

Briga o potomstvu u beskralježnjaka

Crnić, Petra

Undergraduate thesis / Završni 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:217:816418>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-28**



Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Petra Crnić

Briga o potomstvu u beskralježnjaka

Završni rad

Zagreb, 2024.

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Petra Crnić

Parental care in invertebrate species

Bachelor thesis

Zagreb, 2024.

Ovaj završni rad je izrađen u sklopu studijskog programa Biologije na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu, pod mentorstvom prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Završni rad

Briga o potomstvu u beskralježnjaka

Petra Crnić

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Roditeljska skrb kod subsocijalnih beskralježnjaka predstavlja fascinantnu strategiju u kojoj roditelji, iako nisu potpuno društveni, ulažu vrijeme i energiju u osiguranje preživljavanja svojih potomaka. Za razliku od eusocijalnih vrsta, subsocijalni beskralježnjaci nisu potpuno kooperativne vrste, ali su ipak razvili nekoliko strategija brige za svoje potomke, poput čuvanja jaja, viviparnosti i hranjenje mladih do samostalnosti. Ova skrb povećava šanse za preživljavanje i poboljšava fitness potomaka. Istraživanje subsocijalnog ponašanja roditelja kod različitih vrsta, od hobotnica do pauka, naglašava evolucijski značaj ovih strategija u povećanju reproduktivnog uspjeha roditelja i preživljavanja potomaka.

Ključne riječi: subsocijalnost, čuvanje jaja, prehrana mladih, roditeljska skrb

(22 stranica, 12 slika, 53 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Mentor: prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Bachelor thesis

Parental care in invertebrate species

Petra Crnić

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Parental care in subsocial invertebrates represents a fascinating strategy where parents, though not fully social, invest time and energy in ensuring the survival of their offspring. Unlike eusocial species, subsocial invertebrates exhibit limited cooperative behavior, but still engage in practices such as egg guarding, brooding, and feeding of juveniles. This care enhances offspring survival in hostile environments. Exploring subsocial parental behaviors across different species, from spiders to octopi, highlights the evolutionary significance of these strategies in increasing reproductive success and survival rates of offspring.

Keywords: subsociality, egg brooding, parental care
(22 pages, 12 figures, 53 references, original in: Croatian)
Thesis is deposited in Central Biological Library.

Mentor: prof. dr. sc. Renata Matoničkin Kepčija

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
1.	Podjela roditeljske skrbi.....	2
1.1.	Majčinska skrb	2
1.2.	Očinska skrb.....	3
1.3.	Biparentalna skrb.....	3
2.	Čuvanje jaja od grabežljivaca	3
2.1.	Hobotnice (red: Octopoda) (Mollusca: Cephalopoda).....	4
2.2.	Lažipauci (red: Opiliones) (Sundevall, 1833)	4
3.	Inkubiranje/nošenje jaja	5
3.1.	<i>Nephrops norvegicus</i> (Linnaeus, 1758) (Nephropidae: Decapoda)	6
3.2.	<i>Abedus herberti</i> (Hidalgo, 1935) (Hemiptera: Belostomatidae).....	6
4.	Viviparnost i ovoviviparnost.....	7
4.1.	<i>Blatella germanica</i> (Linnaeus, 1767) (Blaberidae: Blattaria).....	8
4.2.	<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758) (Gastropoda: Caenogastropoda: Architaenioglossa).....	8
4.3.	Štipavci (red: Scorpiones).....	9
5.	Izravno roditeljsko hranjenje mladih.....	10
5.1.	<i>Forficula auriculata</i> , Linnaeus, 1758) (Forficulidae: Dermaptera).....	10
5.2.	<i>Thorax procellana</i> (Henri Louis Frédéric de Saussure, 1862) (Blaberidae: Blattaria)	11
5.3.	<i>Amaurobius ferox</i> (Walckenaer, 1830) (Araneidae, Amaurobiidae).....	12
6.	Opskrba zalihe hrane za mlade	13
6.1.	<i>Ammophila</i> spp. (Hymenoptera: Sphecidae).....	13
6.2.	Eusocijalni Hymenoptera	14
6.3.	<i>Cryptocercus punctulatus</i> (Scudder, 1862) (Cryptocercidae: Blattodea)	15
7.	Zaključak.....	15
8.	Literatura.....	16
9.	Životopis	22

1. Uvod

Briga za potomstvo univerzalna je karakteristika svih sisavaca i ptica. Mladi ptici i sisavci ne bi preživjeli izlijevanje odnosno koćenje kada im roditelji ne bi posvetili svoju energiju, vrijeme i resurse koji su im potrebni da bi došli do razine fitnesa da se mogu brinuti sami o sebi. Takvi roditelji uglavnom pripadaju tzv. K-selektivnim vrstama, koje imaju mali broj potomaka u koje ulažu svu svoju energiju i vrijeme. Beskralježnjaci su u pravilu r-selektivne vrste, s mnogo potomaka od kojih vrlo malo preživljava do spolne zrelosti.

Najjednostavniji način osiguravanja iduće generacije je onaj koji zahtjeva najmanje energije: polaganje oplođenih jaja na relativno sigurnu površinu, u broju koji povećava vjerojatnost preživljenja dovoljnog broja potomaka do spolne zrelosti. Taj je način ujedno i najrizičniji, budući da su jaja ostavljena na otvorenom podložna štetnim vremenskim uvjetima i grabežljivcima. U takvim slučajevima veliki broj jaja kompenzira za visoku stopu smrtnosti, što također predstavlja veliko ulaganje energije i resursa prije polaganja jaja, uz vrlo malu vjerojatnost preživljenja pojedinih jaja dovoljno dugo da postanu odrasle jedinke.

Kao evolucijski mnogo stariji takson od kralježnjaka, većina beskralježnjaka koristi ovaj model. No pod okolišnim i evolucijskim pritiskom, određene vrste beskralježnjaka razvile su dodatni oblik roditeljskog ulaganja u preživljavanje potomstva. Iako većina beskralježnjaka i dalje spada u r-selektivne vrste, subsocijalnost tj. briga o potomstvu razvila se u otprilike 1% beskralježnjaka (Wilson, 1971; Royle i sur., 2012). Wilson (1975) je prvi identificirao 'evolucijske sile' koji su pridonijele razvitku roditeljske brige: stabilno stanište, nepovoljni okolišni uvjeti, obilni, ali kratkotrajni resursi i grabežljivci koji se hrane jajima. Naravno, ti čimbenici sami po sebi nisu dovoljni da bi održivo promijenili reprodukciju cijele vrste. Različite vrste u istom staništu, ponekad i u istoj ekološkoj niši, neće imati iste metode brige.

