

Socijalne strukture i interakcije mrava

Miholić, Luka

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:059034>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-29**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

SOCIJALNE STRUKTURE I INTERAKCIJE MRAVA
SOCIAL STRUCTURES AND INTERACTIONS OF ANTS

Luka Miholić

Preddiplomski studij znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental Sciences)

Mentor: doc. dr. sc. Tvrtko Dražina

Zagreb, 2020.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. MORFOLOGIJA, BIOLOGIJA I EKOLOGIJA MRAVA	1
3. SOCIJALNE STRUKTURE.....	4
4. SOCIJALNE INTERAKCIJE.....	9
4.1 INTRASPECIJSKE INTERAKCIJE.....	9
4.1 INTERSPECIJSKE INTERAKCIJE.....	11
5. SOCIJALNE STRUKTURE I INTERAKCIJE INVAZIVNIH VRSTA MRAVA.....	13
6. ZAKLJUČAK.....	15
7. LITERATURA.....	16
8. SAŽETAK.....	17
9. SUMMARY.....	18

1. UVOD

Postoji oko 15000 vrsta mrava (Habdija i sur. 2011) , a ukupan broj jedinki je gotovo nemoguće procijeniti. No, znamo da, iako vrlo sitni, mravi su izrazito važni u funkcioniranju ekosustava u kojima žive. Ljudi često životinjama pridaju antropomorfne pridjeve i osobine pa tako i malena djeca znaju za poredbu „marljiv kao mrav“. Osim što se mrava smatra izrazito radišnim, naveliko je poznata i njegova snaga. Mrav može podići teret 5000 puta veći od svoje težine (Nguyen i sur. 2014) što ga stavlja uz bok s najsnažnijim životinjama. Pa ipak, možda od svega toga najviše začuđuje mravlja zajednica u kojoj milijuni jedinki savršeno surađuje i tvore jedan od najspektakularnijih društvenih sustava u prirodi. Zbog toga mravlje kolonije često nazivaju jednim „superorganizmom“. Mene je ova tema oduvijek fascinirala i plijenila pažnju. Kako tako sitni i, naizgled, jednostavni organizmi mogu živjeti u enormnoj zajednici čije se gnijezdo može protezati kvadratnim kilometrima i pri tome svi rade za dobrobit zajednice. Čak i u slučaju viševladarstva ne postoji kompeticija među kraljicama i radnicima već im upravo to slaganje daje prednost. Stoga i ne čudi činjenica da su mravi zauzeli mnoge ekološke niše i nastanili šest kontinenata čak i na najekstremnijim područjima. Zapravo, gdje god pogledali u prirodi, velika je vjerojatnost da ćemo spaziti mrave te nam se ponekad čini da su oni svuda oko nas. Najviše od svega me intrigira njihov način podjele rada unutar zajednice te međusobna komunikacija među tolikim brojem jedinki. Radi svega toga, odlučio sam se na ovu temu svog završnog rada kako bih dao literaturni pregled mravlje komunikacije i funkcioniranja u društvenom sustavu.

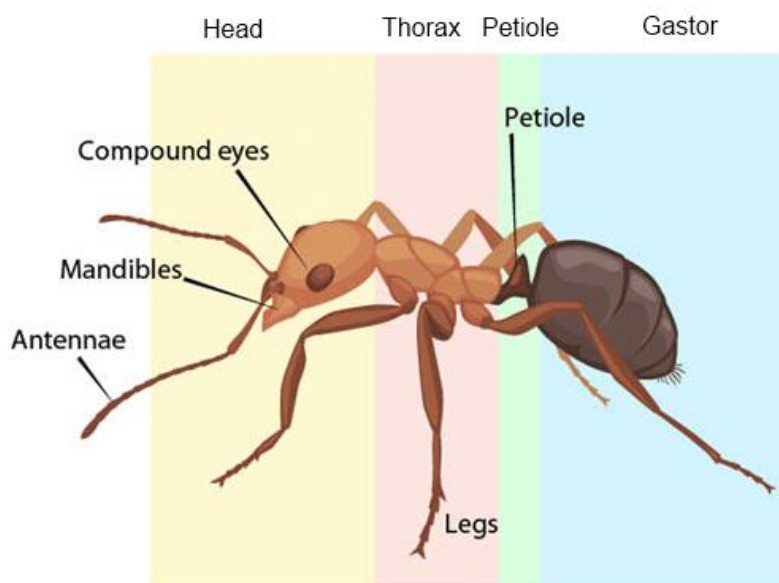
2. MORFOLOGIJA, BIOLOGIJA I EKOLOGIJA MRAVA

