrijednost statističkog testa	broj	koristit ćemo ovu vrijednost za izračun zajedničke veličine učinka (ako nije navedena „Procjena učinka“)
p-vrijednosti	p-vrijednost provedenog statističkog testa	broj	NA
Smjer	je li učinak bio biološki pozitivan (viša vrijednost predstavlja veći utjecaj socijalnih značajki na fitnes jedinke) ili negativan	pozitivan, negativan	NA
Odakle su izvedene vrijednosti	broj tablice, grafa, stranice... odakle su izvedeni podaci o veličini učinka	Tablica 1, str. 3; unutar glavnog teksta na str. 5	NA
Postupci	ako nedostaje informacija ili postoje proturječne informacije ispisat ćemo moguće načine rješenja problema	slobodan tekst	ovaj stupac će se kasnije koristiti za praćenje može li se veličina učinka koristiti odmah ili poslije kontakta s autorima, ponovne analize podataka i sl.
Link do neobrađenih podataka	link do mjesta pohranjenih neobrađenih podataka (ukoliko su takvi dostupni)	slobodan tekst	NA

3.7. Statistička analiza

U radovima iz kojih sam ekstrahirala podatke ne postoji univerzalni način kako su studije računale i izrazile broj veličine učinka („effect sizes“) pa je zato prije provedbe statističke analize potrebno sve podatke transformirati na zajedničku veličinu učinka. Sve sam podatke prevela na Fisherovu z-transformaciju (Z_r) te izrazila njihovu transformiranu varijancu (v_{Z_r}) i standardnu pogrešku (se_{Z_r}). Izračune sam provela preko formula:

$$Z_r = \left(\frac{1}{2}\right) \log\left(\frac{1+r}{1-r}\right)$$

$$v_{Z_r} = \frac{1}{n-3}$$

$$se_{Z_r} = \sqrt{\frac{1}{n-3}}$$

gdje je „r“ broj veličine učinka, a „n“ ukupna veličina uzorka. Izračunala sam transformirane vrijednosti svih podataka te ih uvrstila u Excel tablicu u novim stupcima.

Statistička analiza podataka provedena je u programu „R-studio“ koji koristi programski jezik „R“ (The R Project for Statistical Computing, 2024). Provela sam višerazinski meta-analički model koristeći paket „metafor“ (Viechtbauer, 2010). Za odabir najboljeg modela koristila sam Informacijsko-teorijski pristup („Information Theoretic approach“) kojim mjerimo koliko dobro statistički model objašnjava podatke. Informacijski kriterij koji sam koristila je AIC („Akaike Information Criterion“). Ovaj kriterij, osim što u obzir uzima koliko dobro model objašnjava podatke, uzima u obzir i broj parametara u pojedinom modelu te penalizira modele s više parametara. Model kojemu je AIC za 3 ili više jedinica manji od sljedećeg modela, smatra se kao bolje podržan između dva modela. Taj sam princip koristila pri izboru najboljeg modela u ovome radu. U linearni model su uključeni slučajni učinci („random effects“) kako bi se u istom modelu mogli koristiti učinci iz iste studije („Paper ID“), iste populacije („Population ID“), te iste vrste („Latin name“). U globalnom modelu testirala sam postoji li učinak povezanosti socijalnih značajki i individualnog fitnessa kod sisavaca. S obzirom na AIC za pojedini model po potrebi sam iz modela izbacivala neke od slučajnih učinaka.

Izračunala sam heterogenost preko I^2 statistike. Ovo je mjera koja se koristi u meta-analizi da bi se kvantificirala homogenost među studijama. Pošto u meta-analizi podatci dolaze iz različitih studija bitno je procijeniti koliki dio varijabilnosti učinaka dolazi iz razlika među

studijama (heterogenost), a koliki je produkt slučajnosti („random error“). Što je veća vrijednost dobivena I^2 statistikom veća je heterogenost te nam ona govori da studije nisu zabilježile istu temeljnu veličinu učinka. U ovom slučaju tijekom analize potrebno je otkriti razloge heterogenosti. Ja sam u svojem istraživanju provjerila heterogenost objašnjenu slučajnim učincima uključenima u model.

Potom sam provela meta-regresijske modele u kojima sam, kao moderatore, jednu po jednu uključila varijable koje bi mogle imati utjecaj na veličinu učinka.

To su bili slijedeći moderatori te njihove kategorije:

- tip mjere fitnesa – preživljavanje, reprodukcija
- tip socijalnih značajki - snaga socijalne veze, stupanj socijalne veze, centralnost
- moderatori na razini jedinke:
 - spol jedinke - ženka, mužjak, zajedno grupirana oba spola
 - dob jedinke - mladunac, subadultna jedinka, zajedno grupirane subadultne i adultne jedinke, adultna jedinka, zajedno grupirane sve dobi
 - spol jedinke s kojom je istraživana jedinka u interakciji - isti spol, suprotni spol, interakcija s jedinkama oba spola
- moderatori na razini vrste:
 - stupanj socijalnosti vrste - „fission-fusion“ grupe, povezane skupine, fakultativno socijalne vrste
 - sustav parenja - monogamija, poligamija-poliandrija, poligamija-poliginija, poligamija-poliginandrija, promiskuitetnost
- moderatori na razini okoliša:
 - mjera uvjeta okoliša – surov, nije surov

Dobivene sam vrijednosti prebacila nazad iz Fisherove z-transformacije u Pearsonov korelacijski koeficijent (uvrstavanjem u formulu s početka poglavlja, gdje je „r“ Pearsonov korelacijski koeficijent) te su u rezultatima prebačene vrijednosti.

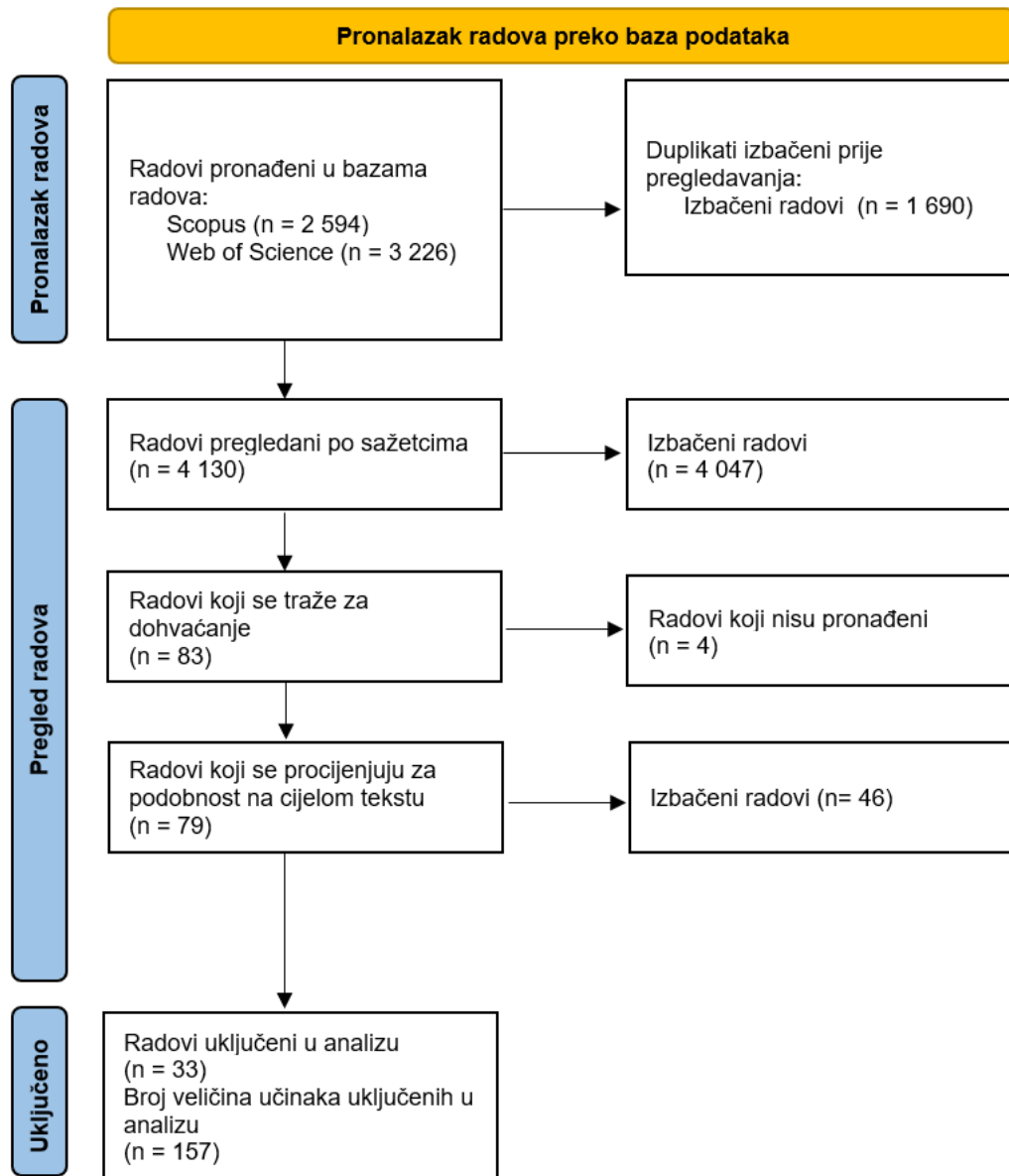
Kako bih testirala je li u odabranom setu studija prisutan učinak malih studija („small study effect“), provela sam Egger-ovu regresiju (Egger i sur. 1997). Egger-ova regresija je statistički test koji se koristi u meta-analizi da bi se provjerilo postojanje pristranosti objavljivanja („publication bias“). Do pristranosti objavljivanja dolazi jer dobiveni rezultati utječu na

vjerojatnost objavljivanja studije, tako se češće objavljuju ona istraživanja koja pokazuju pozitivne učinke. Egger-ova regresija otkriva ovakvu pristranost na način da regresira standardiziranu procjenu učinka („standardized effect estimates“) nasuprot njezinoj preciznosti. Preciznost je inverzna vrijednost standardne pogreške, te ju gledamo jer pri postojanju pristranosti objavljivanja male studije pokazuju značajnije rezultate, koji dolaze od manje preciznosti i viših vrijednosti standardne pogreške. Egger-ovu regresiju prikazala sam pomoću grafa „funnel plot“, koji pokazuje asimetriju u slučaju pristranosti objavljivanja. Također sam ispitala postoji li utjecaj godine izdavanja rada na jačinu učinka uključivanjem iste kao prediktora.

4. REZULTATI

4.1. Rezultati inicijalnog probira i probira cijelog teksta

Pretragom baza literature dobila sam 4130 jedinstvenih radova, nakon inicijalnog probira preostala su 83 rada, a nakon probira cijelog teksta njih 33 (s ukupnim brojem veličine uzoraka od 157). Na PRIZMA dijagramu (Slika 7.) vidi se cijeli proces probira radova.



Slika 7. PRIZMA dijagram provedenog sistematskog pregleda. Proces pronalaska radova koji su uključeni u analizu; „n“ je broj radova u pojedinoj fazi (izrađen po Haddaway 2022)

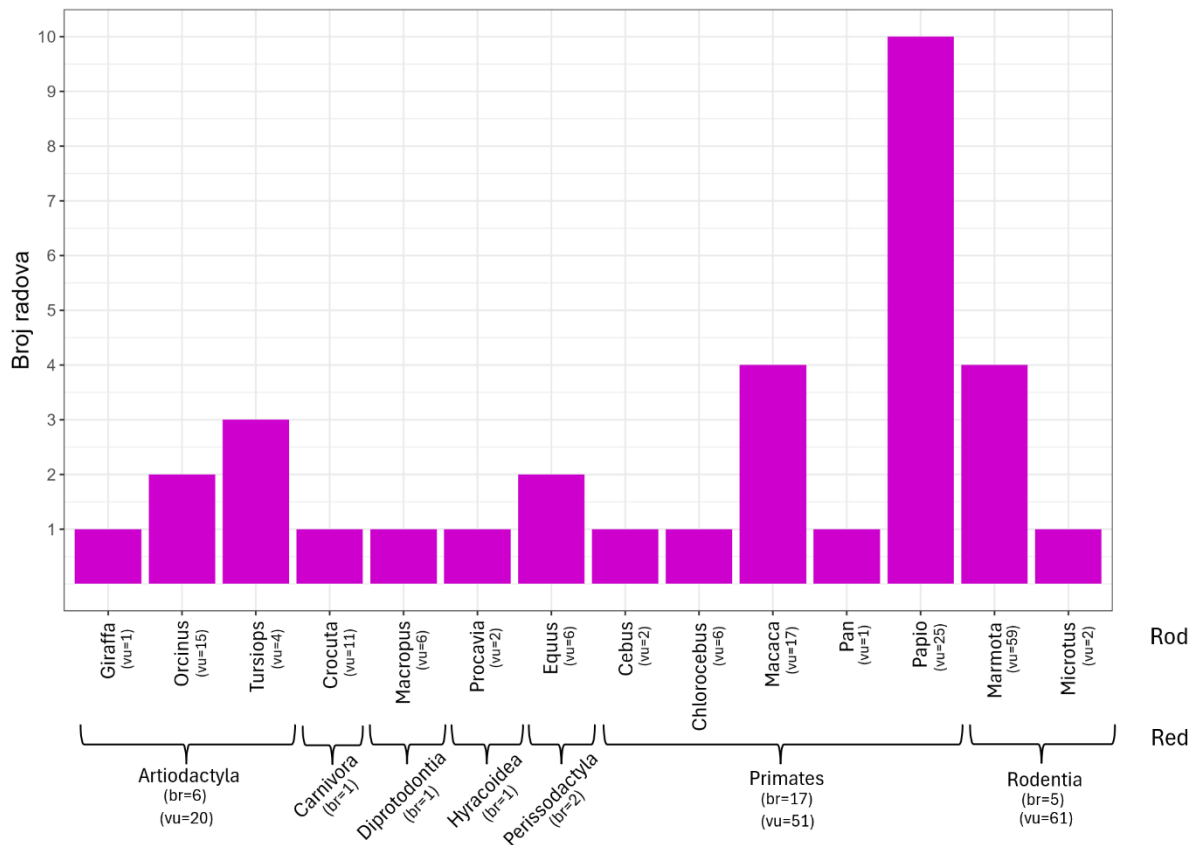
4.2. Opis relevantnih studija

U meta-analizu su ušla 33 rada (Prilog 2.) te su svi izrađeni na engleskom jeziku i bazirani na observacijskim studijama (u pretragu sam uključila i eksperimentalne studije ali niti jedna takva nije odgovarala ostalim kriterijima). Radovi su napravljeni na 19 vrsta sisavaca (Tablica 3.) koji spadaju u 14 rodova i 7 redova (Slika 8.).