Jedna od teorija je da se briga za potomstvo razvila u vrsta koje su već imale karakteristike koje su se mogle dobro prevesti u brigu za mlade (Tallamy, 1986). Da bi obranili svoje mlade od grabežljivaca, roditelji prvo moraju imati sposobnost obraniti sami sebe, poput adaptacije ovipozitora u žalac, nožica specijaliziranih za zakopavanje ili produkciju svile (Royle i sur., 2012). Tek kada se te adaptacije razviju, u njihovu svrhu se mogu uključiti obrana od grabežljivaca, zakopavanje jaja ili građa dodatnog zaštitnog sloja oko legla. Od tih primitivnijih metoda u

predcima modernih vrsta razvile su se današnje, odvedenije metode brige o potomcima, uključujući brigu eusocijalnih kukaca za mlade. S druge strane, kod nekih se vrsta briga za mlade razvila na suprotan način. Uholaze (Dermaptera), koje su izgubile ovipozitore i s time mogućnost zakopavanja jaja na sigurno mjesto, razvile su neke od najsofisticiranijih metoda brige mladih (Lamb, 1976). Bez obzira na to koji su točno čimbenici promovirali roditeljsku skrb, te iako su energetske i nutritivne troškove takve brige veliki, razvili su se zato što je broj preživjelih potomaka bio dovoljan da su se te strategije višestruko isplatile (Zeh i sur., 1989).

1. Podjela roditeljske skrbi

Roditeljsko ulaganje u potomstvo predstavlja veliku prednost za fitnes potomstva, no proporcionalno je roditeljskim naporu i povećava rizik od smanjenja sveukupnog reproduktivnog potencijala, jer se roditelj(i) ne mogu pariti ako su zauzeti brigom o mladima (Royle i sur., 2012). Budući da je živo potomstvo jedini način proliferacije svojih gena unutar vrste, i time povećava roditeljski fitnes tijekom dužeg perioda, različite su se strategije razvile kako bi se maksimizirao roditeljski učinak a minimiziralo roditeljsko ulaganje (Hamilton, 1964). U tu svrhu, razvile su se ne samo različite strategije brige, nego i podjela majčinske, očinske i biparentalne skrbi (Royle i sur., 2012).

1.1. Majčinska skrb

Majčinska je skrb najčešći oblik roditeljske skrbi, pogotovo unutar grupe Hexapoda (Zeh i Smith, 1985). Unutarnja oplodnja omogućuje mužjacima napuštanje potomaka odmah nakon kopulacije, dok prisiljava ženke na određeni minimum roditeljske brige (Dawkins i Carlisle, 1976). Semelparnost igra sličnu ulogu u razvitku majčinske skrbi, jer ako ženka umire nakon samo jednog reproduktivnog ciklusa, onda joj se najviše isplati uložiti svu preostalu energiju u osiguravanje preživljavanja potomstva (Tallamy, 1999). Ta se strategija često viđa u hobotnica (red: Octopoda). U slučajevima u kojima se mužjaci bore za pravo parenja sa ženkama, mužjaci više energije ulažu u teritorijalnost, borbu s drugim mužjacima i pristup što više ženki; stoga su vrlo male šanse da će se razviti ikakva očinska skrb, ali je povećana vjerojatnost razvitka majčinske skrbi, jer je u takvim slučajevima njeno potomstvo u opasnosti od drugih mužjaka iste vrste (Gilbert i Manica, 2015).

1.2. Očinska skrb

Očinska skrb predstavlja zanimljivo pitanje u evoluciji roditeljske skrbi, u smislu da nije strogo nužna te se nameće pitanje zašto ju ipak u pojedinim slučajevima uočavamo. Odgovor na to je, čini se, da mora postojati osjetna i izravna prednost za mužjaka. Unutarnja oplodnja i anizogamija predstavljaju model u kojem mužjaci imaju više potomstva promiskuitetom nego roditeljskom brigom (Tallamy, 2001). Ipak, isključiva očinska skrb razvila se u barem 16 vrsta Arthropoda (Royle i sur., 2012). Dok se majčinska skrb razvila u pravilu kod vrsta u kojih ženke imaju dugi period gestacije i nisku gustoću populacije, očinska se skrb razvila u slučajevima gdje ženke imaju kratki gestacijski period i visoku gustoću populacije (Manica, 2004). Za razvitak očinske skrbi potrebna je određena „sigurnost“ mužjaka u očinstvo svojih potomaka, poput predaje jaja neposredno nakon parenja (Suzuki, 2013). Zanimljiv primjer su lažipauci (red: Opiliones) i bube ubojice (eng. assassin bugs) (Red: Hemiptera) od kojih u nekoliko vrsta mužjak čuva leglo jaja koje je poleglo nekoliko ženki.

1.3. Biparentalna skrb

Biparentalna skrb je, u beskralježnjaka, najvjerojatnije evoluirala iz majčinske skrbi u situacijama gdje ženka čuva jaja u nastambi, jer u gotovo svim slučajevima biparentalne brige u kukaca (Redovi: Blattodea, Coleoptera i Hymenoptera) oba roditelja grade nastambu za leglo i izmjenjuju uloge čuvanja jaja i donošenja hrane (Smith, 1979; Suzuki, 2013). Slično kao i razvitak očinske skrbi, teritorijalnost i jamstvo očinstva glavni su čimbenici razvitka roditeljske suradnje u svrhu skrbi za mlade. Dok ženka čuva jaja od grabežljivaca, mužjak čuva ženku od, između ostalog, drugih mužjaka, i tako povećava vjerojatnost da će upravo njegovo potomstvo biti to koje će preživjeti (Suzuki, 2013).