Mravi (Formicidae) su porodica kukaca iz reda opnokrilaca (Hymenoptera). Žive zadružno i grade nastambe, mravinjake, u kojima živi po više tisuća jedinki. To su polimorfne životinje u čijim zajednicama, uz krilate mužjake i ženke, najviše ima oblika koji su spolno zakržljale ženke („radnici“ i „vojnici“). Kao i svi kukci njihovo tijelo je podijeljeno na glavu (*caput*, građena od 5 kolutića), prsa (*thorax*, građen od 3 kolutića) i zadak (abdomen, građen od 11 kolutića). Između prsa i zatka se nalazi petiola – utanjeni članak prsa ili zatka. Petiola može biti raznih veličina i oblika, a kod nekih vrsta je reducirana. Na glavi se nalaze ticala, oči i usni organi (slika 1). Ticala im, kao i kod ostalih kukaca, služe kao osjetilni organi i za komunikaciju. Ona su sastavljena od stručka, spojnice i biča i općenito po obliku mogu biti četinasta, nitasta, čislasta itd. Mravi imaju koljenasta. Mravi imaju usne organe za grizenje.

To su najprimitivniji usni organi. Na gornjim čeljustima se nalaze zubići kojima mravi grizu i drobe hranu, ali isto tako služe i za obranu.

Na prsima se nalaze tri para člankovitih nogu te dva para opnastih krila. Noge se sastoje od 6 članaka - kuk, nožni prstenak, bedro, gnjat, stopalo i predstopalo. U krila se proširuju cijevi tjelesne šupljine kroz koje prolaze uzdušnice, živci i hemolimfa. Stražnja krila su kod svih opnokrilaca uvijek manje od prednjih. Na zadnjem, trećem prsnom kolutiću, nalaze se otvori metapleurarnih žlijezdi. Metapleurarne žlijezde su pronađene isključivo kod mrava, a njihova glavna uloga je proizvodnja antibiotika koji štite mrave od mikroorganizama (Billen 2009).

U zatku ženki i mrava radnika nalazi se otrovna žlijezda koja uglavnom izlučuje mravlju kiselinu. Izlučinu ispuštaju uz pomoć žalca (npr. mravi iz potporodice Myrmicinae), a ako ga nemaju, snažnim mandibulama najprije načine ranu koju zatim pošpricaju mravljom kiselinom (npr. mravi iz potporodice Camponotinae; Habdija i sur. 2011, Grimaldi i Engel 2005).



Slika 1 Dijelovi mrava (head-glava, thorax-prsa, petiole-petiola, gaster-zadak, compound eyes-složene oči, mandibles-čeljusti, antennae-ticala, legs-noge) (URL 1)

Mravi grade stanove u trulim stablima, u zemlji, ili prave humke od nanesenih tvari. Mravinjaci u osnovi služe za zaštitu i utočište, ali i za skladištenje hrane u posebnim komorama ili pak održavanje temperature koja je hladnija ili toplija u odnosu na vanjsku okolinu. Mravinjaci se po svom obliku i građi često vrlo razlikuju makar se radilo o srodnim

vrstama mrava koje obitavaju na istom području. Materijal vrlo brzo i efikasno lijepe slinom te ne troše previše energije na gradnju. Zbog toga mnoge vrste napuštaju svoj mravinjak u slučaju opasnosti. Većina mrava koji žive u umjerenj klimi nije aktivna tijekom zime. U to doba svi se zajedno zavuku u dublje dijelove mravinjaka gdje prezime (Habdija i sur. 2011, Preston-Mafham i Preston-Mafham, 2005).