Tablica 3. Broj uključenih radova i veličina učinaka po vrstama unutar redova. Zbog jednostavnosti prikaza dat je samo latinski naziv vrste

Red	Vrsta	Broj radova	Broj veličina učinaka
Artiodactyla	<i>Giraffa camelopardalis</i>	1	1
	<i>Orcinus orca</i>	2	15
	<i>Tursiops aduncus</i>	3	4
Carnivora	<i>Crocuta crocuta</i>	1	11
Diprotodontia	<i>Macropus giganteus</i>	1	6
Hyracoidea	<i>Procavia capensis</i>	1	2
Perissodactyla	<i>Equus caballus</i>	2	6
Primates	<i>Cebus capucinus</i>	1	2
	<i>Chlorocebus pygerythrus</i>	1	6
	<i>Macaca assamensis</i>	1	1
	<i>Macaca mulatta</i>	1	9
	<i>Macaca sylvanus</i>	2	7
	<i>Pan troglodytes</i>	1	1
	<i>Papio cynocephalus</i>	3	6
	<i>Papio kindae</i>	1	3
	<i>Papio papio</i>	1	2
<i>Papio ursinus</i>	5	14	
Rodentia	<i>Marmota flaviventer</i>	4	59
	<i>Microtus ochrogaster</i>	1	2
Ukupni zbroj		33	157

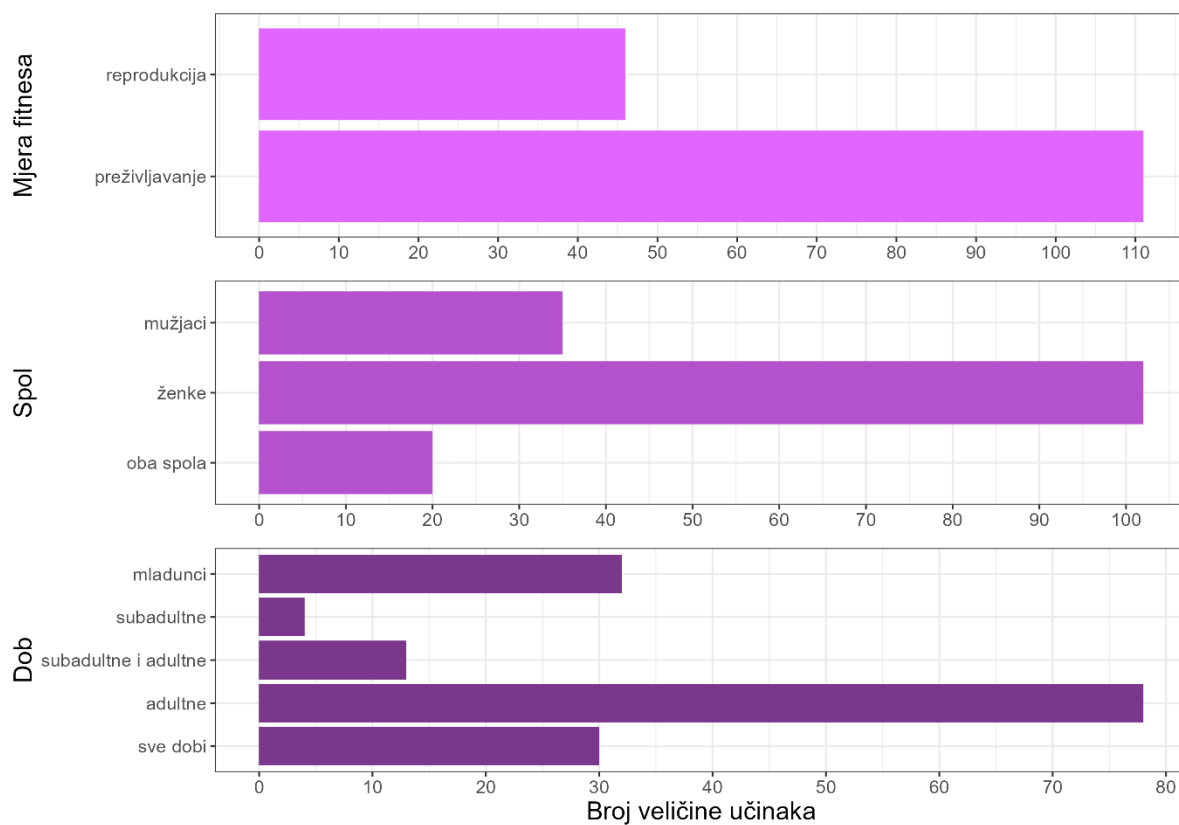
Najveći broj radova napravljen je na primatima (17 radova), od čega čak 10 na rodu *Papio* i od toga 5 na vrsti *Papio ursinus* (Kerr, 1792). Najveći je pak broj veličine učinaka dobiven na glodavcima (61), od toga 59 veličina učinaka je na rodu *Marmota*, koji većina dolaze iz jednog rada (njih čak 44).



Slika 8. Broj radova po rodu i redu istraživanih vrsta; "vu" je broj veličine učinka, dok je "br" ukupan broj radova po redu

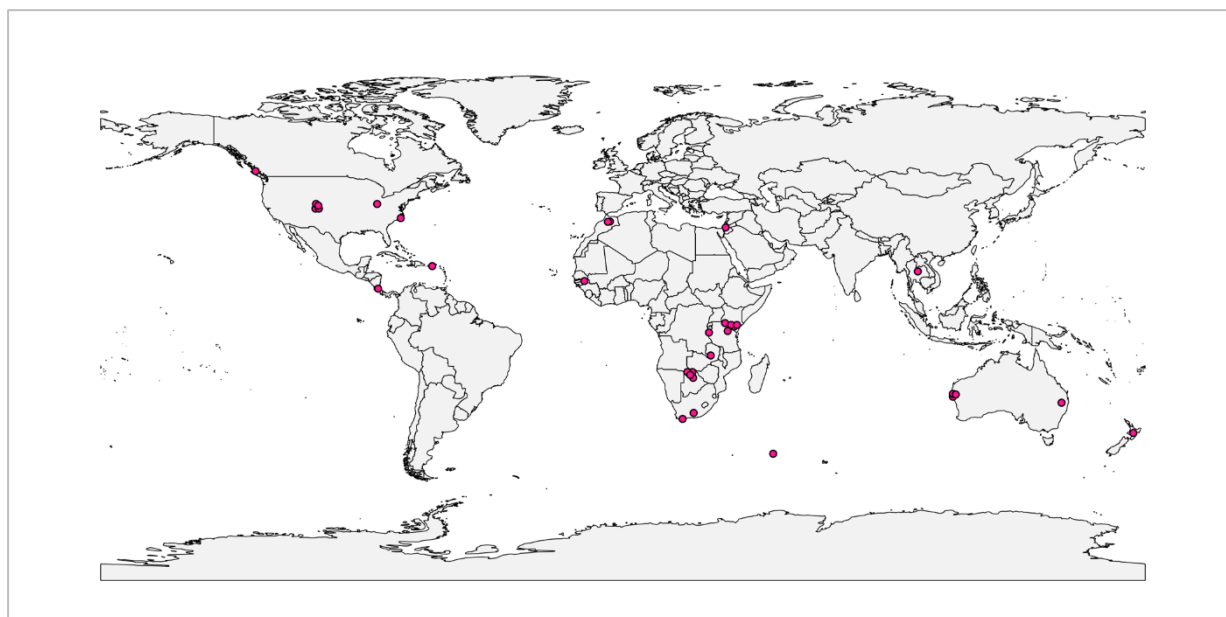
Najveći broj veličine učinaka dolazi iz radova koji su svoje istraživanje bazirali na adultnim ženjkama (Slika 9.), međutim ima dovoljno podataka i o mužjacima te mladuncima i subadultnim jedinkama, te su oni u model uključeni kao kategorije dvaju moderatora – spolu i dobi jedinke.

Tipovi i metode mjerenja fitnesa jako su se razlikovali od rada do rada, te sam ih pri statističkoj analizi pojednostavila na dva tipa mjere fitnesa: preživljavanje i reprodukciju. Tip mjere fitnesa koji je bio zastupljen u većem broju veličina učinaka je preživljavanje jedinke (Slika 8.).



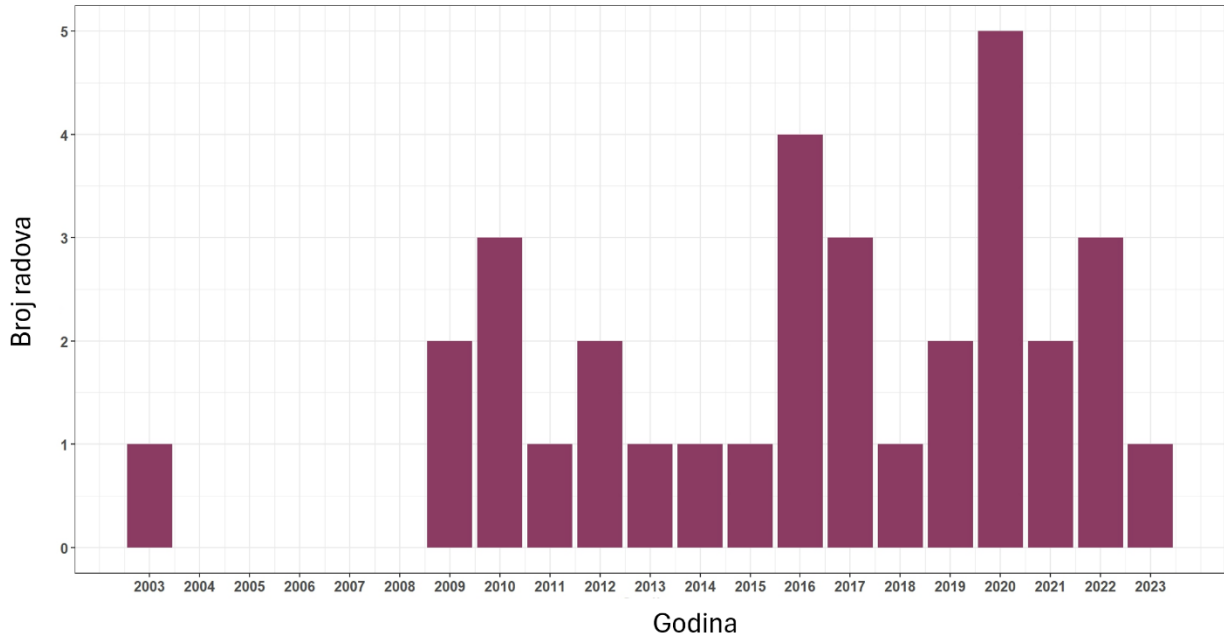
Slika 9. Broj veličine učinaka po korištenoj mjeri fitnesa, spolu i dobi istraživane jedinke

Što se tiče lokacije istraživanja, najveći broj radova napravljen je na populacijama u Africi i Sjevernoj Americi (Slika 10.).



Slika 10. Lokacije istraživanih populacija. Svaka točka predstavlja jedan znanstveni rad

Najranije objavljen rad je iz 2003., a najkasniji iz 2023. godine (u kojoj je proveden sistematski pregled literature). Iz grafa na Slici 11. možemo vidjeti da je najveći broj radova objavljen u zadnjih nekoliko godina.



Slika 11. Broj radova uključenih u ovu meta-analizu po godinama objavljivanja

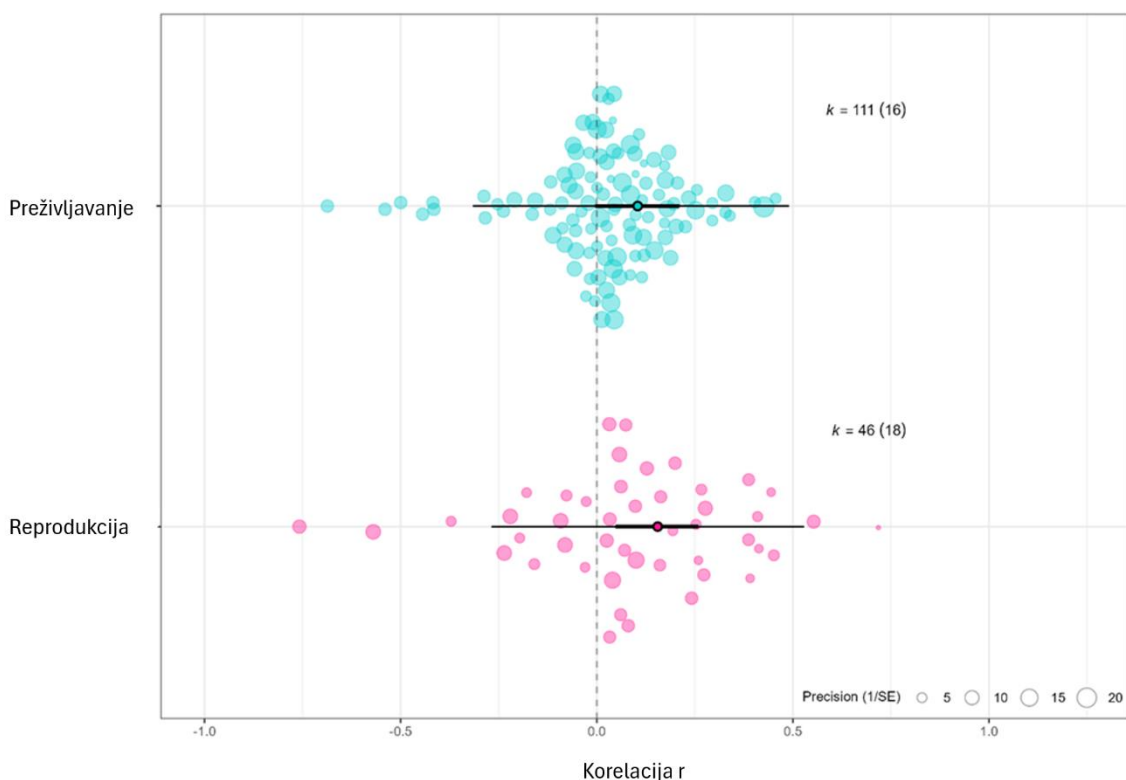
4.3. Povezanost socijalnih značajki i fitnesa

Globalni učinak (ukupan učinak bez moderatora) ustvrdila sam linearnim modelom (AIC=1,4316) s uključenim slučajnim učincima („random effects“) „Paper ID“, „Population ID“ i „Latin name“. Njime je objašnjeno 81,02% heterogenosti među studijama. Globalni učinak je 0,1292, s intervalima pouzdanosti 0,372 i 0,2189 te p-vrijednosti 0,0063.

Testom heterogenosti ustvrdila sam da jako mali dio heterogenosti dolazi od slučajnog učinka „Population ID“ ($I^2=5,404579$), te sam zato provela model u kojemu je on isključen. Ovaj novi model sa samo dva slučajna učinka: „PaperID“ i „Latin name“, pokazao se kao bolji (AIC=-0,5451). Njime smo objasnili 80,99% heterogenosti. Globalni učinak je 0,1299, s intervalima pouzdanosti 0,0386 i 0,2190 te p-vrijednosti 0,0057.