2. Čuvanje jaja od grabežljivaca

Nakon teme podjele brige za mlade, slijede metode provođenja iste. Čuvanje jaja logički je najjednostavniji korak za osiguravanje preživljenja potomstva, jer zahtjeva samo razvitak strukture za nakupljanje jaja na jednom mjestu, poput ooteke, sluzi ili svile, a u početku razvitka ne zahtjeva dodatne morfološke ili značajne bihevioralne promjene u roditelja (Royle i sur., 2012)

2.1. Hobotnice (red: Octopoda) (Mollusca: Cephalopoda)

Kao najpoznatije semelparne vrste beskralježnjaka, hobotnice su relativno ekstreman primjer roditeljske skrbi. Budući da ženke imaju samo jedno leglo prije ugibanja, svu energiju i resurse usmjeravaju na čuvanje svog legla. Tijekom parenja mužjak hektokotilom spremi spermatofores u plaštanu šupljinu ženke, gdje ih ona može čuvati do 114 dana. Oplođena jaja nisu spojena samim vezikulima, nego imaju produljeni stalak na vrhu kapsule, što je struktura potrebna za agregaciju jaja. Povezivanjem tih stalaka nastaje struna, koju ženka objesi na strop svojeg brloga i tijekom embriogeneze ih pomno čuva i osigurava protok vode. Tijekom čuvanja uopće se ne hrani, čak i ako joj je hrana ponuđena, a u slučaju ikakvog prilaska jajima postane iznimno agresivna (Joll, 1976). Inkubacijski period varira od vrste do vrste, no i unutar vrste varira ovisno o temperaturi vode. Vrste koje žive u plitkim vodama inkubiraju jaja 1-3 mjeseca, no dubokomorske vrste poput *Graneledone boreopacifica* (Nesis, 1982) (Slika 1.) mogu inkubirati jaja do 53 mjeseca, što je najduži period inkubacije ijedne poznate vrste (Robinson, 2014). Mlade hobotnice izlegnu se kao paraličinke, sićušne prozirne verzije odrasle hobotnice, a majka ugiba ubrzo nakon što su se sva vijabilna jaja izlegla (Joll, 1976).

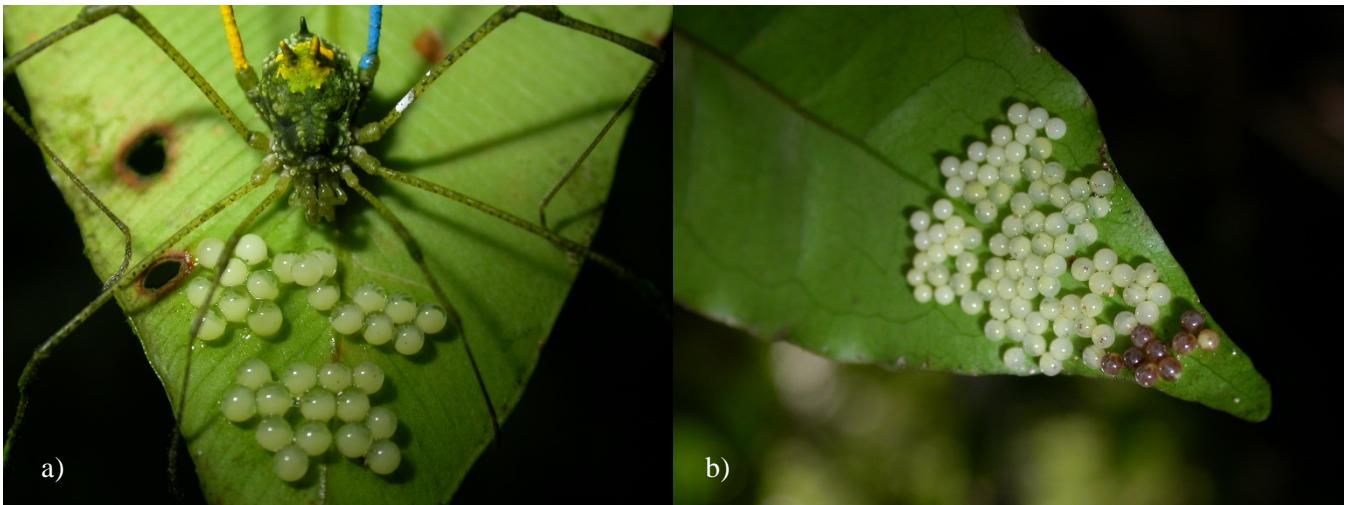


Slika 1. Ženka hobotnice *Graneledone boreopacifica* leži na jajima (Izvor:Robison i sur., 2014)

2.2. Lažipauci (red: Opiliones) (Sundevall, 1833)

Lažipauci su razvili iznimno velik raspon načina roditeljskog ulaganja, no najbolje istraženi oblik je isključiva očinska skrb, poput vrste *Iporangaia pustulosa*. (Slika 2.) Ženke izlegu jaja na donji dio lisne plojke ubrzo nakon parenja, i odmah nakon ovipozicije napuste jaja (Machado i sur., 2004). Jaja su prekrivena higroskopskom sluzi koja omogućava izmjenu plinova i pruža dodatnu

zaštitu od grabežljivaca, te dopušta mužjacima da napuste gnijezdo na duže vremenske periode bez znatnog gubitka jaja (Requena i sur., 2009). Mužjak može paziti na leglo jaja porijeklom od nekoliko ženki, a prisutnost vidljivog legla, sa dobro zbrinutim i neoštećenim jajima ga oglašava kao dobrog roditelja, što će privući još ženki i povećati broj i genetsku raznolikost njegovog potomstva (Machado i sur., 2004; Royle i sur., 2012). Iako se predacija i dalje događa, gotovo pola legala koje čuvaju mužjaci ostanu netaknuta, a velika većina izgubi samo nekoliko jaja, za razliku od 'napuštenih' jaja srodnih vrsta lažipauka (Requena i sur., 2009), što čini roditeljski učinak na potomke vrijednim ulaganja.



Slika 2. a) *Iporangaia pustulosa* mužjak pazi jaja b) Jaja različite zrelosti, od različitih ženki (Izvor: Gustavo S. Requena)

3. Inkubiranje/nošenje jaja

Čuvanje jaja na jednom mjestu ograničava roditelje, jer moraju ostaviti jaja neobranjena od grabežljivaca tijekom potrage za hranom. Iz tog su razloga neke vrste, koje su već imale mogućnost nositi jaja na svom tijelu, razvile sposobnost nošenja oplođenih jaja uz tijelo tijekom cijelog perioda inkubacije. Membranske vrećice u tu svrhu česte su kod beskralježnjaka, ali rjeđe u kukaca (Royle i sur., 2012).