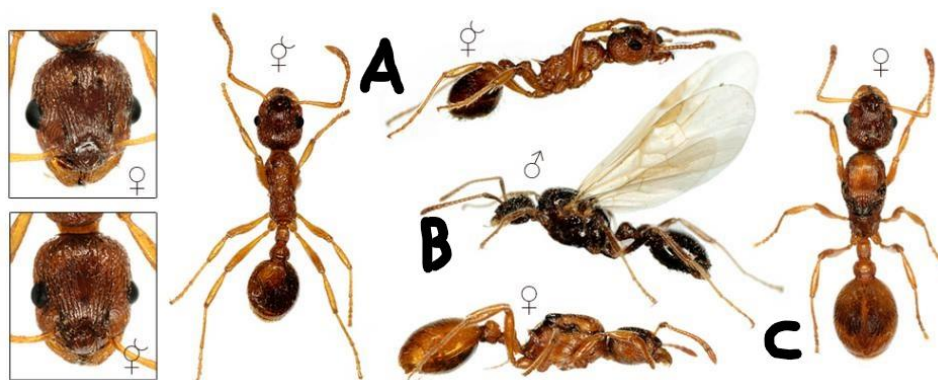
Mravi se pare ljeti, a u tropskim krajevima se pare kroz cijelu godinu iako nešto rjeđe tokom sušne sezone (Torres i sur. 2001). Za vrijeme tzv. svadbenoga leta pojave se krilati mužjaci i ženke koji u rojevima izlijeću iz mravinjaka i u letu se pare. Nakon parenja mužjaci brzo uginu, a ženkama otpadnu krila te ih radnici odnesu natrag u mravinjak da nesu jajašca ili one s dijelom radnika osnivaju nove mravinjake. Za vrijeme parenja ženke pohrane spermije u svom sjemenom spremištu (*receptaculum seminis*). Pohranjeno sjeme im je dostatno za doživotnu proizvodnju jaja (i do 15 godina). Oplođena ženka, koja se naziva kraljicom, pronalazi pogodno mjesto za novi mravinjak i nese jaja, a kada se izlegu prve ličinke, hrani ih svojom slinom sve dok se ne zakukulje. Iz kukuljica se razvijaju radnici (neplodne ženke), koji se brinu za gnijezdo, te čiste i hrane kraljicu, koja nese jaja.

Mravi mogu biti biljojedi, mesojedi i svejedi. Najveća raznolikost i brojnost im je u tropskim krajevima. Pretpostavlja se da je biomasa mrava u šumama Amazonije četiri puta veća od biomase svih kralježnjaka zajedno! Mravi su kukci vrlo velikog ekološkog značaja. Velik broj vrsta mrava su oportunisti što znači da se hrane raznovrsno i nisu izbirljivi. Pojesti će razne uginule organizme i životinjske i biljne ostatke te bismo mogli reći da imaju ulogu "čistaća" u ekosustavu. Osim toga mravi prorahljuju tlo svojim podzemnim tunelima i mravinjacima. Tako primjerice, kolonija od svega 5000 floridskih mrava *Pogonomyrmex badius* (Latreille, 1802) može premjestiti 20 kilograma pijeska u samo 5 dana. A veliki su svega 3 milimetra. Inače, najmanja vrsta mrava je *Carebara atoma* (Emery, 1900) duga svega 1 milimetar, a najveća je vrsta veliki amazonski mrav (*Dinoponera gigantea* (Perty, 1833)) dugačka čak 3,5 centimetra (Grimaldi i Engel 2005). Razlog tolike uspješnosti mrava leži u njihovoj podjeli rada kao i u tome što su izrazito prilagodljivi te iskorištavaju svaki okoliš u kojem se nalaze. Tako npr., mravi sjekači roda *Atta* hrane i uzgajaju gljive, te koriste i antibiotike i simbiotske bakterije kako bi zaštitili svoje usjeve gljiva od infekcija. Mravi su također vrlo korisne životinje jer sudjeluju u distribuciji sjemenki te u rahljenju tla, ali i suzbijanju lisnih uši i drugih štetnika (Resh i Carde 2003).