4.3.1. Preživljavanje i reprodukcija

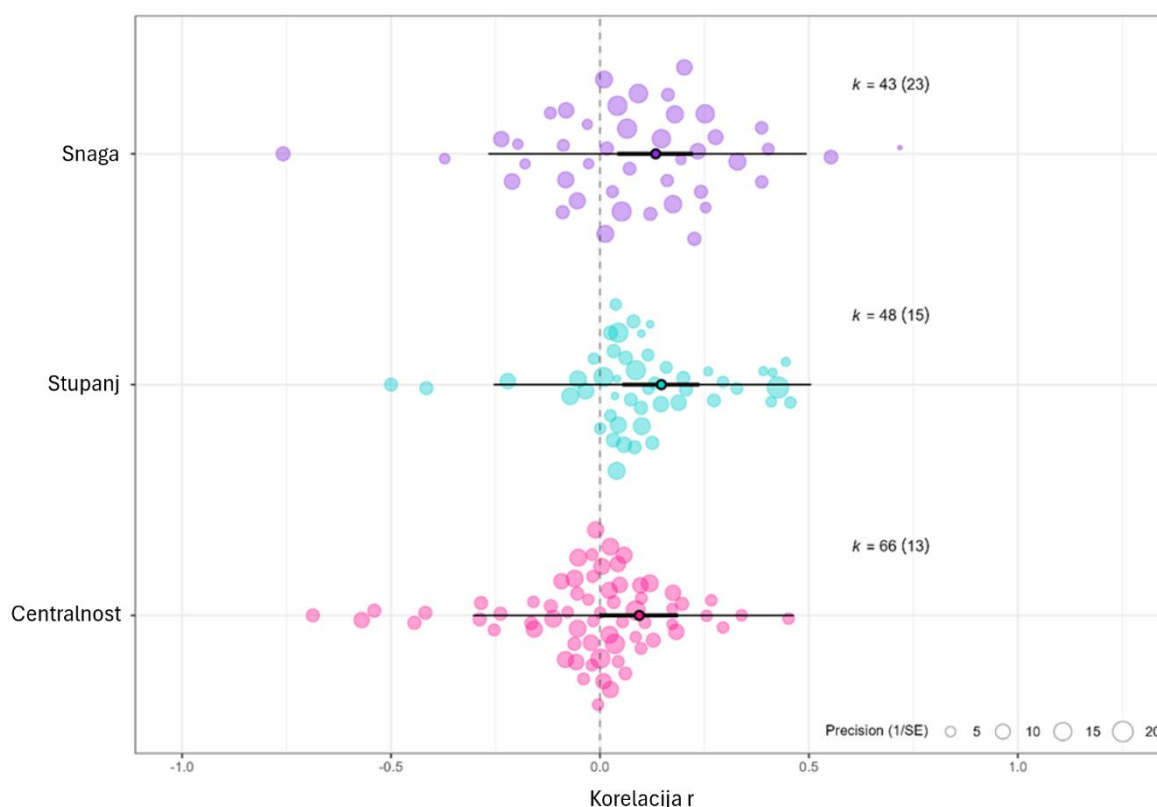
Provela sam model gdje je moderator tip mjere fitnesa s kategorijama preživljavanje i reprodukcija (Slika 12.). Model je pokazao da postoji pozitivan statistički značajan utjecaj socijalnih značajki jedinke na reprodukciju (učinak= 0,1552, intervali pouzdanosti = 0,0478 i 0,2592, p-vrijednost= 0,0051). Dok je utjecaj socijalnih značajki jedinke na preživljavanje pozitivan, ali ne i statistički značajan (učinak= 0,1042, intervali pouzdanosti = -0,0043 i 0,2104, p-vrijednost= 0,0597).



Slika 12. Meta-regresija utjecaja socijalnih značajki na preživljavanje i reprodukciju jedinke. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost

4.3.2. Tip socijalnih značajki

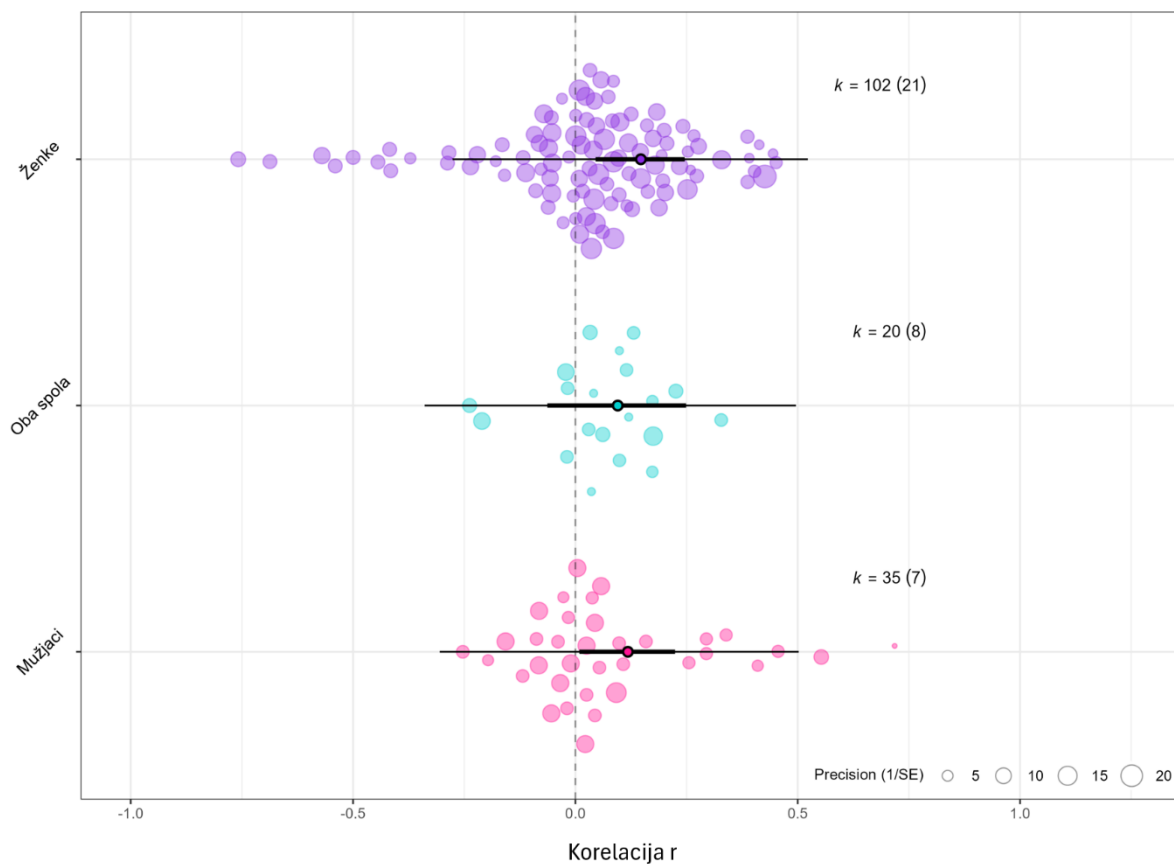
Meta-regresijom s tipovima socijalnih značajki kao moderatorom ustvrdila sam da snaga te stupanj socijalne veze imaju nešto pozitivniji te statistički značajniji učinak na fitness jedinke od centralnosti (Slika 13.). Za snagu socijalne veze učinak je 0,1335, s intervalima pouzdanosti 0,0419 i 0,2228, te p-vrijednosti 0,0047. Za stupanj socijalne veze učinak je 0,1471, s intervalima pouzdanosti 0,0533 i 0,2382 te p-vrijednosti 0,0024. Dok je za centralnost učinak 0,0941, s intervalima pouzdanosti 0,0002 i 0,1864 te p-vrijednosti 0,0494.



Slika 13. Meta-regresija utjecaja tipa socijalnih značajki na fitness jedinke. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost

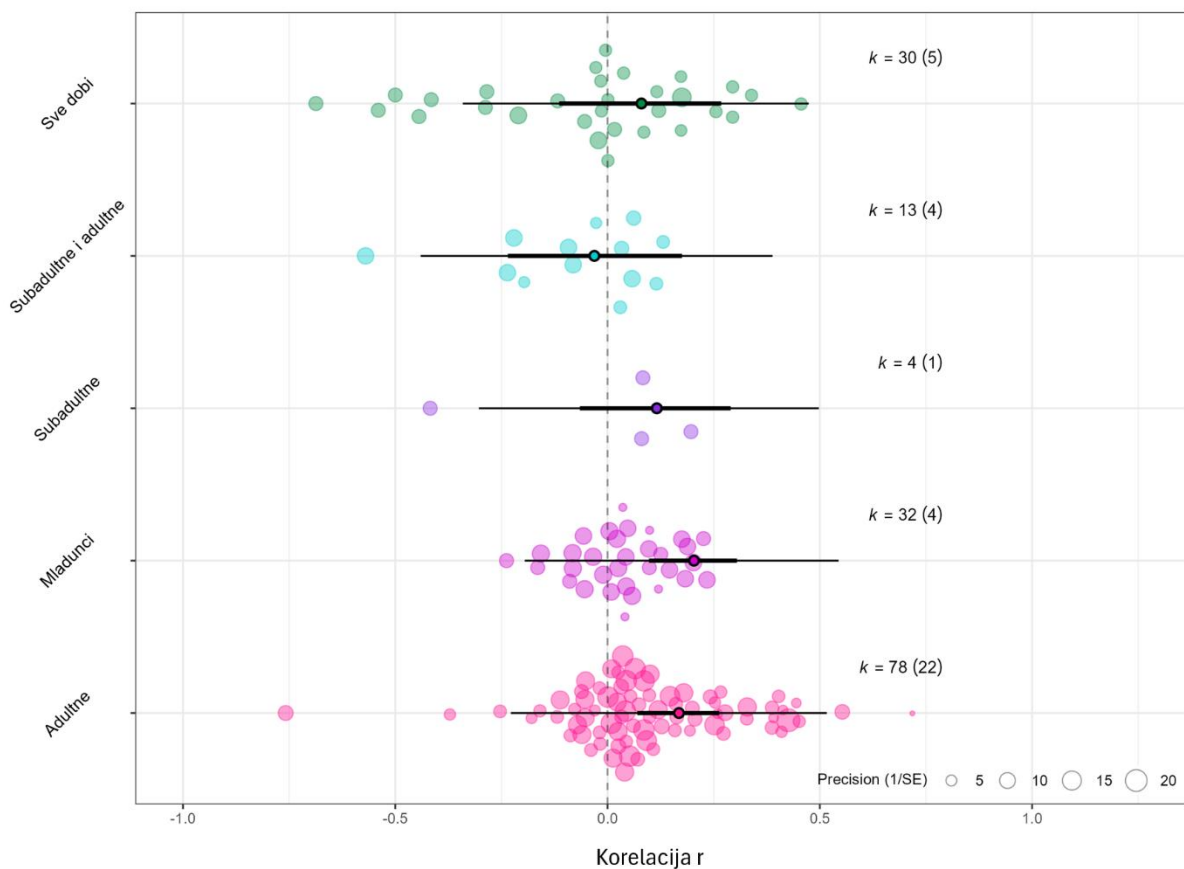
4.3.3. Moderator na razini jedinke

Slijede meta-regresije s moderatorima na razini jedinke: dob i spol istraživane jedinke te spol jedinke s kojom je u socijalnoj interakciji. Jačina učinka socijalnih značajki na fitness nešto je pozitivnija i statistički značajnija kod ženki (učinak=0,1472, intervali pouzdanosti =0,0454 i 0,2460, p-vrijednost=0,0050) nego kod mužjaka (učinak=0,1180, intervali pouzdanosti =0,0091 i 0,2242, p-vrijednost=0,0340), dok učinak za radove koji zajedno grupiraju oba spola nije statistički značajan (učinak=0,0952, intervali pouzdanosti =-0,0631 i 0,2489, p-vrijednost=0,2363) (Slika 14.).



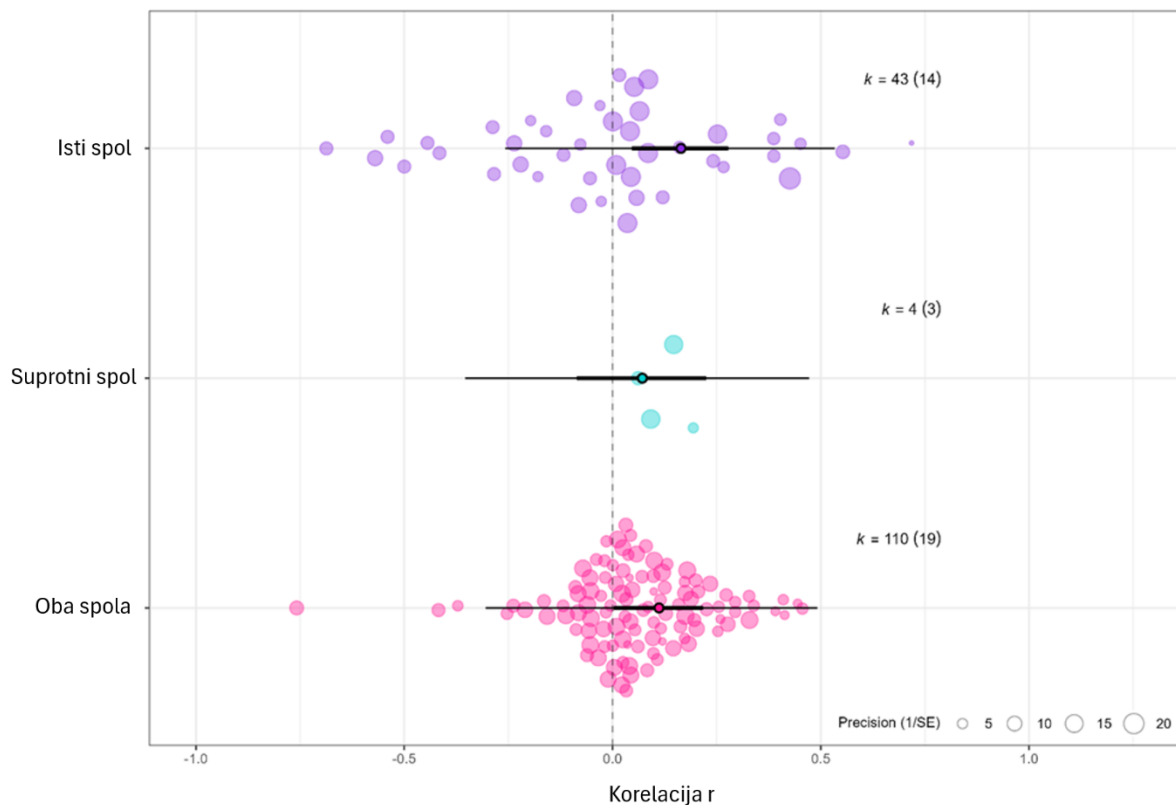
Slika 14. Meta-regresija utjecaja spola jedinke na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke. „Oba spola“ je korišteno kada su jedinke istraživanje zajedno bez odvojeno izraženih učinaka po spolu. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinaka na kojima je istraživanje bazirano.. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedini moderator, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za moderator. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogućiti bolja vidljivost

Moderator dobi jedinke pokazao je pozitivan i statistički značajan učinak kod adultnih jedinki (učinak= 0,1682, intervali pouzdanosti= 0,0700 i 0,2631, p-vrijednost= 0,0010) i mladunaca (učinak= 0,2631, intervali pouzdanosti= 0,0976 i 0,3048, p-vrijednost= 0,0002). Socijalne karakteristike nisu pokazale učinak kod ostalih dobnih skupina – subadultnih jedinki (učinak=0,1160, intervali pouzdanosti= -0,0653 i 0,2899, p-vrijednost=0,2076), grupiranim zajedno subadultnih i adultnih (učinak= -0,0311, intervali pouzdanosti= -0,2347 i 0,1753, p-vrijednost=0,7684) te grupiranih svih dobi (učinak=0,0798, intervali pouzdanosti= -0,1141 i 0,2679, p-vrijednost=0,4179) (Slika 15.)



Slika 15. Meta-regresija utjecaja dobi jedinke na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost

Jačina učinka socijalnih značajki na fitness u odnosu na spol jedinke s kojom je istraživana jedinka u interakciji pokazuje pozitivan i statistički značajan rezultat kod interakcija s jedinkama istog spola (učinak=0,1645, intervali pouzdanosti=0,0462 i 0,2782, p-vrijednost=0,0069) i interakcija s jedinkama oba spola (učinak=0,1117, intervali pouzdanosti=0,0032 i 0,2177, p-vrijednost=0,0438). Kod socijalnih veza s jedinkama suprotnog spola (učinak=0,0716, intervali pouzdanosti= -0,0856 i 0,2253, p-vrijednost=0,3698) ne postoji statistička značajnost (Slika 16).