3.1. *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758) (Nephropidae: Decapoda)

Škamp (Slika 3.) je odličan primjer ove strategije. Ženke se pare jednom godišnje, nedugo nakon presvlačenja, a parenje počinje jedan ciklus presvlačenja prije spolne zrelosti, tako da se maksimizira reproduksijski potencijal čim se razviju jajnici i može doći do oplodnje. Kako bi minimiziralo gubitak jaja tijekom polaganja, ženke se moraju zakopati u mulj s ventralnom stranom okrenutom prema gore, te pleopodima prihvaćaju jaja i drže ih pod abdomenom tijekom inkubacijskog razdoblja (Farmer, 2009). Inkubacijski period ovisi o temperaturi mora, ali u pravilu traje između 6 i 9 mjeseci, tijekom kojih su ženke uglavnom zakopane u mulju, no i dalje izlaze kako bi se hranile, tijekom čega su sklonije rizicima predacije od ne-nosećih (eng. non-berried) ženki (Farmer 1975; Marković i Petović 2016). Tijekom inkubacije, ženke pomno paze na jaja, te odbacuju neoplođena, inficirana ili oštećena jaja, što rezultira gubitkom približno 10% jaja svaki mjesec inkubacije (Mori i sur., 1998). Nakon izlijeganja, ličinke su samostalne, a ženka se može odmah ponovno pariti.



Slika 3. *Nephrops norvegicus* ženka s jajima (Izvor: Arnstein Rønning)

3.2. *Abedus herberti* (Hidalgo, 1935) (Hemiptera: Belostomatidae)

Ova vrsta vodenbube primjer je rjeđe, no prethodno spomenute strategije: očinske brige. Ženke vodenbube pare se s nekoliko pomno odabranih mužjaka, te ubrzo nakon parenja ženka polaže oplođena jaja na mužjakova leđa (Smith, 1979). U stilu udvaranja različitom od većine životinjskog carstva, ženke se agresivno udvaraju mužjacima, koji ih mogu, ali i ne moraju prihvatiti kao

partnera, demonstrirajući strategiju ženskog odabira (eng. female choice) (Motohide i sur., 2007). Mužjaci ipak imaju znatnu kontrolu nad ciklusom parenja, kako bi bili relativno sigurni da su većina oplodjenih jaja njihova (Smith, 1979). Mužjaci nose jaja pričvršćena na leđima (Slika 4.) i tijekom inkubacijskog perioda čuvaju jaja od predatora, brinu se da ostanu vlažna i osiguravaju izmjenu plinova izlaskom na zrak. Tijekom inkubacijskog perioda imaju manje uspjeha u lovu i veći rizik od predacije, no ova vrsta roditeljskog ulaganja je vrlo uspješna, jer se 97% jaja na leđima zdravih mužjaka izlegne, pod uvjetom da ostanu pričvršćena (Smith, 1976). No odmah nakon izlijeganja, nimfe su prepuštene same sebi, podložne predaciji i kanibalizmu od odraslih jedinki i starijih nimfa (Velasco i Millan, 1998).



Slika 4. Mužjak *Albedus herberti* koji nosi jaja (Izvor: Greg Hume)

4. Viviparnost i ovoviviparnost

Korak odvedenija metoda nošenja jaja u ranim stadijima razvitka su viviparnost i ovoviviparnost, metode gdje ženka nosi jaja unutar tijela dok se ne izlegnu i izađu kao pokretni potomci. Iako to predstavlja veći rizik za majku, s većim energetske troškom i smanjenom mogućnošću napuštanja jaja u nepovoljnim uvjetima (dakle povećan roditeljski napor), ujedno je povećana uspješnost roditeljske brige za preživljavanje potomaka (Royle i sur., 2012)

4.1. *Blatella germanica* (Linnaeus, 1767) (Blaberidae: Blattaria)

Žohari (red: Blattodea) gotovo svih vrsta ulažu neku vrstu roditeljske skrbi prema potomcima. Mogu biti oviparni, ovoviviparni i viviparni, a u nekim se slučajevima oba roditelja brinu o mladima do nekoliko godina (Nalepa i Bell, 1997.) Njemački žohar (Slika 5.) primjer je međukoraka evolucije prave ovoviviparije. Oviparne vrste žohara, čak i one koje nose jaja na svom tijelu, imaju vanjski omot (eng. egg case) oko jaja, zvan ooteka, koji osigurava izmjenu plinova i vode između jaja i okoliša. Ovoviviparne vrste žohara nemaju ooteku oko oplodjenih jaja, nego nose jaja u membranskoj vrećici na tijelu (Roth, 1968). Njemački je žohar rijedak primjer 'lažne' ovoviviparije, gdje ženka izbacila ootekalno kućište iz genitalnog otvora tijekom oplodnje, te ga odmah nakon ponovno uvuče u abdomen i nosi ih tijekom cijelog perioda embriogeneze, kao i ovoviviparne vrste (Nalepa i Bell, 1997).



Slika 5. *Blatella germanica* ženka sa zrelom ootekom (označeno) (Izvor: James Castner, University of Florida)

4.2. *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) (Gastropoda: Caenogastropoda: Architaenioglossa)

Unatoč svome imenu, živorodni ogrci (*Viviparus viviparus*) nisu zaista viviparni, nego rijetki primjer ovoviviparnosti slatkovodnih Gastropoda. Nakon unutarnje oplodnje jaja se razvijaju u spermoviduktu i majčinoj matičnoj komori (eng. brood chamber), a tijekom embriogeneze su obavijena jajnom kapsulom, koja puca ili neposredno prije ili poslije poroda (Alakrinskaya, 1969).

Unutar matične komore, juvenilni ogrci su poredani od najvećeg i najrazvijenijeg do najmanjeg, tako da ogrc koji već ima kućicu i spreman je za samostalni život izlazi prvi (Jakubik, 2012). Ova je strategija povoljna jer ogrci primarno žive u mirnim dijelovima slatkih voda, a mogu se naći i u vrlo brzim vodama tijekom kiša i poplava, tako da ova strategija omogućava mladima veću vjerojatnost preživljavanja nakon disperzije (Jakubik i Augustyniuk, 2002).



Slika 6. Riječni ogrc s mladima koji su netom izašli iz matične komore (Izvor: Maksym Gavrilyuk)

4.3. Štipavci (red: Scorpiones)

Za razliku od većine Arachnida, sve su vrste štipavaca isključivo viviparne. Ženke se pare jednom godišnje, s jednim ili više mužjaka, ovisno o dostupnosti, a period parenja može trajati sve do parturicije. Neke vrste imaju sposobnost spremanja sperme, tako da inseminacija ne mora značiti i oplodnju, te samo jedno parenje može rezultirati s više legala, a potencijalno su sposobne i za partenogenezu (Warburg, 2012). Embriogeneza se odvija u ovariuterusu, a ovisno o vrsti može trajati između 1,5 i 18 mjeseci (Polis i Farley, 1979). Ubrzo nakon parturicije, mladi škorpioni su pokretni, i mogu se popeti majci na leđa (Slika 7.), gdje će ih nositi sa sobom do nakon prvog presvlačenja (Warburg, 2011). Tijekom perioda gestacije, ženke su sporije i imaju manje uspjeha u lovu od ženki koje ne nose ni jaja ni mlade, i podložnije su predaciji. Kako bi smanjile taj rizik, ženke s mladima često su agresivnije, te će se umjesto bijega radije agresivno braniti (Shaffer i Formanowicz, 1996). Viviparnost u škorpiona zahtjeva velik roditeljski napor i predstavlja velik rizik za budući reproduktivni potencijal, tako da u nepovoljnim uvjetima može doći do majčinskog kanibalizma (Polis i Farley, 1979). Do 16% smrtnosti juvenilnih škorpiona rezultat je kanibalizma odraslih škorpiona (Warburg, 2011).