U Hrvatskoj među najčešćim i najpoznatijima su: šumski ili rusi mrav (*Formica rufa* (Linnaeus, 1761)) koji gradi velike nadzemne mravinjake od iglica po crnogoričnim šumama, veliki mravalj (*Camponotus herculeanus* (Linnaeus, 1758)) koji gradi mravinjak u panjevima, mali drvotočni mrav (*Lasius fuliginosus* (Latreille, 1798)), žućkasti livadni mrav (*Lasius flavus* (Fabricius, 1782)) te crveni mrav (*Myrmica rubra* (Linnaeus, 1758)) s otrovnim žalcem.

3. SOCIJALNE STRUKTURE

Mravi kao eusocijalni kukci tvore kolonije s mnogobrojnim članovima. Kolonija se uobičajeno sastoji od jedne ili više fertilnih ženki („kraljica“), mnogobrojnih spolno zakržljalih, sterilnih ženki („radnici“ i „vojnici“), te od jajašaca, ličinki i kukuljica (Resh i Carde 2003). Između radnika i kraljica uočljive su jasne morfološke razlike (Slike 2 i 3). Kraljice su mnogo veće, imaju krila, velike oči i ocele te vrlo dobro razvijen reproduktivni sustav koji uključuje ovariole s jajnim stanicama i sjemenom spremište (*receptaculum seminis*). Radnici pak imaju reducirane oči, ocele i reproduktivni sustav ili ih uopće nemaju te su beskrilni (Tribble i Kronauer 2017).



Slika 2. Kraljica (C), sterilna ženka/radnik (A) i trut (B) vrste *Myrmica rubra* (URL 2)



Slika 3. Krilata kraljica vrste *Myrmica rubra* (URL 2)

Mužjaci mrava zovu se trutovi. Oni posjeduju krila i veći su od radnika (Slika 2). To su haploidne jedinice što znači da nose polovičan broj kromosoma u svim svojim stanicama. Općenito se kod reda Hymenoptera spolovi određuju na temelju ploidijske jedinice. Mužjaci su uvijek haploidni a ženke diploidne. Jedina zadaća trutova je da oplode kraljicu tokom svadbenog leta koji se najčešće događa kada su vremenske prilike pogodne – toplo i mirno vrijeme. No ne izlijeću svi trutovi i kraljice u istom danu iz mravinjaka već neki ostaju kao rezerva te izlaze nekoliko dana kasnije. S kraljicama se pare u letu ili na tlu (ovisno o vrsti), a nakon parenja ugibaju s obzirom da su ispunili svoju zadaću (Preston-Mafham i Preston-Mafham 2005).

Uloga radnika je održavanje čistoće i funkcioniranje mravinjaka. Mladi radnici vode brigu o ličinkama i kukuljicama (Slike 4 i 5). Oni srednje dobi brinu o gnijezdu, otklanjaju zapreke u podzemnim tunelima, prevoze hranu ili odnose odbačeni materijal iz gnijezda. Samo najstariji radnici napuštaju gnijezdo u potrazi za hranom. Oni ne prežive dugo na ovome zadatku jer im prijeti opasnost da postanu hrana većim životinjama (Habdija i sur. 2011). Radnici su u većini vrsta mrava prilagodljivi te mogu mijenjati svoje zadatke koje obavljaju unutar ili van gnijezda (Preston-Mafham i Preston-Mafham 2005).