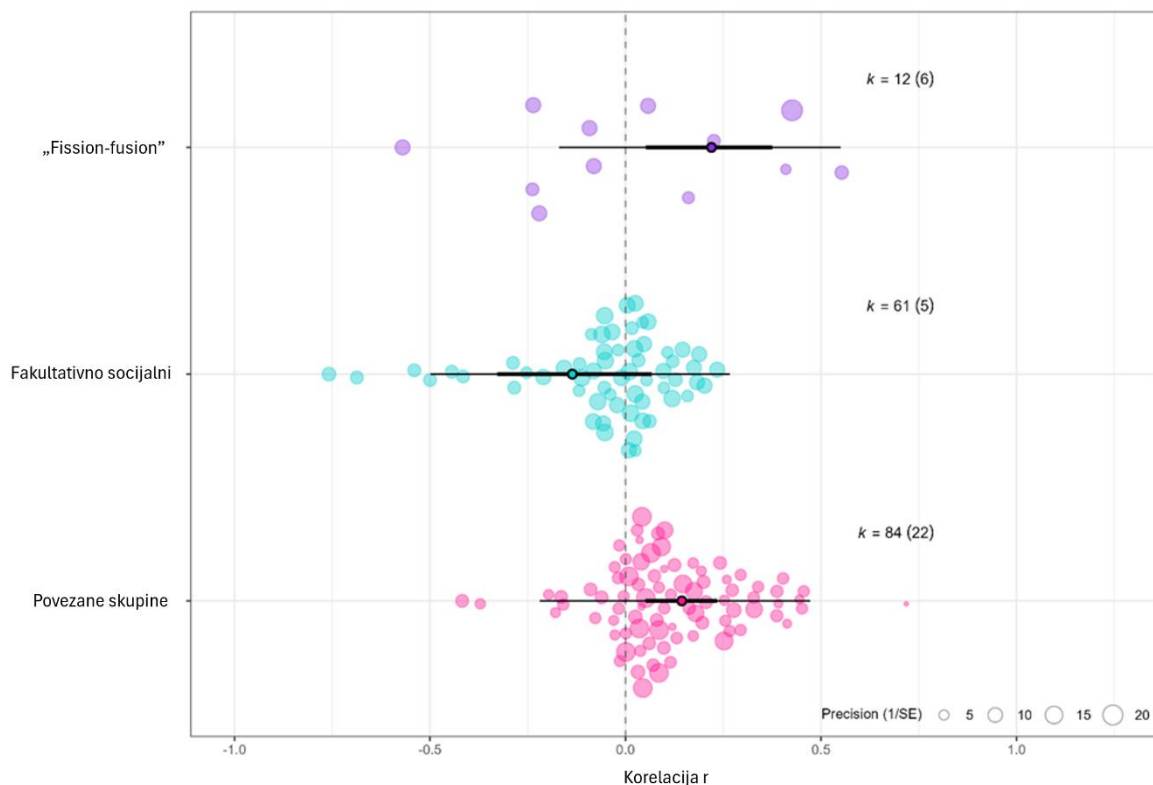


Slika 16. Meta-regresija utjecaja spola jedinke s kojom je istraživana jedinka u socijalnoj interakciji na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke. „Oba spola“ je korišteno kada su jedinke istraživanje u interakciji sa svim drugim jedinkama bez odvojeno izraženih učinaka po spolu. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost

4.3.4. Moderatori na razini vrste

Moderatori na razini vrste koje smo uključili su stupanj socijalnosti i sustav parenja. Jačina učinka socijalnih značajki na fitness u odnosu na stupanj socijalnosti pokazao se pozitivan i statistički značajan kod vrsta koje žive u „fission-fusion“ grupama (učinak= 0,2200, intervali pouzdanosti= 0,0523 i 0,3755, p-vrijednost= 0,0108) te onih u povezanim skupinama (učinak= 0,1439, intervali pouzdanosti= 0,0510 i 0,2344, p-vrijednost= 0,0027). Kod fakultativno socijalnih vrsta učinak je negativan, ali bez statističke značajnosti (učinak= -0,1360, intervali pouzdanosti= -0,3282 i 0,0670, p-vrijednost= 0,1871) (Slika 17.).

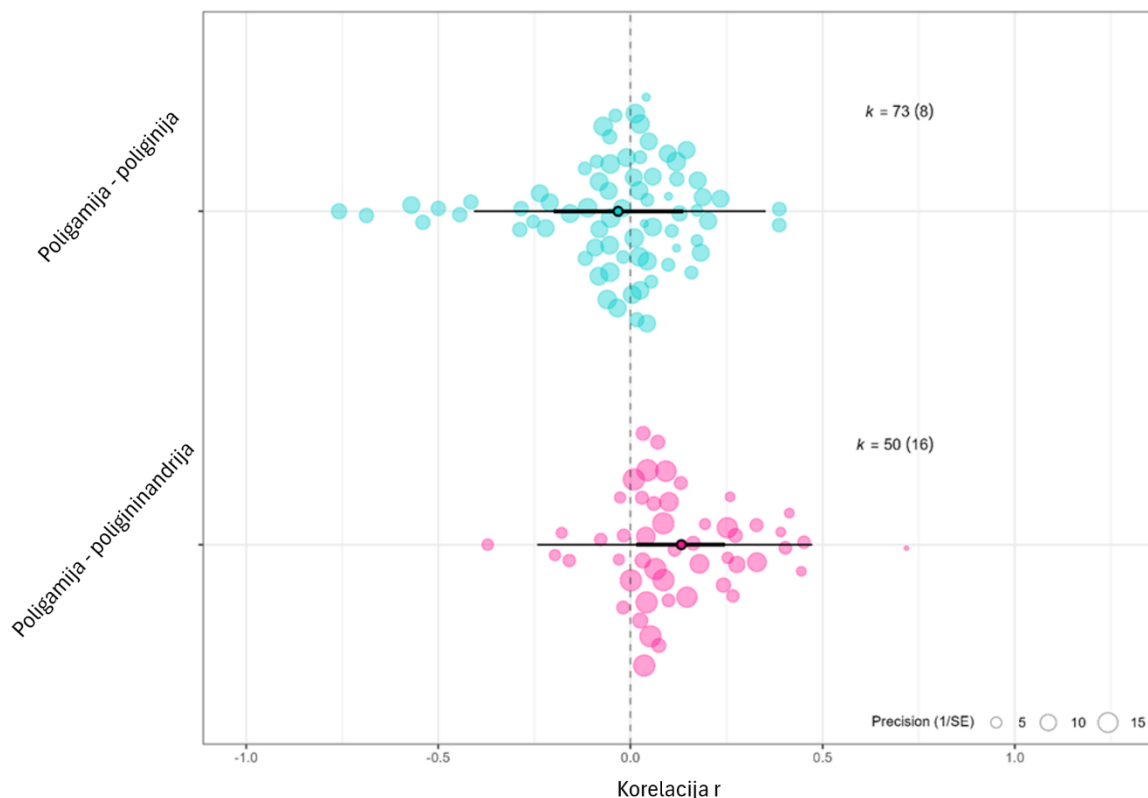
Potaknuta ovom razlikom ponovila sam sve prethodne modele isključujući podatke za fakultativno socijalne vrste. Rezultati su većinom bili slični s nešto većom značajnošću (Prilog 3.-9.), ali je jačina učinka bila značajna i za preživljavanje (a ne samo reprodukciju), te mladunci nisu imali značajan učinak.



Slika 17. Meta-regresija utjecaja stupnja socijalnosti na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost

Sustav parenja opisala sam kao pet kategorija: monogamija, poligamija-poliandrija, poligamija-poliginija, poligamija-poliginandrija i promiskuitetnost. Međutim, u meta-regresiju sam uključila samo kategorije poligamija-poliginija i poligamija-poliginandrija, jer su sve ostale kategorije imale nijedan ili jako malo radova izrađenih na njima.

Jačina učinka socijalnih značajki na fitness u odnosu na sustav parenja je pozitivna i statistički značajna kod poliginandrije (učinak=0,1325, intervali pouzdanosti=0,0151 i 0,2463, p-vrijednost=0,0274), dok je negativna ali bez statističke značajnosti kod poliginije (učinak=-0,0322, intervali pouzdanosti=-0,1998 i 0,1372, p-vrijednost=0,7089) (Slika 18.).



Slika 18. Meta-regresija utjecaja sustava parenja na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost

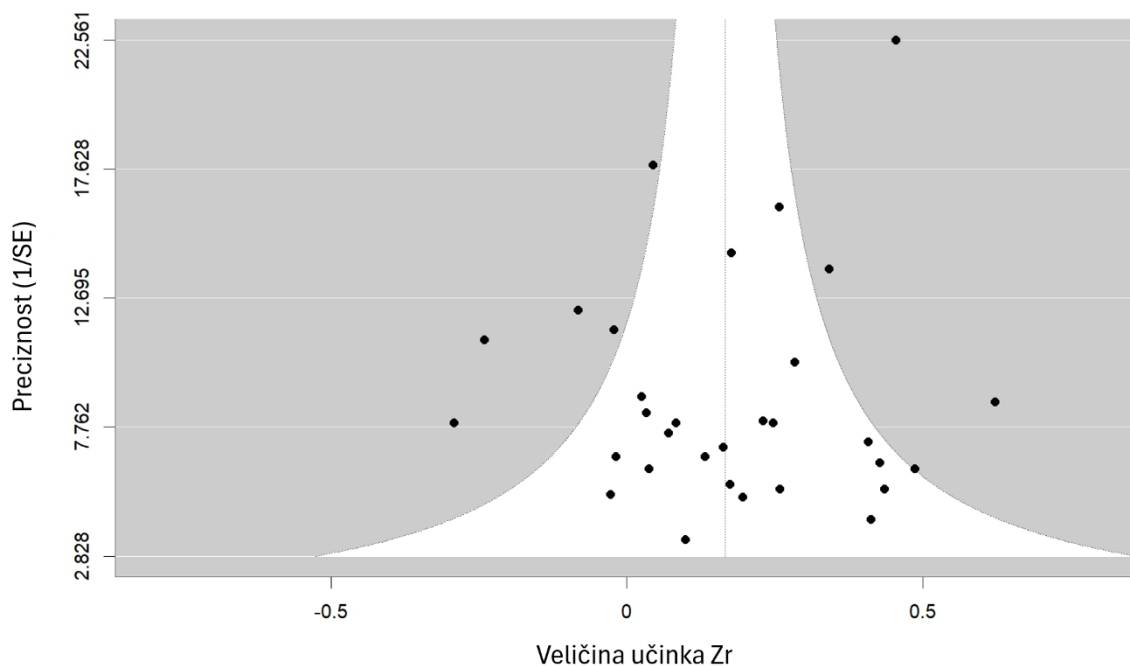
4.3.5. Moderator na razini okoliša

Namjeravala sam kao moderator uključiti i mjeru uvjeta okoliša, kojim bih obuhvatila utjecaje poput dostupnosti i raspoređenosti resursa, ekstremnog okoliša i katastrofalnih događaja. Međutim, takvi su podatci navedeni samo u 5 radova pa nisam provela ovu analizu .

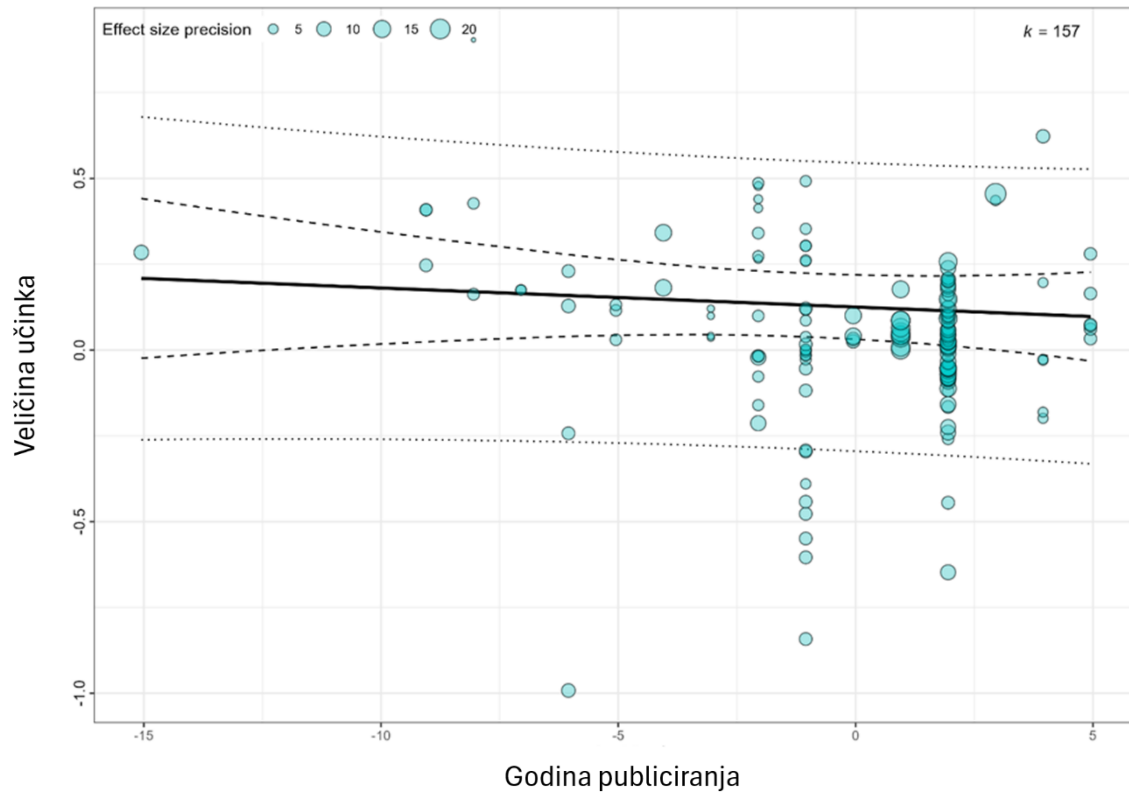
Kao opis okoliša u radovima su korišteni termini: ekstremno hladne zime, godine s većom i manjom dostupnosti hrane, rizik od infanticida te nemogućnost kontakta s grupom nakon izbacivanja.

4.3.6. Pristranost objavljivanja

Egger-ova regresija je pokazala da nije prisutan učinak malih studija (p-vrijednost= 0,5736) (Slika 19.). Utjecaj godine izdavanja na veličinu učinka nije detektiran u glavnom modelu (Slika 20.), ali u modelu bez fakultativno socijalnih vrsta fitnes jedinke pada s godinama (Prilog 11.).



Slika 19. Mjera pristranosti objavljivanja izražena „Funnel plot“-om jačine učinka po veličini studije s nasumično izabranim jednim brojem veličine učinka iz svake studije. Svaka točka predstavlja jednu veličinu učinka



Slika 20. Veličina učinka ovisno o godini publiciranja. Podebljana linija je procijenjeni koeficijent korelacije, iscrtkane linije su 95%-tni intervali pouzdanost, a istočkane linije intervali predikcije. Točke predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, a veličine točaka su definirane veličinom uzorka; „k“ je ukupan broj veličine učinaka. Godine objavljivanja su standardizirane tako da je prosječna godina objave oduzeta od svake pojedine godine u podatkovnom setu

5. RASPRAVA

Ovo istraživanje je prvi sistematski pregled i meta-analiza literature objavljene na engleskom jeziku a koje se bavi kvantifikacijom utjecaja socijalnih značajki na fitnes kod sisavaca. Na tematiku utjecaja socijalnosti na fitnes kod sisavaca objavljen je samo jedan pregledni rad - Snyder-Mackler i sur. 2020. U ovom radu zaključeno je da postoji pozitivna povezanost između socijalne integracije i preživljavanja, kao i između socijalnog položaja i preživljavanja. Istaknuto je da su vrijednosti učinka socijalne integracije i socijalnog položaja na preživljavanje vrlo slični kod ljudi i kod divljih populacija sisavaca. Iznimka su fakultativno socijalne vrste kod kojih postoji manje značajna ili čak negativna povezanost socijalne integracije i preživljavanja. Autori su također uočili da je dio istraživanja socijalne integracije napravljen na vrlo malom uzorku, te da neke nisu u obzir uzele veličinu ili gustoću populacije. Istaknuli su i taksonomsku pristranost literature vezane uz socijalni položaj, gdje je najveći broj radova objavljen na primatima.