Slika 7. Ženka *Tityus fuhrmanni* (Kraepelin, 1914) s juvenilnim škorpionima na leđima (Izvor: Julian Alzate)

5. Izravno roditeljsko hranjenje mladih

Tek izlegli mladi izloženi su najvećem riziku, ne samo predacije i parazitima, nego i gladovanja (Tallamy i Wood, 1986). Smrtnost je najveća upravo u ovom razdoblju te su neke subsocijalne vrste produžile period roditeljske skrbi nakon izlijeganja, kako bi hranile mlade ili izravno ili im pružali mogućnosti prehrane, a ta je briga često popraćena i gradnjom nastambe za mlade (Royle i sur., 2012)

5.1. *Forficula auriculata*, Linnaeus, 1758) (Forficulidae: Dermaptera)

Ženke uholaža (Slika 8.) nemaju mogućnost zakopavanja jaja na sigurno, ali zato i mužjak i ženka grade nastambu u koju tada polegnu jaja, a uskoro nakon polaganja jaja ženke vrlo agresivno izbacuju mužjaka iz gnijezda (Lamb, 1976). Budući da ženke imaju dugi period brige za mlade, neće se pariti u idućem plodnom ciklusu, tako da mužjak mora otići tražiti novu ženku koja je spremna za parenje i s njome sagraditi novu nastambu (Lamb, 1976). Nakon što polegne jaja, ženka ih skupi na jednu hrpicu, te ih čisti od gljivica i patogena (Weyrauch, 1927) i brani od predatora (Lamb, 1976; Vancassel i Foraste, 1980). Tijekom brige za jaja, ženka napušta leglo samo dok se hrani, a

nakon što se nimfe izlegnu, pazi na njih tijekom 2 stadija (stanja između ciklusa presvlačenja), i nosi im hranu natrag u gnijezdo ili ih hrani regurgitacijom, čime im također prijenosi svoje simbiotske bakterije (Staerkle i Koelliker, 2008). U slučaju smrti majke, ako se jaja još nisu izlegla, nesrodne ženke mogu pokupiti jaja iz nastambe i odnijeti ih u vlastitu nastambu (Lamb, 1976).



Slika 8. *Forficula auriculata* ženka sa a) jajima i b) tek izlegnutim nimfama (Izvor: Warren Photographic)

5.2. *Thorax procellana* (Henri Louis Frédéric de Saussure, 1862) (Blaberidae: Blattaria)

Neke vrste žohara produžuju period roditeljske skrbi ne samo čuvanjem nimfi, nego ih također hrane i tjelesnim izlučevinama. U slučaju *Thorax procellana* (Slika 9.), koji je ovoviviparna vrsta, ženka nosi jaja bez ooteke u membranskoj vrećici na spolnom otvoru, te se nakon izljetanja iz jajeta nimfe popnu majci na leđa ispod elitri, i drže se specijaliziranim mandibulama za njenu kutikulu. (Bhoopathy, 1998) Majka ih u tom položaju nosi sa sobom do samostalnosti i hrani ih tergalnim ekzudatom (produkt hemolimfe) (Nalepa, 1997). Nakon nekoliko stadija mladi gube svoje juvenilne mandibularne 'zubiće' i više se ne mogu držati pričvršćeni za majku, nakon čega se odvajaju i postaju samostalni (Royle i sur., 2012).



Slika 9. *Thorax procellana* s nimfama pod elitrama (Izvor: Natasha Mhatre)

5.3. *Amaurobius ferox* (Walckenaer, 1830) (Araneidae, Amaurobiidae)

Još jedan primjer izravnog roditeljskog hranjenja mladih su trofička jaja. To su neoplođena jaja koje majka liježe direktno u leglo kao hranu za potomke ubrzo nakon što izađu iz jaja. Kada je spremna izleći jaja, ženka sakupi mlade pauke sebi pod trbuh i pedipalpima ih potiče da se popnu na ventralnu stranu njene prosome i opistostome. Kada zauzmu pogodni položaj, ženka počne istiskivati trofička jaja, koja su odmah pojedena. U ovom stadiju mladi pauci još nisu agresivni jedni prema drugima (Kim i Roland, 2000). Trofička jaja najvjerojatnije su se razvila kao mehanizam minimiziranja kanibalizma među mladima (Royle i sur., 2012) jer u leglima pauka koje je majka napustila najstariji i najveći pauci pojedu i oplođena jaja i braću (Kim i Roland, 2000). Nakon otprilike tjedan dana, kada su mladi na drugom stadiju, ženka će početi hodati po mreži s mladima na način koji imitira plijen koji je zapeo u paučini, potičući mlade da se okupe oko nje, i zatim se prestane micati. Mladi pauci se prihvate za njenu opistostomu i počnu joj sisati hemolimfu dok ne ostane samo prazni karapaks (matrifagija) (Kim i Horel, 2010) (Slika 10.).