Slika 4. Odrasle jedinice - radnici (adult worker) koji brinu oko jajašca (eggs) vrste *Lasius flavus* (URL 4)



Slika 5. Odrasla jedinka - radnik (adult worker) koji nosi kukuljicu (pupae) vrste *Lasius flavus* (URL 4)

Osim kasta, razlikuju se i interkaste. To su kaste s vanjskim obilježjima i radnika i kraljice. Jedan od primjera je ergatoidna kraljica. Ergatoidne kraljice nemaju krila ali imaju jako dobro razvijen reproduktivni sustav. Bitno je napomenuti kako su ergatoidne kraljice vrlo rijetke u mravljim kolonijama te se pretpostavlja kako nemaju specifičnu ulogu u zajednici već obavljaju poslove radnika. Interkaste vrste *Myrmica rubra* imaju reducirane oči poput radnika, ali i reproduktivni sustav poput kraljica. Veličinom su veće od radnika no manje od kraljica. Ovakve interkaste su fenotipski različite od radnika no imaju istu ulogu. Javljaju se također i u vrsta *Pristomyrmex punctatus* (Smith, 1860) i *Technomyrmex albipes* (Smith, 1861) (Tribble i Kronauer 2017).

Interkasta radnika su i vojnici. Vojnici imaju veliku glavu u odnosu na svoje tijelo, snažne čeljusti i također nemaju krila (Trible i Kronauer 2017). Sterilni su no specijalizirali su se za drugačiju vrstu zadatka te je sukladno time došlo i do morfoloških promjena poput velikog tijela, snažnih čeljusti i čvrstog oklopa (Slika 6). Osim što se fenotipski razlikuju od radnika imaju i različitu ulogu. Uloga vojnika jest stražarenje i briga o redu i funkcioniranju zajednice (Habdija i sur. 2011). Međutim, kod nekih vrsta radnici su se svojim specifičnim tijelima specijalizirani za određeni tip zadataka te podsjećaju na vojnike. Kod mrava roda *Pheilode* neki radnici imaju veliku glavu s izrazito velikim čeljustima koje im služe za razbijanje sjemenki te morfološki podsjećaju na vojnike nekih drugih vrsta iako funkcijom to nisu. Kod rodova *Paracryptocerus* i *Zacryptocerus* radnici su preuzeli i ulogu obrane mravinjaka i to vrlo uspješno. Imaju čvrstu glavu spljoštenu u obliku diska kojim u slučaju opasnosti poput štitova zatvaraju ulaze u gnijezdo. No, ponekad i vojnici i radnici zamijene uloge. Kod mrava sjekača roda *Atta* i radnici normalne veličine i njihovi suputnici veliki vojnici sudjeluju u rezanju i prenošenju lišća. Ovi potonji ponekad na sebi prenose i čitave skupine malenih radnika koji pomažu u poslu. Uloga tih malenih mrava je da štite lišće i velike mrave od parazitskih muha iz porodice Phoridae koje bi položile jajašca na glavu mrava koji prenosi list (Preston-Mafham i Preston-Mafham 2005). U vrste afričkog mrava ratnika, suha biomasa najmanjeg radnika čini svega 1 % suhe biomase jednog vojnika. O tome je pisao i Darwin u svojoj knjizi *O podrijetlu vrsta*, (Darwin, 1859), te je predložio da je upravo sterilnost jedinki kod eusocijalnih kukaca dovela do toga da su one profitabilnije za zajednicu te da je selekcija potom dovela do raznih specijalizacija tih sterilnih jedinki mrava (Resh i Carde 2003).



Slika 6. Vojnik (desno) i radnici (lijevo) vrste *Echiton burchelli* (URL 3)

Mravi prolaze kroz potpunu preobrazbu (holometaboliju) kao i više od 85 % kukaca (Habdija i sur. 2011). U nju je uključen i stadij kukuljice. U kukaca s potpunom preobrazbom iz jajeta se razvija imaginifugalna ličinka. Ona ne sliči odraslima i ima mnogo ličinačkih organa i nema nikakve začetke krila. Kod mrava je ona nepokretna i hrane ju radnici. Ličinka se nekoliko puta presvlači i naposljetku zakukulji u također nepokretnu kukuljicu iz koje se onda razvije odrasla jedinka. Zanimljivo je i da ličinke i odrasli zauzimaju različite ekološke niše (koriste različite izvore hrane i različita skloništa). Primjerice, ličinka leptira ima usne organe za grizenje te se hrani biljnim tkivom, a odrasli leptiri imaju organe za sisanje i hrane se biljnim sokom.