U mojem istraživanju ustvrdila sam da postoji generalno pozitivan statistički značajan utjecaj socijalnih značajki na fitnes jedinke, te da je utjecaj socijalnih značajki veći (i statistički značajan) na reprodukciju nego na preživljavanje. Jedan od razloga zašto je učinak manji za preživljavanje može biti jer centralne jedinke te jedinke s većim bojem kontakata mogu imati veći rizik od prijenosa bolesti, razvoja socijalnog stresa i sl. (Snyder-Mackler i sur. 2020). Pozitivan utjecaj socijalnih značajki vjerojatno odražava povećanu pomoć u podizanju mladunaca te smanjen rizik od napada na mladunce (Thompson 2019). Bolje povezane jedinke također će lakše podizati mladunce ukoliko imaju pomoć kroz suradnju u osiguravanju resursa (Thompson 2019, Bailey i sur. 2013). Jake socijalne veze mogu utjecati na formiranje udruženja jedinki a koje rezultira višim stupnjem dominacije i većom reprodukcijom (Schülke i sur. 2010). Jače povezane jedinke se bolje razvijaju – i u socijalnom i fizičkom pogledu, što kasnije utječe na njihovu sposobnost reprodukcije (Kaburu 2016).

Svi tipovi socijalnih značajki pokazali su pozitivan i statistički značajan učinak. Snaga socijalne veze te stupanj socijalne veze imaju nešto pozitivniji te statistički značajniji učinak na fitnes jedinke od centralnosti. To može biti zato što su centralne jedinke izloženiije bolestima i predatorima, imaju veći socijalni stres te veću vjerojatnost za dolazak u sukobe (Snijders i sur. 2014).

Moja analiza je pokazala da je utjecaj socijalnih značajki veći kod ženki nego mužjaka, te kod mladih nego kod odraslih jedinke. Socijalnost je možda važnija za ženke zbog brige o

mladuncima (Rendell i sur. 2019), te zbog toga što u brojnih sisavaca ženke žive duže od mužjaka (Lemaitre 2020). Ali moguće je i da je do veće razlike u učincima došlo zbog većeg uzorka na ženka (ženke: broj veličine učinaka=102, broj studija=21; mužjaci: broj veličine učinaka=35, broj studija=7).

Pozitivan utjecaj socijalnih značajki na fitness isto je tako veći kod mladih nego odraslih jedinki. Mladuncima je socijalna povezanost iznimno važna za razvoj te za buduće uspostavljanje socijalnih veza te je zato kod njih utjecaj na fitness vjerojatno veći nego kod starijih jedinki (Bekoff 1972, Cushing i Kramer 2005, Schiel i Huber 2006, Turner i sur. 2020). Naglašavam da je broj veličine učinaka bio prilično mali za sve kategorije osim adultnih jedinki i mladunaca, s najmanjim uzorkom za subadultne jedinke (broj veličine učinaka=4, broj radova=1), za koje također nije nađen nikakav učinak na fitness.

Socijalne značajke jedinki vezane za interakcije s istim spolom imaju pozitivan i statistički značajan učinak na fitness, a one sa suprotnim spolom (ali izvan konteksta razmnožavanja) ne pokazuju statističku značajnost. Ovo može biti uzrokovano malim brojem studija koje su proučavale veze s jedinkama suprotnog spola (samo tri studije).

Na razini vrste, moja meta-analiza je pokazala da stupanj socijalnosti imao pozitivan i statistički značajan učinak na fitness kod „fission-fusion“ vrsta te vrsta koje žive u povezanim skupinama, te negativan učinak kod fakultativno socijalnih vrsta (iako bez statističke značajnosti). Ovo se podudara s rezultatima iz Snyder-Mackler i sur. 2020. Uzimajući u obzir ovu razliku kod fakultativno socijalnih vrsta napravila sam ponovno sve dosadašnje modele s isključenim fakultativno socijalnim vrstama. U ovom promijenjenom modelu, jačine učinaka su generalno bile nešto veće i pozitivnije. Jačina učinaka je bila značajna i za preživljavanje, a ne samo reprodukciju. Jačina učinka je također bila pozitivna i statistički značajna i za mužjake i za ženke, s nešto većom jačinom učinka kod mužjaka. Međutim, kod odnosa dobi jedinke mladunci nisu pokazali statistički značajan učinak kao u prethodnom modelu. Također, u ovom modelu jačina učinka socijalnih značajki na fitness jedinke pada s godinama.

Studije provedene na poliginandričnim vrstama generalno su zabilježile pozitivan učinak socijalnih značajki na fitness, dok je učinak bio negativan kod poligininih vrsta (ali bez statističke značajnosti).

Postoji pretpostavka da su promjene socijalnih značajki one koje donose najveći utjecaj na fitness (Rankin 2022), a ne same vrijednosti značajki. Ovime se nisam bavila unutar svojeg

istraživanja, ali je vrlo zanimljivo pitanje za neka buduća istraživanja i meta-analize. Bilo bi zanimljivo usporediti takvu meta-analizu s ovom.

U trenutnoj literaturi postoje brojne nepoznanice i pristranosti. Najveći je broj radova napravljen na vrstama iz reda primati, od kojih većina spada i u isti rod – *Papio*. Za sveobuhvatnije razumijevanje socijalnosti kod sisavaca bilo bi potrebno provesti istraživanja i na drugim svojcima. Potom, manji je broj radova napravljen na mužjacima i na neadultnim jedinkama, što nam ograničava razumijevanje utjecaja demografskih značajki na učinak socijalnih značajki na fitness. Lokacije na kojima obitavaju istraživane populacije također manjkaju u raznolikosti s većinom populacija smještenih u Africi i Sjevernoj Americi. Prema karakteristikama vrste, istraživanja su u malom broju napravljena na monogamnim, promiskuitetnim i poliandričnim, te kratkoživućim vrstama. Također je najveći broj radova objavljen relativno nedavno, ali ovo bih pripisala još uvijek razvijajućim metodama i analizama za mjerenje socijalnih mreža.

6. ZAKLJUČAK

Ustvrdila sam da kod sisavaca postoji generalna pozitivna statistički značajna povezanost između socijalnih značajki jedinke i njezinog fitnesa.

Postoji razlika u jačini učinka povezanosti socijalnih značajki za odvojene sastavnice fitnesa (preživljavanje i reprodukciju). Postoji pozitivan statistički značajan utjecaj socijalnih značajki jedinke na reprodukciju, dok je utjecaj na preživljavanje pozitivan ali bez statističke značajnosti. Međutim, kada se iz modela isključe fakultativno socijalne vrste, jačina učinak postaje značajna i za preživljavanje.

Različit učinak utjecaja socijalnih značajki na fitnes zabilježen je u odnosu na spol jedinke (kod ženki postoji veći učinak), dob jedinke (veći učinak postoji kod adultnih jedinki i mladunaca), spol jedinke koja je u interakciji s istraživanom jedinkom (veći učinak kod interakcija s jedinkama istoga spola), sustav parenja (učinak je veći kod poliginandričnih vrsta), tip istraživanih socijalnih značajki (nešto manji učinak centralnosti) te stupanj socijalnosti (učinak nije značajan za fakultativno socijalne vrste).

Također sam uočila da u trenutnoj literaturi nedostaje raznolikosti u istraživanjima; najveći broj radova napravljen je na redu primati te na adultnim ženka. Lokacije istraživanja su najčešće u Africi i Sjevernoj Americi, a vrste su većinom poligamne te dugoživuće.

Naglasak budućih istraživanja trebao bi biti na povećavanju raznolikosti studija te istraživanju socijalnih značajki i njihovog utjecaja na fitnes kod što većeg broja vrsta sisavaca, kao i istraživanje mehanizama koji dovode do pozitivnog učinka socijalnih značajki na fitness.

7. LITERATURA

Animalia bio (2023) <https://animalia.bio/highly-social> (pristupljeno: 4.12.2023.)

Bailey, I., Myatt, J.P. i Wilson, A.M. (2013): Group hunting within the Carnivora: physiological, cognitive and environmental influences on strategy and cooperation. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 67(1), str. 1–17.

Bekoff, M. (1972): The development of social interaction, play, and metacommunication in mammals: an ethological perspective. *The Quarterly Review of Biology*, 47, str. 412 - 434.

Brown, J., Marquet, P. i Taper, M. (1993): Evolution of body size: consequences of an energetic definition of fitness. *The American Naturalist*, 142, str. 573 - 584.

Burgin, C.J., Colella, J.P., Kahn, P.L. i Upham, N.S. (2018): How many species of mammals are there? *Journal of Mammalogy*, 99(1), str. 1–14.

Connor, R.C., Heithaus, M.R. i Barre, L.M. (2001): Complex social structure, alliance stability and mating access in a bottlenose dolphin ‘super-alliance’. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1464), str. 263–267.

Croft, D., Darden, S. i Wey, T. (2016): Current directions in animal social networks. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 12, str. 52-58.

Cushing, B. i Kramer, K. (2005): Mechanisms underlying epigenetic effects of early social experience: The role of neuropeptides and steroids. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 29, str. 1089-1105.

Davis, G., Crofoot, M. i Farine, D. (2018): Estimating the robustness and uncertainty of animal social networks using different observational methods. *Animal Behaviour*, 141, str. 29-44.

Ebensperger, L., Rivera, D. i Hayes, L. (2012): Direct fitness of group living mammals varies with breeding strategy, climate and fitness estimates.. *The Journal of animal ecology*, 81 (5), str. 1013-23.

Eggeman, S., Hebblewhite, M., Bohm, H., Whittington, J. i Merrill, E. (2016): Behavioural flexibility in migratory behaviour in a long-lived large herbivore. *The Journal of animal ecology*, 85 (3), str. 785-97.

Egger, M., Smith, G.D., Schneider, M. i Minder, C. (1997): Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *Brit Med J.*, 315(7109), str. 629–634.

Farine, D.R. i Whitehead, H. (2015): Constructing, conducting and interpreting animal social network analysis. *J Anim Ecol*, 84: str. 144-1163.

Fisher, D.N. i McAdam, A.G. (2017): Social traits, social networks and evolutionary biology. *Journal of Evolutionary Biology*, 30(12), str. 2088–2103.

Foo, Y.Z., O’Dea, R.E., Koricheva, J., Nakagawa, S. i Lagisz, M. (2021): A practical guide to question formation, systematic searching and study screening for literature reviews in ecology and evolution. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(9), str. 1705–1720.

Gartland, L.A., Firth, J.A., Laskowski, K.L., Jeanson, R. i Ioannou, C.C. (2022): Sociability as a personality trait in animals: methods, causes and consequences. *Biological Reviews*, 97(2), str. 802–816.

Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C. i McGuinness, L. A. (2022): PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis Campbell Systematic Reviews, 18: e1230.

Jürgens, K.D. (2002): Etruscan shrew muscle: the consequences of being small. *Journal of Experimental Biology*, 205(15), str. 2161–2166.

Kaburu, S.S.K., Paukner, A., Simpson, E.A., Suomi, S.J. i Ferrari, P.F. (2016): Neonatal imitation predicts infant rhesus macaque (*Macaca mulatta*) social and anxiety-related behaviours at one year. *Scientific Reports*, 6(1), str. 34997.

Kappeler, P.M., Cremer, S. i Nunn, C.L. (2015): Sociality and health: impacts of sociality on disease susceptibility and transmission in animal and human societies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1669): 20140116.

Lacy, R. (1997): Importance of Genetic Variation to the Viability of Mammalian Populations. *Journal of Mammalogy*, 78, str. 320-335.

Lemaitre, J., Ronget, V., Tidière, M., Allainé, D., Berger, V., Cohas, A., Colchero, F., Conde, D., Garratt, M., Liker, A., Marais, G., Scheuerlein, A., Székely, T. i Gaillard, J. (2020): Sex differences in adult lifespan and aging rates of mortality across wild mammals. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117, str. 8546 - 8553.

Li, Y., Shang, Y. i Yang, Y. (2017): Clustering coefficients of large networks. *Information Sciences*, 382–383, str. 350–358.

- Macri, A.M. i Patterson-Kane, E. (2011): Behavioural analysis of solitary versus socially housed snow leopards (*Panthera uncia*), with the provision of simulated social contact. *Applied Animal Behaviour Science*, 130(3–4), str. 115–123.
- McGraw, J. i Caswell, H. (1996): Estimation of Individual Fitness from Life-History Data. *The American Naturalist*, 147, str. 47 - 64.
- Nakagawa, S., Noble, D.W.A., Senior, A.M. i Lagisz, M. (2017): Meta-evaluation of meta-analysis: ten appraisal questions for biologists. *BMC Biology*, 15(1), str. 18.
- Nakagawa, S., Yang, Y., Macartney, E.L., Spake, R. i Lagisz, M. (2023): Quantitative evidence synthesis: a practical guide on meta-analysis, meta-regression, and publication bias tests for environmental sciences. *Environmental Evidence*, 12(1), str. 8.
- Neethirajan, S. i Kemp, B. (2021): Social Network Analysis in Farm Animals: Sensor-Based Approaches. *Animals : an Open Access Journal from MDPI*, 11.
- Newman, M.E.J. (2006): Modularity and community structure in networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(23), str. 8577–8582.
- Okamoto, K., Chen, W. i Li, X.Y. (2008): Ranking of Closeness Centrality for Large-Scale Social Networks. In: Preparata, F.P., Wu, X., Yin, J. (eds) *Frontiers in Algorithmics*. FAW 2008. *Lecture Notes in Computer Science*, vol 5059. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z. i Elmagarmid, A. (2016): Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1), str. 210. Dostupno na: <http://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-016-0384-4> (pristupljeno: 20 ožujak 2024).
- Pinter-Wollman, N., Hobson, E.A., Smith, J.E., Edelman, A.J., Shizuka, D., de Silva, S., Waters, J.S., Prager, S.D., Sasaki, T., Wittemyer, G., Fewell, J. i McDonald, D.B. (2014): The dynamics of animal social networks: analytical, conceptual, and theoretical advances. *Behavioral Ecology*, 25(2), str. 242–255.
- Pough, F.H., Janis, C.M. i Heiser, J.B. (2009): *Vertebrate Life*. 8th edition. Pearson Education. San Francisco
- Rankin, R., Foroughirad, V., Krzyszczyk, E., Frère, C. i Mann, J. (2022): Changes in social position predict survival in bottlenose dolphins. *bioRxiv*, doi: <https://doi.org/10.1101/2022.08.25.505273>

Rendell, L., Cantor, M., Gero, S., Whitehead, H. i Mann, J. (2019): Causes and consequences of female centrality in cetacean societies. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 374(1780): 20180066.

Richardson, W.S., Wilson, M.C., Nishikawa, J. i Hayward, R.S.A. (1995): The well-built clinical question: a key to evidence-based decisions. *ACP Journal Club*, 123(3): A12.

R: The R Project for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>. [Pristupljeno: 26. ožujak 2024].

Schiel, N. i Huber, L. (2006): Social influences on the development of foraging behavior in free-living common marmosets (*Callithrix jacchus*). *American Journal of Primatology*, 68(12), str. 1150–1160.

Schülke, O., Bhagavatula, J., Vigilant, L. i Ostner, J. (2010): Social Bonds Enhance Reproductive Success in Male Macaques. *Current Biology*, 20, str. 2207-2210.

Schulte-Hostedde, A., Millar, J. i Hickling, G. (2001): Evaluating body condition in small mammals. *Canadian Journal of Zoology*, 79, str.1021-1029.

Silk, J.B. (2007): The adaptive value of sociality in mammalian groups. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 362(1480), str. 539–559.

Silk, M.J. i Hodgson, D.J. (2021): Differentiated Social Relationships and the Pace-of-Life-History. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(6), str. 498–506.