Slika 10. *Amaurobius ferox*, 2 dana nakon izlijevanja, mladi puci jedu majku (Izvor: Tone Killick)

6. Opskrba zalihe hrane za mlade

Iako je slična prethodno navedenoj strategiji, opskrba zalihe hrane dovoljno je drugačiji mehanizam brige da su ovdje odvojeni. Opskrbljivanje hranom u ne-eusocijalnih kukaca ovisi o vrsti gnijezda ili brloga koje određena vrsta gradi za svoje leglo: masovno opskrbljivanje, progresivno opskrbljivanje i gniježđenje u samom izvoru hrane (Royle i sur., 2012), te je metoda koja je, u određenim uvjetima, dovela do razvitka eusocijalnosti u Hymenoptera i kornjaša vrste *Austroplatypus incompertus* (Kent i Simpson, 1992)

6.1. *Ammophila* spp. (Hymenoptera: Sphecidae)

Različite vrste roda *Ammophila* (Slika 11.), iliti pješčane ose, dobar su primjer masovnog opskrbljivanja (eng. mass provisionig) koji je česta metoda roditeljske skrbi u subsocijalnih vrstama Hymenoptera. Pješčane ose dobile su ime po tome što kopaju dugačak, nerazgranati tunel u pijesku za svoj brlog, s eliptičnom komoricom na kraju u koju ostavljaju zalihu hrane, u ovom slučaju gusjenice. Kada iskopaju brlog, u njega prvo pospreme paralizirane gusjenice koje su ulovili, zalijepe im jaje na abdomen (jedno za svaku gusjenicu) i trajno zatvore ulaz od brloga (Casiraghi i sur., 2001; Pham i sur., 2024). Tijekom ovog procesa nije moguće paziti otvoreni brlog cijelo vrijeme, pa su ženke podložne kleptoparazitizmu, ne samo od vlastite vrste nego i srodnih vrsta, gdje ženke ulaze u okupirane brloge i zamjenjuju tuđa jaja svojima (Kurczewski,

1998). Zanimljivo, jednako često se uljezi i sami pobrinu za opskrbljivanje hrane, pošto će njihovi potomci umrijeti od gladi ako domaća ženka shvati da jaja nisu njena. U tom slučaju ženke mogu dijeliti brlog, pošto ih manje „košta“ tolerirati drugu ženku nego konstanto zamjenjivati uljezova jaja svojima (Field i sur., 2023). Nakon izlijeganja, majka više nema kontakta sa svojim potomcima, te ide dalje kopati novi brlog.



Slika 11. *Ammophila pubescens* (Curtis, 1836), pred ulaskom u brlog u kojeg stavlja gusjenicu (Izvor: Sascha N.)

6.2. Eusocijalni Hymenoptera

Osim dosad obrađenih subsocijalnih vrsta i njihovih metoda roditeljske brige, metoda simultanog progresivnog opskrbljivanja (eng. simultaneous progressive provisioning), najistaknutije primjere ima među eusocijalnim kukcima. Simultano progresivno opskrbljivanje znači da je svaka individualna ličinka u vlastitom gnijezdu, a roditelj ih obilazi i donosi im hranu (Hunter i sur., 2007) Ovaj model također se viđa u nekim vrstama roda *Ammophila*, poput *A. polistes* (Cresson, 1865), u kojima majka ima do 4 legla s po jednom ličinkom i sve ih jednako obilazi. Iako ovaj model zahtjeva više energije i ulaganja od masovnog opskrbljivanja, u uvjetima u kojima ličinke imaju vrlo male šanse preživjeti do odrasle dobi bez majčine pomoći, ovaj model osigurava preživljavanje potomaka znatno više od prijašnjeg (Field, 2005). Eusocijalnost se razvila upravo iz ovog modela, vjerojatno tako da su majčine nefertilizirane kćeri počele hraniti njene mlade (Kent i Simpson, 1992).

6.3. *Cryptocercus punctulatus* (Scudder, 1862) (Cryptocercidae: Blattodea)

Sjevernoamerički šumski žohar, *Cryptocercus punctulatus*, je vrsta beskrilog žohara raširenog po Apalačkim planinama istočnog SAD-a, te primjer treće metode opskrbljavanja potomstva: gniježđenja u samom izvoru hrane. Šumski žohari strogi su ksilofagi koji cijeli život provode u ili na srušenim i raspadajućim trupcima listopadnog drveća kojim se hrane i u kojima rade brloge. Ne nastanjuju trupce na kojima su već prisutne druge vrste žohara (Nalepa, 1984).

Iako nisu striktno semelparni, jedan par žohara će najčešće imati jedno leglo tijekom cijelog života (Nalepa 1988a). Mužjak i ženka se upare čim dosegnu spolnu zrelost, te nakon jedne godine polegnu do četiri ooteke (Nalepa, 1988b). Oba roditelja zajedno brinu za mlade i grade složen brlog koji se sastoji od mnogih tunela i komora. Roditelji čiste jaja, štite jaja i nimfe od grabežljivaca kao i od drugih žohara, hrane mlade trofalaksijom (regurgutatom), te čiste mlade i izmet. Za razliku od većine kukaca, mladi se izlegu altricijalni; slijepi s tankom i blijedom kutikulom, te su potpuno ovisni o roditeljima. Nemaju ni nužne praživotinjske simbioante za razgradnju celuloze, nego ih moraju dobiti od roditelja. Nakon nekoliko presvlačenja, mladi razvijaju oči i sposobni su se samostalno hraniti drvom, no roditelji i dalje brinu za njih, što je vrlo rijetko u ne-eusocijalnih kukaca. Nimfe ostaju s roditeljima čak i preko tri godine. Spolnu zrelost dostižu s 5 do 6 godina, a prije toga napuštaju roditeljski brlog (Nalepa i Bell, 1997). S obzirom na dugi period asocijacije roditelja i mladih, smatra se da su preteča modela eusocijalnosti u termita (Nalepa, 1988b).



Slika 12. *Cryptocercus* sp. Odrasla jedinka (desno) i nimfa (lijevo) (Izvor: David Maddison)

7. Zaključak

Iako su beskralježnjaci u pravilu r-selektivne vrste, koje velikim brojem potomaka kompenziraju manjak ulaganja u njih, postoje vrste koje ipak primjenjuju određene strategije koje inače povezujemo s K-selektivnim vrstama, tj. različite oblike brige za mlade. Opseg i trajanje brige

variraju u širokom rasponu ovisno o vrsti u pitanju, te se mogu podijeliti na majčinsku, očinsku, te biparentalnu brigu. U čuvanju oplođenih jaja od grabežljivaca prednjače hobotnice i lažipauci, dok su za nošenje jaja značajni primjeri škamp i određene vrste vodenbuba. Za odvedenije strategije oviparnosti i ovoviviparnosti kao primjeri se mogu navesti pojedine vrste žohara, ogrci i škorpioni. Uholaze te određene vrste žohara i pauka idu i korak dalje te izravno hrane izlegle potomke, pri čemu je ekstreman primjer matrifagija. Eusocijalni kukci, neki kornjaši, pješčane ose i sjevernoamerički žohari imaju najodvedeniju brigu za mlade, koja uključuje opskrbu pojedinih ličinki hranom, te u slučaju žohara i eusocijalnih kukaca, produljenu asocijaciju mladih s roditeljima (u trajanju od više godina). Evolucijski gledano, briga za mlade u svim oblicima povisuje vjerojatnost opstanka potomstva, unatoč visokom riziku i uložnim resursima od strane roditelja. Uvjeti koji pospješuju razvoj takve evolucijske strategije su stabilno stanište, grabežljivci koji se hrane jajima, te obilni ali kratkotrajni resursi. Primjeri navedeni u ovom radu još su uvijek malobrojni, te je potrebno provoditi daljnja istraživanja kako bi se otkrilo još vrsta beskralježnjaka koje jamačno provode neki oblik brige za potomstvo.