Razvoj ličinke u odraslu jedinku mrava pod utjecajem je nekoliko čimbenika. U osnovi je genetički uvjetovan no na razvoj utječe i okoliš. Primjerice, ličinke koje dobivaju više hrane najčešće će biti i veće te u njima leži potencijal da postanu buduće kraljice. Za preobrazbu kukaca odgovorna su dva endokrina hormona. To su juvenilni hormon ili neotenin i ekdison. Ekdison je hormon koji sudjeluje u presvlačenju kukaca. Metamorfoza se događa pod aktivacijom ekdisona kojeg pak inhibira juvenilni hormon. To znači da ekdison potiče prijelaz ličinke u stadij kukuljice pri svakom presvlačenju no juvenilni hormon stopira taj proces i odgađa metamorfozu. Ekdison izlučuje protorakalna žlijezda dok juvenilni hormon izlučuju neurosekretorne stanice iz središta korpore alata. Dakle omjer ekdisona i juvenilnog hormona utječe na to kada će doći do preobrazbe kod jedinke. Pri nižim koncentracijama juvenilnog hormona, ekdison uzrokuje prijelaz u kukuljicu dok pri višim koncentracijama ne dolazi do preobrazbe već samo do presvlačenja. Ako potpuno prestane lučenje juvenilnog hormona, iz kukuljice se razvija imago odnosno odrasla jedinka (Habdija i sur. 2011).

Na postanak kasta utječe više čimbenika. Na mravima vrsta *Harpegnathos saltator* (Jerdon, 1851) i *Myrmica rubra* pokazano je da se tretiranjem juvenilnim hormonima odgađa stupanje u stadij kukuljice te se uz dovoljnu količinu hrane ličinka duže razvija, raste i u konačnici, nakon što prestane lučenje juvenilnog hormona i zakukulji se, postaje kraljica. Tretiranje ekdisonom nema učinka ukoliko su prisutni juvenilni hormoni, no ukoliko se uklone juvenilni hormoni, jedinka će prerano stupiti u stadij kukuljice i neće se moći razviti kraljica. Jer jedan od čimbenika da bi se razvila kraljica je i prehrana. Što je jedinka duže u stadiju ličinke i što ju radnici više hrane veća je vjerojatnost da će se razviti kraljica. Dakle omjer ova dva hormona je vrlo bitan jer će ovisno o njima jedinka provesti više ili manje vremena kao ličinka i imat će veće ili manje šanse da postane kraljica. Jasno je da se mnogo više energije treba uložiti kako bi se iz jajašca razvila kraljica nego radnik pa stoga,

posljedično, i broj radnika naveliko nadmašuje broj kraljica u koloniji. Na kočenje razvoja kraljice utječu još i temperatura, veličina kolonije, rane i infekcije, majčinski učinak itd. Na razvoj budućih kasti može utjecati i sama kraljica. Postojanje jedne kraljice najčešće je dovoljno te se inhibira razvoj novih kraljica prisutnošću raznih spojeva u jajašcima poput vitelogenina, ekdisona i juvenilnog hormona. Vrsta *Pogonomyrmex rugosus* (Emery, 1895) primjer je kako genotip ne određuje uvijek i konačni fenotip. Jedinke ove vrste koje su genetički predispozirane za razvoj u kraljicu zbog nedovoljnog pritoka hrane se neće razviti u kraljicu. Najčešće umiru ili postaju radnici ili interkaste. U vrste *Cataglyphis cursor* (Fonscolombe, 1846) u malim kolonijama neće doći do razvoja kraljica iako su ličinke možda genetički predodređene za to dok će se u velikim kolonijama razviti kraljice. To je najvjerojatnije povezano s time što velika kolonija snabdijeva ličinke i većom količinom hrane (Trible i Kronauer 2017).