Smith, J.E., Van Horn, R.C., Powning, K.S., Cole, A.R., Graham, K.E., Memenis, S.K. i Holekamp, K.E. (2010): Evolutionary forces favoring intragroup coalitions among spotted hyenas and other animals. *Behavioral Ecology*, 21(2), str. 284–303.

Snijders, L., Rooij, E., Burt, J., Hinde, C., Oers, K. i Naguib, M. (2014): Social networking in territorial great tits: slow explorers have the least central social network positions. *Animal Behaviour*, 98, str. 95-102.

Snyder-Mackler, N. i Lea, A. (2018): Functional genomic insights into the environmental determinants of mammalian fitness.. *Current opinion in genetics & development*, 53, str. 105-112.

Snyder-Mackler, N., Burger, J., Gaydosh, L., Belsky, D., Noppert, G., Campos, F., Bartolomucci, A., Yang, Y., Aiello, A., O'Rand, A., Harris, K., Shively, C., Alberts, S. i Tung, J. (2020): Social determinants of health and survival in humans and other animals. *Science*, 368(6493): eaax9553.

Sueur, C., Jacobs, A., Amblard, F., Petit, O. i King, A.J. (2011): How can social network analysis improve the study of primate behavior? *American Journal of Primatology*, 73(8), str. 703–719.

Thompson, N.A. (2019): Understanding the links between social ties and fitness over the life cycle in primates. *Behaviour*, 156(9), str. 859–908.

Turner, J., Robitaille, A., Bills, P. i Holekamp, K. (2020): Early life relationships matter: Social position during early life predicts fitness among female spotted hyenas. *The Journal of animal ecology*, 90(1), str. 183-196.

Uhlenbroek, D. (2008): *Animal Life*. Dorling Kindersley Limited, London.

Viechtbauer, W. (2010). Conducting Meta-Analyses in R with the metafor Package. *Journal of Statistical Software*, 36(3), str. 1–48.

Vimalajeewa, D., Balasubramaniam, S., O'Brien, B., Kulatunga, C. i Berry, D. (2019). Leveraging Social Network Analysis for Characterizing Cohesion of Human-Managed Animals. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 6, str. 323-337.

Ward, A. i Webster, M. (2016): *Sociality: the behaviour of group-living animals*. Springer, Cham. Switzerland.

Webber, Q. i Wal, E. (2019): Trends and perspectives on the use of animal social network analysis in behavioural ecology: a bibliometric approach. *Animal Behaviour*, 149, str. 77-87.

8. PRILOZI

Popis priloga:

- **Prilog 1.** Nizovi za pretraživanje u bazi Scopus i Web of Science
- **Prilog 2.** Popis znanstvenih radova uključenih u ovu meta-analizu
- **Prilog 3.** Meta-regresija utjecaja socijalnih značajki na preživljavanje i reprodukciju jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca
- **Prilog 4.** Meta-regresija utjecaja tipa socijalnih značajki na fitnes jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca
- **Prilog 5.** Meta-regresija utjecaja spola jedinke na jačinu učinka socijalnih značajki na fitnes jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca
- **Prilog 6.** Meta-regresija utjecaja dobi jedinke na jačinu učinka socijalnih značajki na fitnes jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca
- **Prilog 7.** Meta-regresija utjecaja spola jedinke s kojom je istraživana jedinka u socijalnoj interakciji na jačinu učinka socijalnih značajki na fitnes jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca
- **Prilog 8.** Meta-regresija utjecaja stupnja socijalnosti na jačinu učinka socijalnih značajki na fitnes jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca
- **Prilog 9.** Meta-regresija utjecaja sustava parenja na jačinu učinka socijalnih značajki na fitnes jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca
- **Prilog 10.** „Funnel plot“ jačine učinka po veličini studije kod socijalnih vrsta sisavaca
- **Prilog 11.** Graf veličina učinka ovisno o godini publiciranja kod socijalnih vrsta sisavaca

Prilog 1. Nizovi za pretraživanje u bazi Scopus i Web of Science

Scopus:

(TITLE-ABS-KEY (mammal* OR rodent* OR bat OR bats OR shrew* OR primate OR ape OR apes OR monkey* OR primates OR carnivora* OR bear OR bears OR lion OR lions OR tiger OR leopards* OR jaguar* OR lynx* OR puma* OR cheetah* OR panda* OR raccoons OR weasel* OR badger* OR deer OR deers OR anteater* OR sloth OR sloths OR pig OR pigs OR camel* OR biber* OR hippopotamus* OR hippo OR hippos OR wombat* OR koala* OR tapir* OR lion* OR hare OR hares OR pika* OR armadillo* OR treeshrew* OR colugo* OR whale OR whales OR dolphin* OR beluga* OR narwhal* OR mole* OR hedgehog* OR moonrat* OR cat OR cats OR wildcat* OR rabbit* OR coyote OR coyotes OR jackal* OR capybara* OR donkey OR llama* OR walrus OR possum* OR opossum* OR hyena* OR "african wild dog*" OR "painted dog" OR "cape hunting dog" OR antelope* OR gorilla* OR elephant* OR otter* OR lemur* OR flamingo* OR wildebeest* OR "sea lion*" OR wolf* OR horse* OR zebra* OR tapir* OR rhinoceros* OR seal OR seals OR degu OR baboon* OR vulture* OR fox OR foxes OR topi OR squirrel* OR tamarin* OR capuchin* OR manatee* OR macaque* OR mongoose* OR dhole* OR wallaby* OR kangaroo* OR marmot* OR hyrax* OR kusimanse* OR talapoin* OR marmoset* OR saki OR shrew* OR platypus*) AND TITLE-ABS-KEY ("Social bond*" OR "social dynamic*" OR "social deprivation" OR "social effect*" OR "social stability" OR "stability of social" OR "persistence of social" OR "strength of social" OR "social integration*" OR "social structure*" OR "social affiliation*" OR "social connection" OR "social integration" OR "social association*" OR "association strength*" OR "association stability" OR "stability of association*" OR "stable association" OR "persistence of association*" OR "persistent association" OR "association persistence" OR "association dynamic" OR "dynamic of association" OR "social relationship*" OR "relationship stability" OR "relationship persistence" OR "relationship dynamics" OR "relationship strength" OR "social interaction*" OR "stable interaction*" OR "affiliative interaction*" OR "non-reproductive interaction*" OR "interaction stability" OR "stability of interaction" OR "stable interaction" OR "interaction dynamic*" OR "strength of interactions" OR "interaction strength" OR "persistent interaction" OR "group stability" OR "group integration*" OR "social cooperation*" OR "social connection*" OR sociability OR sociality OR "social component*" OR "social tie*" OR "social facilitation*" OR friendship* OR "social capital*" OR "social partner*" OR alliances OR asocial OR "social network*" OR "social phenotype*" OR "social

trait") AND TITLE-ABS-KEY (fitness OR survival OR longevity OR lifespan OR mortality OR "live longer" OR "life expectancy" OR die OR "early growth rate*" OR fecundity OR fertility OR "mating success*" OR reproduction* OR "offspring development*" OR "age at first birth*" OR reproductive OR "litter size" OR "number of offspring*" OR "offspring number*" OR "birth rate") AND NOT TITLE-ABS-KEY (eusocial OR "naked mole rat*" OR "Damaraland mole rat*" OR "zebra fish*" OR "zebra finch*")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA,"AGRI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENVI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"MULT") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"SOCI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"VETE") OR LIMIT-TO (SUBJAREA,"Undefined")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,"English")) AND (EXCLUDE (EXACTKEYWORD,"Human")))

Web of Science:

((TS=(mammal* OR rodent* OR bat OR bats OR shrew* OR primate OR ape OR apes OR monkey* OR primates OR carnivora* OR bear OR bears OR lion OR lions OR tiger OR leopards* OR jaguar* OR lynx* OR puma* OR cheetah* OR panda* OR raccoons OR weasel* OR badger* OR deer OR deers OR anteater* OR sloth OR sloths OR pig OR pigs OR camel* OR bearer* OR hippopotamus* OR hippo OR hippos OR wombat* OR koala* OR tapir* OR lion* OR hare OR hares OR pika* OR armadillo* OR treeshrew* OR colugo* OR whale OR whales OR dolphin* OR beluga* OR narwhal* OR mole* OR hedgehog* OR moonrat* OR cat OR cats OR wildcat* OR rabbit* OR coyote OR coyotes OR jackal* OR capybara* OR donkey OR llama* OR walrus OR possum* OR opossum* OR hyena* OR "african wild dog*" OR "painted dog" OR "cape hunting dog" OR antelope* OR gorilla* OR elephant* OR otter* OR lemur* OR flamingo* OR wiledbeest* OR "sea lion*" OR wolf* OR horse* OR zebra* OR tapir* OR rhinoceros* OR seal OR seals OR degu OR baboon* OR vulture* OR fox OR foxes OR topi OR squirrel* OR tamarin* OR capuchin* OR manatee* OR macaque* OR mongoose* OR dhole* OR wallaby* OR kangaroo* OR marmot* OR hyrax* OR kusimanse* OR talapoin* OR marmoset* OR saki OR shrew* OR platypus*)) AND TS=("Social bond*" OR "social dynamic*" OR "social deprivation" OR "social effect*" OR "social stability" OR "stability of social" OR "persistence of social" OR "strength of social" OR "social integration*" OR "social structure*" OR "social affiliation*" OR "social connection" OR "social integration" OR "social association*" OR "association strength*" OR "association stability" OR "stability of association*" OR "stable association" OR "persistence of association*" OR "persistent association" OR "association persistence" OR "association dynamic" OR "dynamic of

association" OR "social relationship*" OR "relationship stability" OR "relationship persistence" OR "relationship dynamics" OR "relationship strength" OR "social interaction*" OR "stable interaction*" OR "affiliative interaction*" OR "non-reproductive interaction*" OR "interaction stability" OR "stability of interaction" OR "stable interaction" OR "interaction dynamic*" OR "strength of interactions" OR "interaction strength" OR "persistent interaction" OR "group stability" OR "group integration*" OR "social cooperation*" OR "social connection*" OR sociability OR sociality OR "social component*" OR "social tie*" OR "social facilitation*" OR friendship* OR "social capital*" OR "social partner*" OR alliances OR asocial OR "social network*" OR "social phenotype*" OR "social trait")) AND TS=(fitness OR survival OR longevity OR lifespan OR mortality OR "live longer" OR "life expectancy" OR die OR "early growth rate*" OR fecundity OR fertility OR "mating success*" OR reproduction* OR "offspring development*" OR "age at first birth*" OR reproductive OR "litter size" OR "number of offspring*" OR "offspring number*" OR "birth rate*") NOT TS=(eusocial OR "naked mole rat*" OR "Damaraland mole rat*" OR "zebra fish*" OR "zebra finch*"))

WoS kategorije na koje sam nakon provedene pretrage ograničila rezultate pretrage su: "Zoology", "Behavioral Science", "Ecology", "Evolutionary Biology", "Biology", "Multidisciplinary Sciences", "Veterinary Sciences", "Anthropology", "Biodiversity Conservation", "Genetics Heredity", "Marine Freshwater Biology", "Sociology", "Demography", "Reproductive Biology" i "Social Sciences Interdisciplinary".

Prilog 2. Popis znanstvenih radova uključenih u ovu meta-analizu

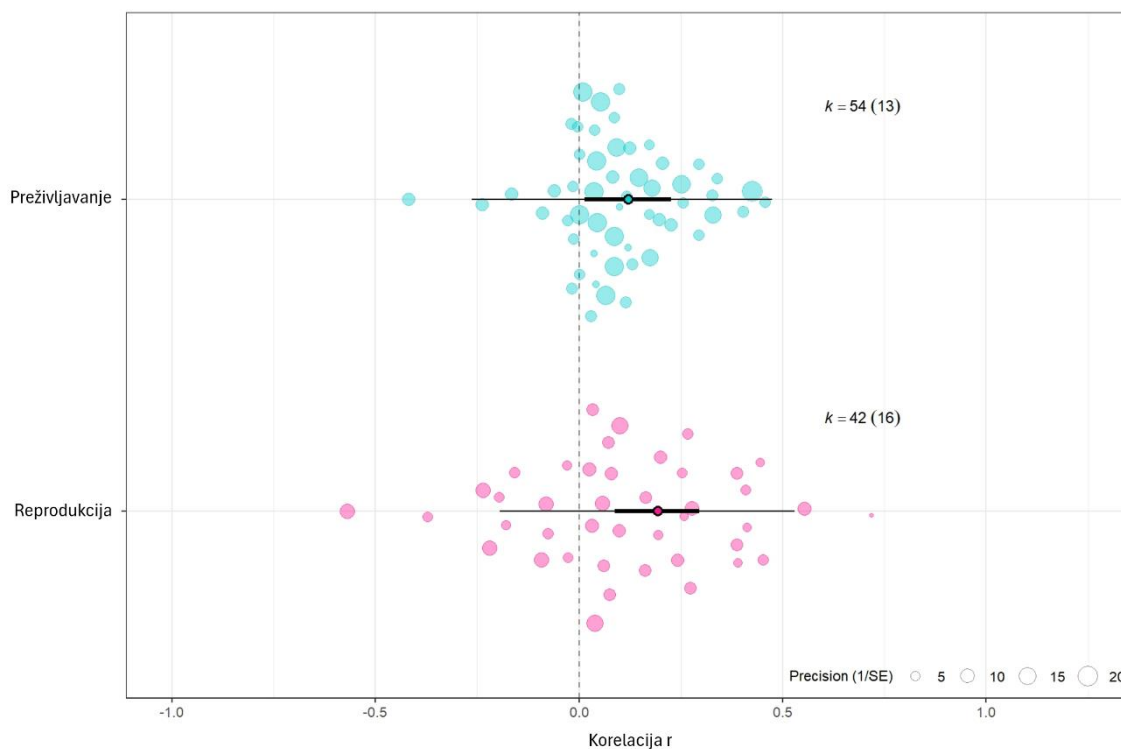
Broj	Znanstveni rad
1	Silk, J.B., Beehner, J.C., Bergman, T.J., Crockford, C., Engh, A.L., Moscovice, L.R., Wittig, R.M., Seyfarth, R.M. i Cheney, D.L. (2010.): Strong and consistent social bonds enhance the longevity of female baboons. <i>Current Biology</i> , 20(15), str. 1359–1361.
2	Gerber, L., Connor, R.C., Allen, S.J., Horlacher, K., King, S.L., Sherwin, W.B., Willems, E.P., Wittwer, S. i Krützen, M. (2022): Social integration influences fitness in allied male dolphins. <i>Current Biology</i> , 32(7), str. 1664-1669.
3	Silk, J.B., Beehner, J.C., Bergman, T.J., Crockford, C., Engh, A.L., Moscovice, L.R., Wittig, R.M., Seyfarth, R.M. i Cheney, D.L. (2009): The benefits of social capital: close social bonds among female baboons enhance offspring survival. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i> , 276(1670), str. 3099-3104.
4	Bond, M.L., Lee, D.E., Farine, D.R., Ozgul, A. i König, B. (2021): Sociability increases survival of adult female giraffes. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i> , 288(1944): 20202770.
5	Campos, F.A., Villavicencio, F., Archie, E.A., Colchero, F. i Alberts, S.C. (2020): Social bonds, social status and survival in wild baboons: a tale of two sexes. <i>Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences</i> , 375(1811): 20190621.
6	Cameron, E.Z., Setsaas, T.H. i Linklater, W.L. (2009): Social bonds between unrelated females increase reproductive success in feral horses. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> , 106(33), str. 13850–13853.
7	Yang, W.J., Maldonado-Chaparro, A.A. i Blumstein, D.T. (2017): A cost of being amicable in a hibernating mammal. <i>Behavioral Ecology</i> , 28(1), str. 11–19.
8	Menz, C.S., Carter, A.J., Best, E.C., Freeman, N.J., Dwyer, R.G., Blomberg, S.P. i Goldizen, A.W. (2020): Higher sociability leads to lower reproductive success in female kangaroos. <i>Royal Society Open Science</i> , 7(8): 200950.
9	Stanton, M.A. i Mann, J. (2012): Early social networks predict survival in wild bottlenose dolphins. <i>PLoS ONE</i> . Edited by G. Sorci, 7(10), str. e47508.
10	Ellis, S., Snyder-Mackler, N., Ruiz-Lambides, A., Platt, M.L. i Brent, L.J.N. (2019): Deconstructing sociality: the types of social connections that predict longevity in a group-living primate. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i> , 286(1917): 20191991.
11	Turner, J.W., Robitaille, A.L., Bills, P.S. i Holekamp, K.E. (2021): Early-life relationships matter: Social position during early life predicts fitness among female spotted hyenas. <i>J Anim Ecol</i> , 90, str. 183–196.
12	McFarland, R. i Majolo, B. (2013): Coping with the cold: predictors of survival in wild Barbary macaques, <i>Macaca sylvanus</i> . <i>Biol. Lett.</i> , 9(4): 920130428
13	Sabol, A.C., Lambert, C.T., Keane, B., Solomon, N.G. i Dantzer, B. (2020): How does individual variation in sociality influence fitness in prairie voles?. <i>Animal Behaviour</i> , 163, str. 39–49.
14	Dal Pesco, F., Trede, F., Zinner, D. I Fischer, J. (2022): Male–male social bonding, coalitionary support and reproductive success in wild Guinea baboons. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i> , 289(1975), str. 20220347.