8. Literatura

Alakrinskaya, I. O. (1969.) Morphological adaptations to viviparity in *Viviparus viviparus* (Gastropoda, Prosobranchia). *Zoologicheskii Zhurnal* 48, 1608–1612.

Bhoopathy, S. V. (1998.) Incidence of parental care in the cockroach *Thorax porcellana* (Saravas) (Blaberidae : Blattaria). *Current Science*, 74, 248-251.

Casiraghi, M., Martinoli, A., Bosco, T., Preatoni, D. G., i Andrietti, F. (2001.) Nest provisioning and stinging pattern in *Ammophila sabulosa* (Hymenoptera, Sphecidae): Influence of prey size. *Italian Journal of Zoology*, 68(4), 299–303.

Dawkins, R., i Carlisle, T. R. (1976.) Parental investment, mate desertion and a fallacy. *Nature* 262, 131–3.

Farmer, A. S. D. (1975.) Synopsis of data on the Norway lobster *Nephrops norvegicus*. FAO Fisheries Synopsis No. 112. Food and Agriculture Organization. pp. 1–97.

- Farmer, A. S. D. (2009.) Reproduction in *Nephrops norvegicus* (Decapoda: Nephropidae). *Journal of Zoology*, 174(2), 161–183.
- Field, J., Savill, C., i Foster, W.A. (2023.) Brood Parasites That Care: Alternative Nesting Tactics in a Subsocial Wasp, *The American Naturalist*, 202(5):655-666
- Field, J. (2005.) The evolution of progressive provisioning. *Behavioral Ecology* 16, 770–8.
- Gilbert, J. D. J., i Manica, A. (2015.) The evolution of parental care in insects: A test of current hypotheses. *Evolution*, 69(5), 1255–1270.
- Hamilton, W. D. (1964.) The genetical evolution of social behaviour. I. *Journal of Theoretical Biology* 7, 1–16.
- Hunt, J.H., (2007.) *The Evolution of Social Wasps* ; online edn, Oxford Academic, 1 Apr. 2010),
- Jakubik, B. (2012.) Life strategies of Viviparidae (Gastropoda: Caenogastropoda: Architaenioglossa) in various aquatic habitats: *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) and *V. contectus* (Millet, 1813), *Folia Malacologica*, 20(3), 145–179.
- Jakubik, B., i Augustinyuk, A. (2002.) Reproduction of *Viviparus viviparus* (Linnaeus, 1758) in the mid and lower sections of the Narew River. *Folia Malacol.* 10: 85–90.
- Joll, L.M. (1976.) Mating, egg-laying and hatching of *Octopus tetricus* (Mollusca: Cephalopoda) in the laboratory. *Marine Biology* 36, 327–333.
- Kent, D. S., i Simpson, J. A. (1992.) Eusociality in the beetle *Austroplatypus incompertus* (Coleoptera: Curculionidae). *Naturwissenschaften*, 79(2), 86–87.
- Kim, K. W., i Roland, C. (2000.) Trophic egg laying in the spider, *Amaurobius ferox*: mother–offspring interactions and functional value. *Behavioural Processes*, 50(1), 31–42.
- Kim, K.-W., i Horel, A. (2010.) Matriphagy in the Spider *Amaurobius ferox* (Araneidae,

- Amaurobiidae): an Example of Mother-Offspring Interactions. *Ethology*, 104(12), 1021–1037.
- Kölliker, M. (2007.) Benefits and costs of earwig (*Forficula auricularia*) family life. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 61(9), 1489-1497.
- Kurczewski, F. E., i Spofford, M. G. (1998.) Alternative nesting strategies in *Ammophila urnaria* (Hymenoptera: Sphecidae). *Journal of Natural History*, 32(1), 99–106.
- Lamb, R.J. (1976.) Parental behavior in the Dermaptera with special reference to *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae). *The Canadian Entomologist*, 108(6), 609-619.
- Machado, G., Requena, G. S., Buzatto, B. A., Osses, F. i Rossetto, L. M. (2004.) Five new cases of paternal care in harvestmen (Arachnida: Opiliones): implications for the evolution of male guarding in the Neotropical family Gonyleptidae. *Sociobiology*, 44, 577–598.
- Manica, A., i Johnstone, R. A. (2004.) The evolution of paternal care with overlapping broods. *The American naturalist*, 164(4), 517–530.
- Marković O., i Petović S. (2016.) Some Preliminary Data about Reproductive Activity of Female of *Nephrops norvegicus* (Linnaeus, 1758), in the South Adriatic Sea (Montenegro), *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 16, 743-748.
- Mori, M., Biagi, F., i De Ranieri, S. (1998.) Fecundity and egg loss during incubation in Norway lobster (*Nephrops norvegicus*) in the North Tyrrhenian Sea. *Journal of Natural History*, 32(10–11), 1641–1650.
- Motohide, S., Wakano, J. Y. i Ihara, Y. (2007.) A theoretical study on the evolution of male parental care and female multiple mating: Effects of female mate choice and male care bias, *Journal of Theoretical Biology*, 247(2), 281-296.
- Nalepa, C. A., i Bell W. J. (1997.) Postoviposition parental investment and parental care in cockroaches. U: Choe JC, Crespi BJ, Editors. *The Evolution of Social Behavior in Insects and Arachnids*. pp. 26–51.

Nalepa, C. A. (1984.) Colony composition, protozoan transfer and some life history characteristics of the woodroach *Cryptocercus punctulatus* Scudder (Dictyoptera: Cryptocercidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 14, 273–279.

Nalepa, C. A. (1988a.) Cost of parental care in the woodroach *Cryptocercus punctulatus* Scudder (Dictyoptera: Cryptocercidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 23, 135–140.