4. SOCIJALNE INTERAKCIJE

Mravi kao eusocijalni kukci, za razliku od solitarnih kukaca, komuniciraju zbog potrage za hranom, podjele rada, grupiranja, obrane zadruga itd. (Chomicki i Renner 2017). Ponekad su prisiljeni aktivno braniti svoje gnijezdo od raznih predatora. Najdragocjenije blago mravinjaka su njegova kraljica, ličinke i skladišta hrane. Gnijezdo osigurava stanište, zaštitu i idealnu mikroklimu za razvoj ličinki i čuvanje hrane te je ono stoga prioritet čuvanja i obrane. Svi socijalni kukci ulažu napore u očuvanje gnijezda, a kod mrava su vojnici posebno zaduženi za to (Kleneidam i sur. 2017). Vojnici mogu razlikovati pripadnike svoje i druge kolonije koristeći se mirisima koje izlučuju. Pri tome vrlo važnu ulogu imaju kutikularni ugljikovodici (eng. *cuticular hydrocarbons*, skraćenica CHC) koji prekrivaju tijelo kukaca i čija je primarna funkcija zaštita tijela od isušivanja (Chomicki i Renner 2017).

4.1. INTRASPECIJSKE INTERAKCIJE

Kemijski sastav CHC-a svakoj mravljnoj koloniji daje poseban miris koji je posljedica specifične ishrane kolonije i materijala od kojeg je izgrađen mravinjak, a vjerojatno i zbog nekih drugih faktora. Na taj način svaka jedinka može po mirisu razaznati je li neki drugi mrav pripadnik njegove kolonije ili nije (Kleneidam i sur. 2017). Posebno je važno signaliziranje kraljice kojim ona daje do znanja da je prisutna i da je plodna. Osim pomoću

CHC-a kraljica može komunicirati feromonima kao što je slučaj kod mnogih vrsta. Mravi luče feromone iz nekoliko žlijezda na svojem tijelu i ti feromoni ostavljaju tragove. Iz tih tragova drugi mravi mogu očitati kvalitetu izvora hrane, njenu količinu te udaljenost od mravinjaka. Informacija ovisi i o jačini feromonskog traga i o tome koje kemijske tvari su zastupljenije (Chomicki i Renner 2017).

U eksperimentu kojeg su proveli Kleineidam i sur. (2017), radnici vrste *Formica rufa* držani su u grupama ili izolirani tokom različitih vremenskih perioda i potom je testirana njihova agresivnost u susretima jedan-na-jedan. Pokazalo se da su mravi koji su bili u grupama prilikom susreta jedan-na-jedan s jedinkom iz drugog mravinjaka bili agresivniji u odnosu na one mrave koji su bili izolirani. Smanjenje u agresivnom ponašanju kod izoliranih mrava bilo je proporcionalno duljini izolacije. Pokazalo se da socijalna okolina itekako ima utjecaja na samu jedinku. Mravi koji su zajedno tražili hranu, obitavali i u konačnici ostvarivali više interakcija bili su bolje povezani kao skupina te se to manifestiralo i na njihovo ofenzivno ponašanje prema mravima koji nisu pripadnici njihove kolonije. Također, pokazano je kako je potrebno vrlo malo vremena za međusobno prepoznavanje mrava. Kada govorimo o agresivnim interakcijama između dva mrava tijekom njihovog susreta tada ono može rezultirati ili eskalacijom sukoba, ukoliko se obje jedinke upuste u agresiju, ili povlačenjem ako jedan od njih odustane od takvog sukoba. Agresivnim interakcijama smatraju se borba, griženje i stezanje zatka. U eksperimentu je pokazano da se mravima koji su u potrazi za hranom može i promijeniti CHC-profil, no čak i nakon dugog izbjivanja iz kolonije, mravi iz kolonije su prepoznali svoje sustanare. U navedenom eksperimentu bili su razdvojeni četiri sata. Ponašanje pojedinačnog radnika unutar kolonije mrava uvelike ovisi o njegovom socijalnom okruženju. Pokazano je kako socijalno okruženje utječe na agresiju pojedinog radnika potičući ju ili ju smanjujući. S druge strane, izolirani radnici pokazali su smanjenu sklonost za agresivnu reakciju spram radnika iz druge kolonije. Upravo međusobno prepoznavanje potiče koherentnost kolonije te se mravi oslanjaju jedni na druge i međusobne reakcije zbog čega se za mravlju koloniju često koristi i naziv „superorganizam“ (Kleneidam i sur. 2017).