Prilog 2. - nastavak

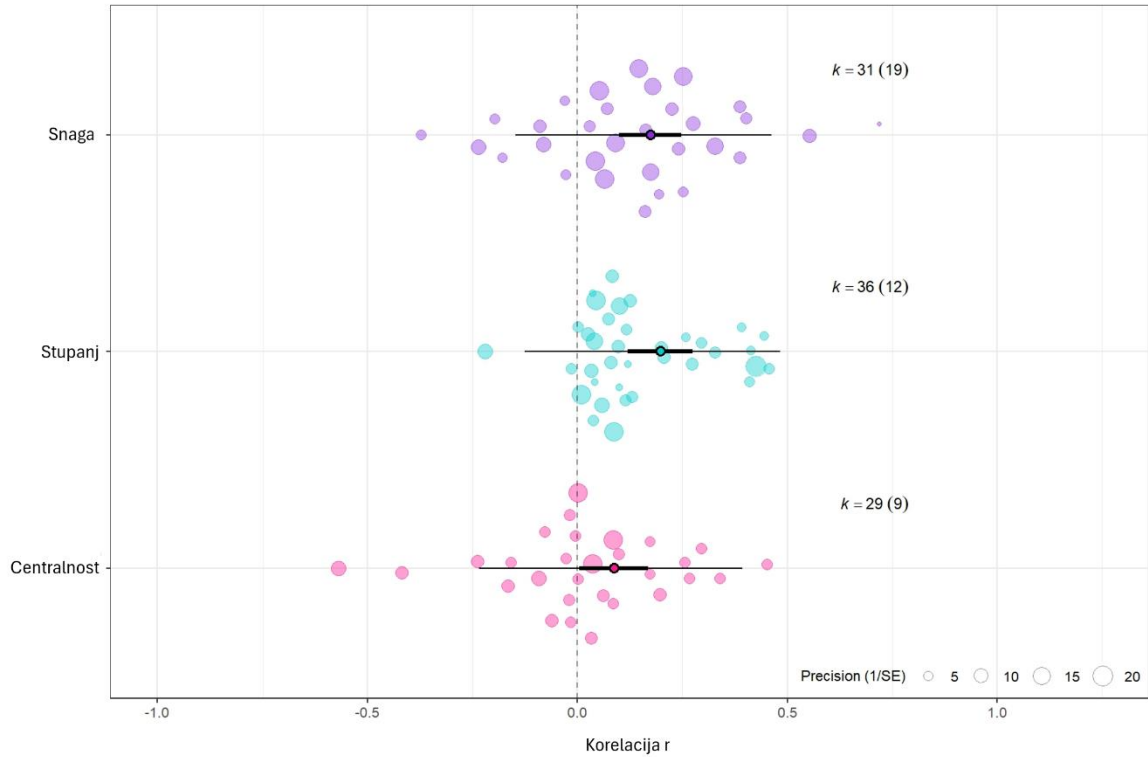
-
- 15 Montero, A.P., Williams, D.M., Martin, J.G.A. i Blumstein, D.T. (2020): More social female yellow-bellied marmots, *Marmota flaviventer*, have enhanced summer survival. *Animal Behaviour*, 160, str. 113–119.
- 16 Silk, J.B., Seyfarth, R.M. i Cheney, D.L. (2018): Quality versus quantity: do weak bonds enhance the fitness of female baboons?. *Animal Behaviour*, 140, str. 207–211.
- 17 Busson, M., Authier, M., Barbraud, C., Tixier, P., Reisinger, R.R., Janc, A. i Guinet, C. (2019): Role of sociality in the response of killer whales to an additive mortality event. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(24), str. 11812–11817.
- 18 Archie, E.A., Tung, J., Clark, M., Altmann, J. i Alberts, S.C. (2014): Social affiliation matters: both same-sex and opposite-sex relationships predict survival in wild female baboons. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1793): 20141261.
- 19 Kalbitzer, U., Bergstrom, M.L., Carnegie, S.D., Wikberg, E.C., Kawamura, S., Campos, F.A., Jack, K.M. i Fedigan, L.M. (2017): Female sociality and sexual conflict shape offspring survival in a Neotropical primate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(8), str. 1892–1897.
- 20 Barocas, A., Ilany, A., Koren, L., Kam, M. i Geffen, E. (2011): Variance in centrality within rock hyrax social networks predicts adult longevity. *PLoS ONE*. Edited by J.M. Waterman, 6(7): e22375.
- 21 Feldblum, J.T., Krupenye, C., Bray, J., Pusey, A.E. i Gilby, I.C. (2021): Social bonds provide multiple pathways to reproductive success in wild male chimpanzees. *iScience*, 24(8): 102864.
- 22 Nunez, C.M.V., Adelman, J.S. i Rubenstein, D.I. (2015): Sociality increases juvenile survival after a catastrophic event in the feral horse (*Equus caballus*). *Behavioral Ecology*, 26(1), str. 138–147.
- 23 Schneider-Crease, I.A., Weyher, A.H., Mubemba, B., Kamilar, J.M., Petersdorf, M. i Chiou, K.L. (2022): Stronger maternal social bonds and higher rank are associated with accelerated infant maturation in Kinda baboons. *Animal Behaviour*, 189, str. 47–57.
- 24 Blumstein, D.T., Williams, D.M., Lim, A.N., Kroeger, S. i 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(1871): 20171934.
- 25 Lehmann, J., Majolo, B. i McFarland, R. (2016): The effects of social network position on the survival of wild Barbary macaques, *Macaca sylvanus*. *Behavioral Ecology*, 27(1), str. 20–28.
- 26 Frère, C.H., Krützen, M., Mann, J., Connor, R.C., Bejder, L. i Sherwin, W.B. (2010): Social and genetic interactions drive fitness variation in a free-living dolphin population. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(46), str. 19949–19954.
- 27 Wey, T.W. i 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(7), str. 1075–1085.
-

Prilog 2. - nastavak

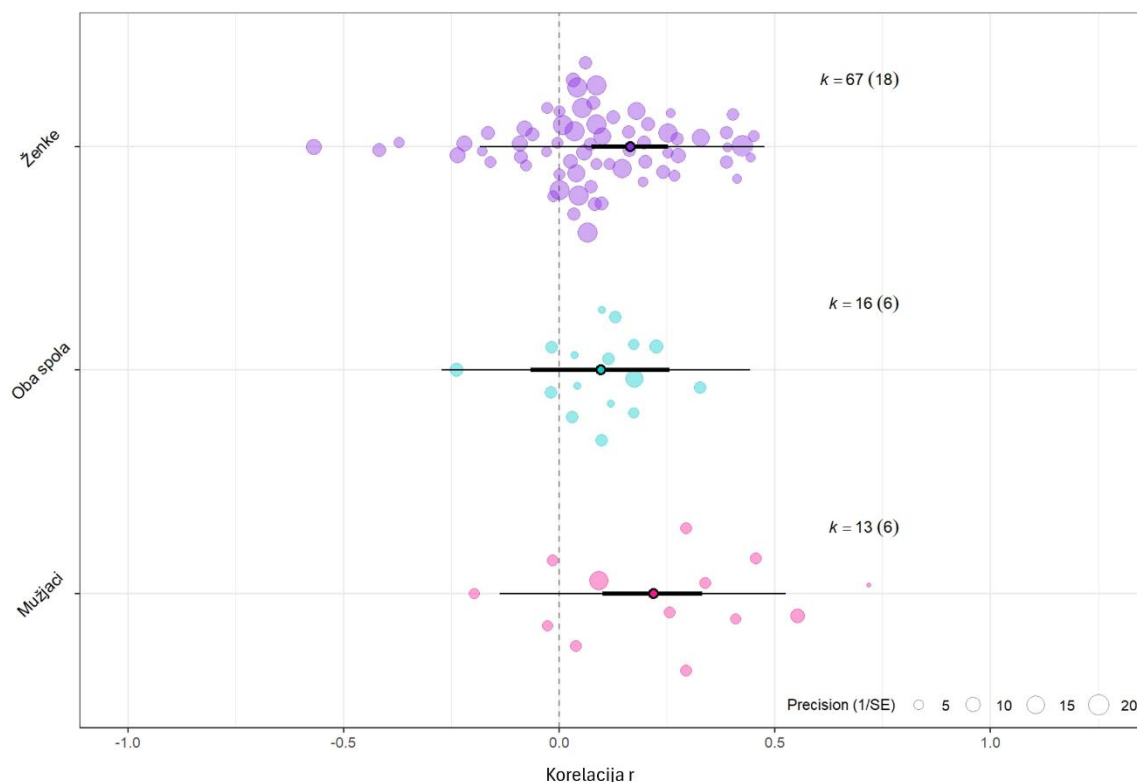
- 28** Schülke, O., Bhagavatula, J., Vigilant, L. i Ostner, J. (2010): Social bonds enhance reproductive success in male macaques. *Current Biology*, 20(24), str. 2207–2210.
- 29** Silk, J.B., Alberts, S.C. i Altmann, J. (2003): Social bonds of female baboons enhance infant survival. *Science*, 302(5648), str. 1231–1234.
- 30** Blersch, R.A., Bonnell, T.R., Clarke, M., Dostie, M.J., Lucas, M., Jarrett, J., McFarland, R., Nord, C., Takahashi, A., Varsanyi, S., Vilette, C., Young, C., Barrett, L. i Henzi, S.P. (2023): Maternal social position and survival to weaning in arid-country vervet monkeys. *American Journal of Biological Anthropology*, 181(1), str. 3–9.
- 31** Ellis, S., Franks, D.W., Natrass, S., Cant, M.A., Weiss, M.N., Giles, D., Balcomb, K.C. i Croft, D.P. (2017): Mortality risk and social network position in resident killer whales: sex differences and the importance of resource abundance. *Proc. R. Soc. B.*, 284(1865): 28420171313
- 32** Cheney, D.L., Silk, J.B. i Seyfarth, R.M. (2016): Network connections, dyadic bonds and fitness in wild female baboons. *Royal Society Open Science*, 3(7): 60255.
- 33** McFarland, R., Murphy, D., Lusseau, D., Henzi, S.P., Parker, J.L., Pollet, T.V. i Barrett, L. (2017): The “strength of weak ties” among female baboons: fitness-related benefits of social bonds. *Animal Behaviour*, 126, str. 101–106.



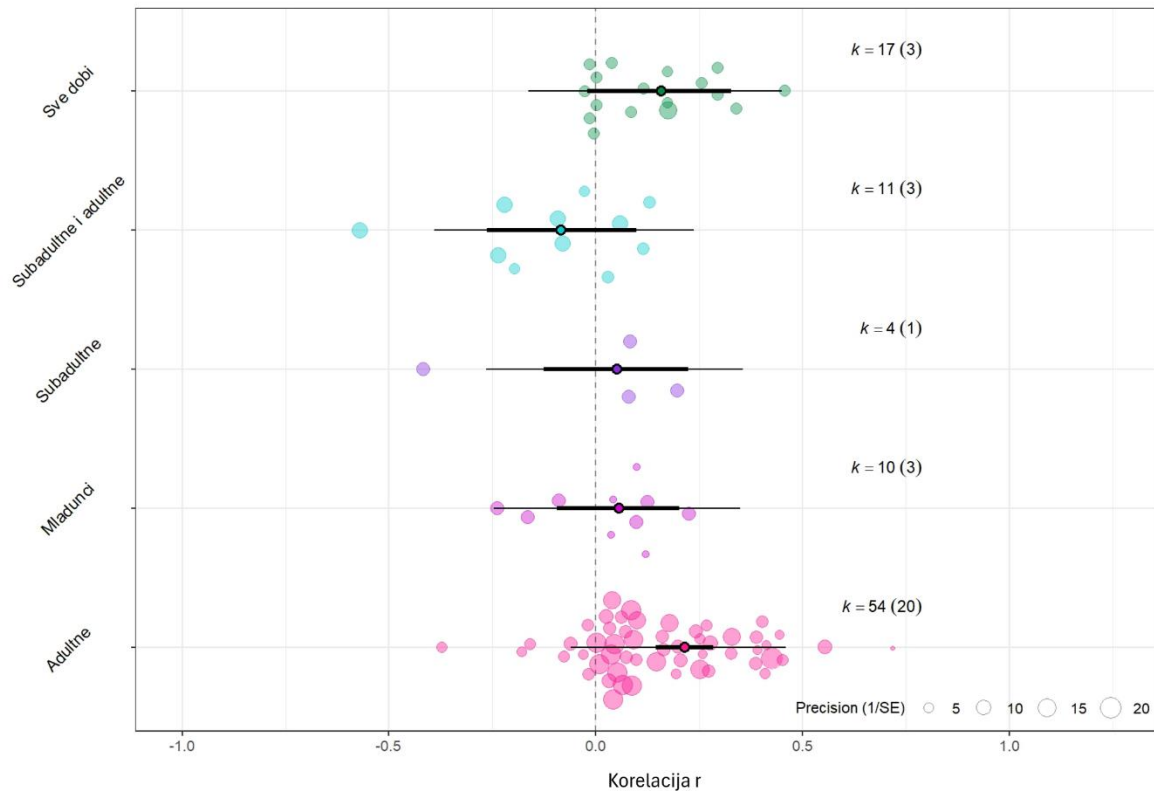
Prilog 3. Meta-regresija utjecaja socijalnih značajki na preživljavanje i reprodukciju jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogućiti bolja vidljivost