Nalepa, C. A. (1988b.) Reproduction in the Woodroach *Cryptocercus punctulatus* Scudder (Dictyoptera: Cryptocercidae): Mating, Oviposition, and Hatch, *Annals of the Entomological Society of America*, 81(4), 637–641,

Pham, P., Pham, M., i González, J. (2024.) Nesting and mating behaviours, and the development time of three solitary digger wasps of the genus *Ammophila* (Hymenoptera: Sphecidae). *Animal Biology* (published online ahead of print 2024)

Polis, G.A. i Farley, R.D. (1979.) Characteristics and environmental determinants of natality, growth and maturity in a natural population of the desert scorpion, *Paruroctonus mesaensis* (Scorpionida: Vaejovidae). *Journal of Zoology* 187: 517–542

Requena, G. S., Buzatto, B. A., Munguía-Steyer, R., i Machado, G. (2009.) Efficiency of uniparental male and female care against egg predators in two closely related syntopic harvestmen. *Animal Behaviour*, 78(5), 1169–1176.

Robison, B, Seibel, B, i Drazen, J (2014.) Deep-Sea Octopus (*Graneledone boreopacifica*) Conducts the Longest-Known Egg-Brooding Period of Any Animal. *PLoS ONE* 9(7): e103437.

Roth, Louis M., (1968.) Oöthecae of the Blattaria, *Annals of the Entomological Society of America*, 61(1), 83–111.

Royle, Nick J., Smiseth, P. T. i Kölliker, M. (2012) *The Evolution of Parental Care*, Oxford Academic, Oxford

Shaffer, L. R., i Formanowicz, JR, D. R. (1996.) *A cost of viviparity and parental care in scorpions: reduced sprint speed and behavioural compensation.* *Animal Behaviour*, 51(5),

1017–1024.

Smith, R. L (1976.) Male Brooding Behavior of the Water Bug *Abedus herberti* (Hemiptera: Belostomatidae), *Annals of the Entomological Society of America*, 69(4), 740–747.

Smith, R. L. (1979.) Paternity assurance and altered roles in the mating behaviour of a giant water bug, *Abedus herberti* (heteroptera: Belostomatidae). *Animal Behaviour*, 27, 716–725.

Staerke, M., i Kölliker, M. (2008.) Maternal Food Regurgitation to Nymphs in Earwigs (*Forficula auricularia*). *Ethology*, 114(9), 844–850.

Suzuki, S. (2013.) Biparental Care in Insects: Paternal Care, Life History, and the Function of the Nest. *Journal of Insect Science*, 13(131), 1–16.

Tallamy D.W., i Brown W.P. (1999.) Semelparity and the evolution of maternal care in insects. *Animal Behaviour*, 57(3), 727-730.

Tallamy, D. W. (2001.) Evolution of exclusive paternal care in Arthropods. *Annual Review of Entomology*, 46(1), 139–165.

Tallamy, D. W. i Wood, T. K. (1986.) Convergence patterns in subsocial insects. *Annual Review of Entomology* 31, 369–390.

Trumbo, S.T. (1996) Parental care in invertebrates. *Advances in the Study of Behavior* 25: 3–51.

Vancassel, M., i Foraste, M. (1983.) Parental behavior in Dermaptera. *Reproduction, nutrition, developpement*, 20(3B), 759-770.

Velasco, J., i Millan, V. H. (1998). Feeding Habits of Two Large Insects from a Desert Stream: *Abedus herberti* (Hemiptera: Belostomatidae) and *Thermonectus marmoratus* (Coleoptera: Dytiscidae). *Aquatic Insects*, 20(2), 85–96.

Warburg, M. R. (2011.) Scorpion reproductive strategies, allocation and potential; a partial review, *European Journal of Entomology*, 108(2), 173-181.

Warburg, M. R. (2012.) Pre- and post-parturial aspects of scorpion reproduction: a review. *European Journal of Entomology* 109(2) : 139-146

Weyrauch, W. K. (1927.) Experimentelle analyse der Brutpflege des Ohrwurmes *Forficula auricularia* L., *Biologisches Zentralblatt*, 49, 543–558.

Wilson, E. O. (1971.) *The Insect Societies*. Cambridge: Belknap Press. ISBN 9780674454903. OCLC 199513. (Pristupljeno putem Internet Archive, 6.8.2024.)

Wilson, E. O. (1975.) *Sociobiology: The New Synthesis*, Harvard University Press, Cambridge, Mass.

Zeh, D. W. i Smith, R. L. (1985.) Paternal investment by terrestrial arthropods. *American Zoologist*, 25, 785–805.

Zeh, D. W., Zeh, J. A., i Smith, R. L. (1989.) Ovipositors, amnions and eggshell architecture in the diversification of terrestrial arthropods. *Quarterly Review of Biology* 64, 147–68.

Slike:

Slika 2 <https://campuspress.yale.edu/gsrequena/pictures/> (pristupljeno 24.8.2024.)

Slika 3 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nephrops_norvegicus_with_roe.JPG (pristupljeno 24.8.2024.)

Slika 4 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abedus_herberti.jpg (pristupljeno 24.8.2024.)

Slika 5 <https://entnemdept.ufl.edu/creatures/urban/roaches/german.htm> (pristupljeno 24.8.2024.)

Slika 6 https://ukrbin.com/show_image.php?imageid=166471 (pristupljeno 28.8.2024.)

Slika 7 <https://www.inaturalist.org/photos/72546902> (pristupljeno 28.8.2024.)

Slika 8 <https://www.warrenphotographic.co.uk/05165-earwig-guarding-young-and-eggs> (pristupljeno 15.8.2024.)

Slika 9 https://www.researchgate.net/figure/A-female-cockroach-in-the-subfamily-Epilamprinae-possibly-in-the-genus-Thorax-carrying_fig3_312003551 (pristupljeno 28.8.2024.)

<https://penanggalan.tumblr.com/post/1646083761/cockroachmommy>

Slika 10 <https://www.flickr.com/photos/77794733@N05/35329862183> (pristupljeno 4.9.2024.)

Slika 11 <https://www.inaturalist.org/observations/128548946> (pristupljeno 4.9.2024.)

Slika 12 <https://phys.org/news/2017-06-cockroaches-termites-great-parents.html> (pristupljeno 4.9.2024.)

9. Životopis

Rođena sam 5.10.1998., u Zagrebu gdje sam pohađala osnovnu školu Lovre pl. Matačića. Srednjoškolsko obrazovanje sam stekla u Zagrebu, u Prirodoslovnoj školi Vladimira Preloga, smjer Prirodoslovna Gimnazija. Godine 2017. upisala sam preddiplomski studij Biologija na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu (PMF) u Zagrebu.