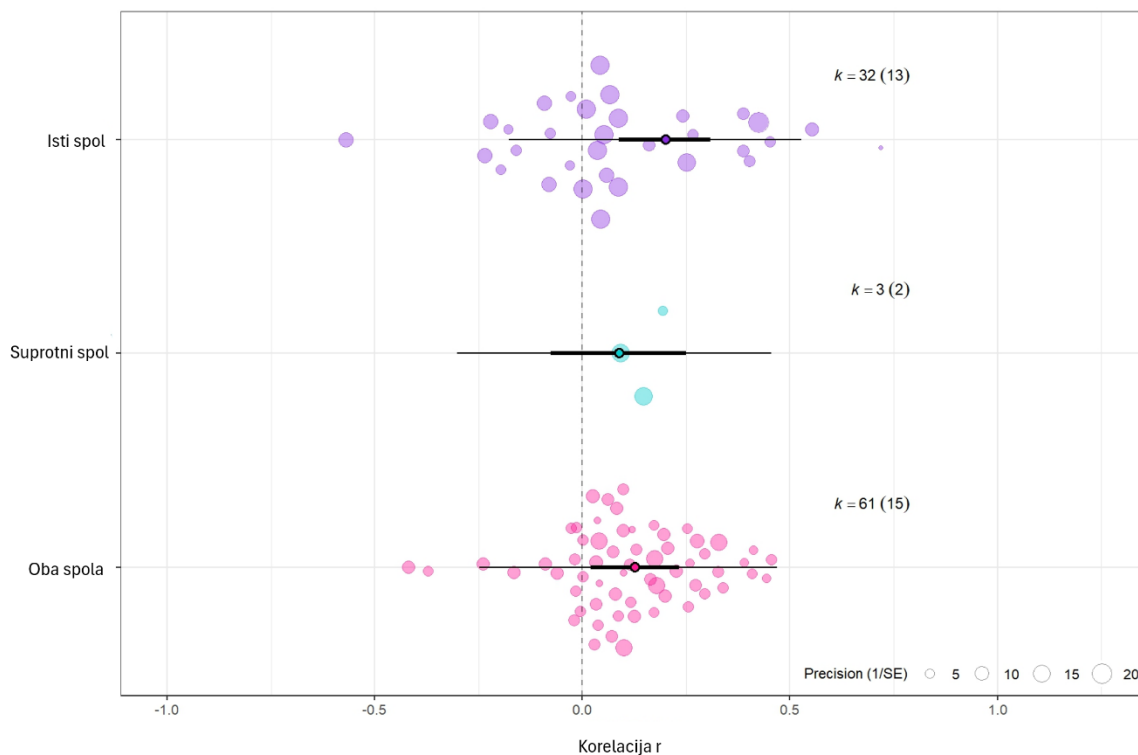
Prilog 4. Meta-regresija utjecaja tipa socijalnih značajki na fitness jedinice kod socijalnih vrsta sisavaca. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost



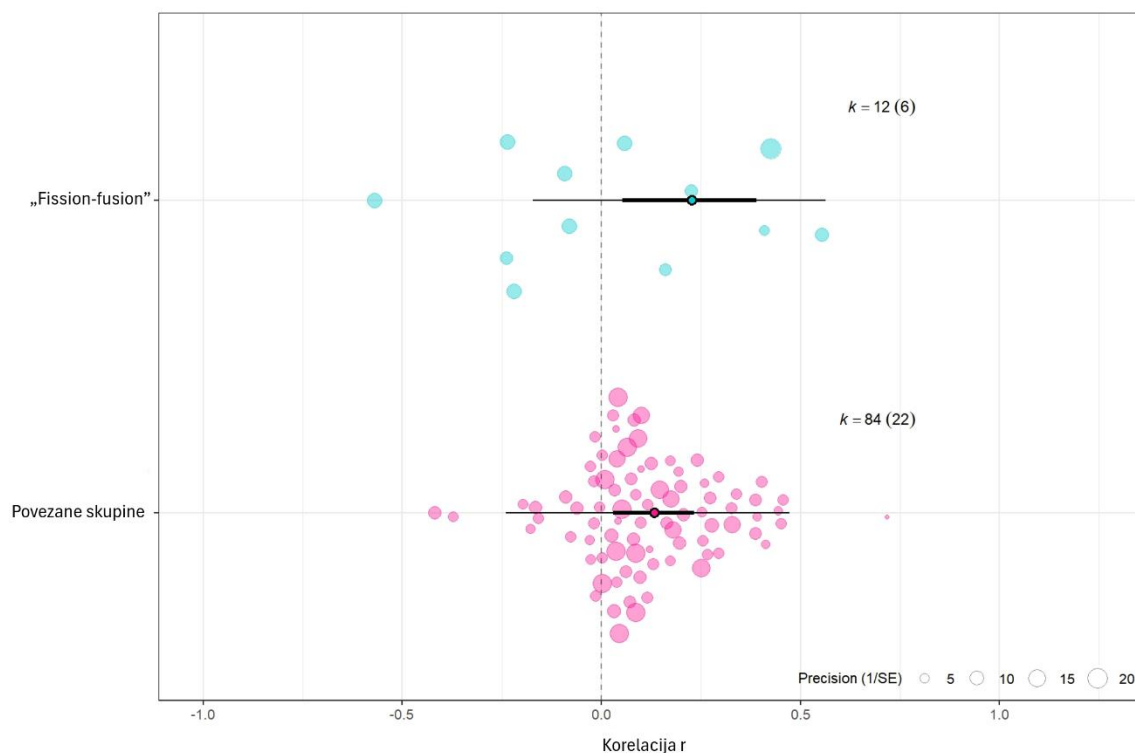
Prilog 5. Meta-regresija utjecaja spola jedinke na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca. „Oba spola“ je korišteno kada su jedinke istraživanje zajedno bez odvojeno izraženih učinaka po spolu. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka pojednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedini moderator, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za moderator. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost



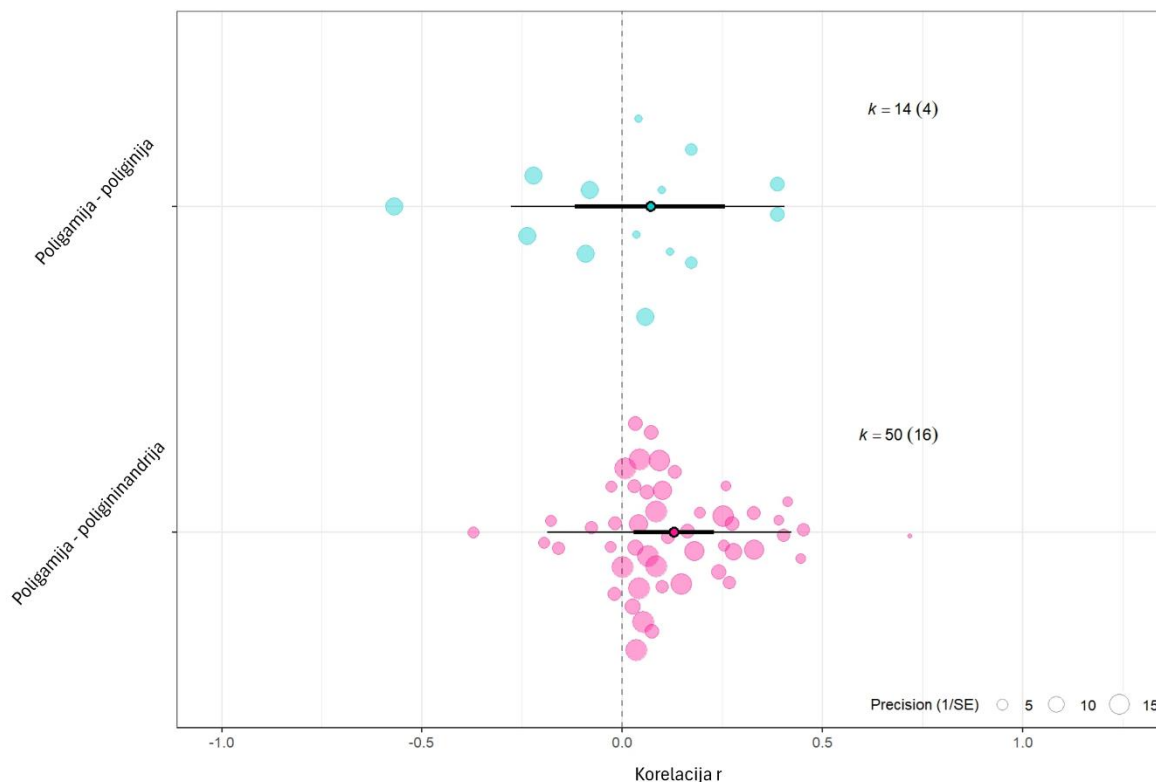
Prilog 6. Meta-regresija utjecaja dobi jedinke na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinke na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost



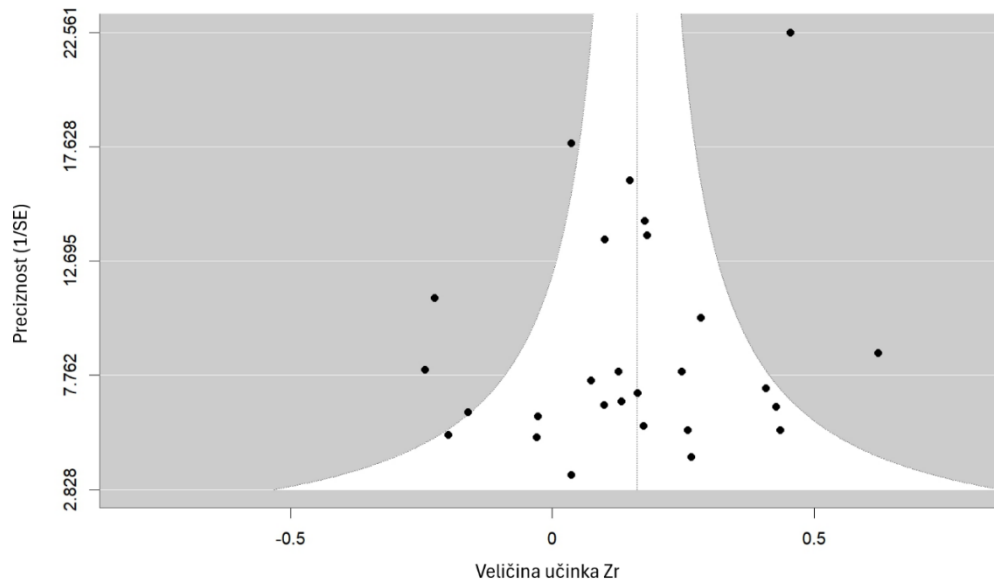
Prilog 7. Meta-regresija utjecaja spola jedinke s kojom je istraživana jedinka u socijalnoj interakciji na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca. „Oba spola“ je korišteno kada su jedinke istraživanje u interakciji sa svim drugim jedinkama bez odvojeno izraženih učinaka po spolu. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogućiti bolja vidljivost



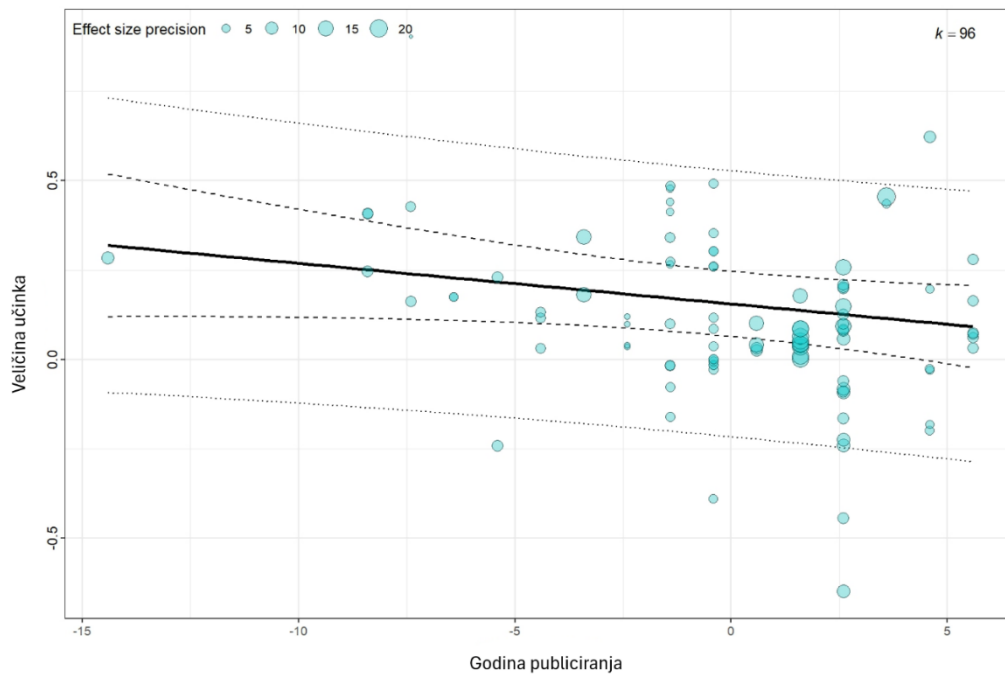
Prilog 8. Meta-regresija utjecaja stupnja socijalnosti na jačinu učinka socijalnih značajki na fitnes jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost



Prilog 9. Meta-regresija utjecaja sustava parenja na jačinu učinka socijalnih značajki na fitness jedinke kod socijalnih vrsta sisavaca. Točka u sredini linije predstavlja procijenjeni učinak, linije su intervali pouzdanosti. Točke oko linije predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, dok je njihova veličina proporcionalna broju jedinki na kojima je istraživanje bazirano. Oznaka „k“ je ukupan broj veličina učinaka za pojedinu kategoriju moderatora, dok je broj u zagradi ukupan broj radova za kategoriju moderatora. Y-os služi samo da se točke rasprše i omogući bolja vidljivost



Prilog 10. Mjera pristranosti objavljivanja izražena „Funnel plot“-om jačine učinka po veličini studije kod socijalnih vrsta sisavaca. Nasumično je izabrana jedna veličina učinka iz svake studije



Prilog 11. Graf veličina učinka ovisno o godini publiciranja kod socijalnih vrsta sisavaca. Podebljana linija je procijenjeni koeficijent korelacije, iscrtkane linije su 95% -tni intervali pouzdanost, a istočkane linije intervali predikcije. Točke predstavljaju svaka po jednu veličinu učinka, a veličine točaka su definirane veličinom uzorka; „k“ je ukupan broj veličine učinaka. Godine objavljivanja su standardizirane tako da je prosječna godina objave oduzeta od svake pojedine godine u podatkovnom setu

9. ŽIVOTOPIS

Rođena sam 16.12.1997. u Zadru. Završila sam Osnovnu školu Smiljevac u Zadru 2012. godine te Klasičnu gimnaziju Ivana Pavla II., također u Zadru, 2016. godine. Upisala sam prijediplomski studij Biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, te 2021. godine diplomski studij Eksperimentalne biologije – modul Zoologija, na istom fakultetu.

Bila sam višegodišnji član Udruge studenata biologije – BIUS te sam tri godine bila demonstrator na praktikumu iz Opće zoologije. Sudjelovala sam u Popularno-znanstvenoj manifestaciji Noć Biologije (2017., 2018. i 2019. godine) te sam volontirala na brojnim pojedinačnim znanstvenim radionicama za djecu i odrasle. Izvan fakulteta sam još volonterski držala pripreme za osnovnu i srednju školu (2017.-2019. godina).

Sudjelovala sam također u slijedećim stručnim simpozijima:

- ❖ The Symposium of Biology Students - SiSB (2019)
(aktivni sudionik - plakat o suradnji sa Zoološkim vrtom)
- ❖ Symposium of Biology Students in Europe - SymBioSE Scotland (2019)
(aktivni sudionik - Dissociative Identity Disorder (DID))
- ❖ Symposium of Biology Students in Europe - SymBioSE Netherlands (2020)
- ❖ Symposium of Biology Students in Europe - SymBioSE Portugal (2021)
- ❖ Symposium of Biology Students in Europe - SymBioSE Germany (2022)

Za vrijeme prijediplomskog studija primala sam Državnu stipendiju za studente, a za vrijeme diplomskog studija Stipendiju grada Zadra.

Koristim se engleskim te talijanskim jezikom. A od računalnih programa, alata i jezika koristim Microsoft Office™ (Word, PowerPoint, Excel, OneNote), RStudio, Power BI, DAX, SQL, LaTeX, EthoVision, PRIMER 7, BioDiversity Pro, MEGA-X, QGIS, Biopac Student Lab Software, Rayyan, Zotero i Audacity.