Auditivni tip komunikacije naročito je zastupljen kod mrava sjekača roda *Atta* koji usitnjavaju lišće i njime hrane simbiotske gljive koje uzgajaju. Oni intenzitetom stridulacije odašilju signale koji je list kakve kvalitete. Stridulacija je proces kojim kukci trljanjem jednog dijela tijela o drugi proizvode zvuk u komunikacijske svrhe.

Mravi obično striduliraju podizanjem i spuštanjem zadka pri čemu nabori zadka grebu jedan o drugog. Tako je i kod mrava roda *Atta* (Roces i Hölldobler 1996). U jednom eksperimentu mravima vrste *Atta cephalotes* (Linnaeus, 1758) ponuđeni su bili mekši i tvrdi listovi biljke *Ligustrum vulgaris* (Linnaeus, 1758) te tvrdi listovi te iste biljke koji su bili namočeni otopinom šećera. Striduliranje je značajno bilo jače kada su mravi rezali lišće koje je bilo namočeno u otopinu šećera i kada su rezali mekše listove u odnosu na one tvrde. To nam govori o njihovom ukazivanju kvalitete hrane kolektivu. Ta njihova organiziranost i komunikacija od presudne su važnosti prilikom cijelog procesa rezanja listova, dopremanja u mravinjak i uzgoja gljiva (Grimaldi i Engel 2005).

Mravi, također, mogu komunicirati i dodirom. Vrlo je česta pojava trofalaksije. Taj pojam označava prijenos hrane s jednog mrava na drugog putem usta-usta ili nečisnica-usta. Najčešće je slučaj da radnik koji je prikupljao hranu prilikom dolaska u mravinjak preda tu hranu drugome mravu upravo kroz usta. Mravi se i dodiruju prednjim parom nogu kako bi očistili površinu egzoskeleta, ali često i dodiruju jedne druge radi međusobnog raspoznavanja i dijeljenja informacija (Slika 7; da Silva Camargo i sur. 2017).



Slika 7. Interakcija dviju jedinki vrste *Formica rufa* (URL 5)

4.2. INTERSPECIJSKE INTERAKCIJE

Što se tiče interspecijskih interakcija mrava one mogu biti mutualističke, parazitske ili kompetitivne. Mutualizam između različitih vrsta mrava uključuje dijeljenje gnijezda, zajedničko traganje za hranom i kod nekih vrsta brigu o lisnim ušima. Kod takvih vrsta koje zajedno tragaju za hranom je zanimljivo da samo jedna vrsta razumije feromonski trag druge

vrste. Međutim, s obzirom da obje vrste ovdje imaju korist i da ne štete jedan drugoj radi se o mutualizmu. Ono što sprječava interspecijsku agresiju su dugački lanci CHC molekula, s čak preko 35 atoma ugljika, što omogućuje mravu da raspozna radi li se o mutualističkom mravu ili nekoj drugoj, oponentskoj vrsti. Također posjeduju i feromone na kutikuli koji ublažavaju agresiju druge vrste. Nemutualistički mravi koji ne posjeduju takve ublažavajuće feromone i imaju drukčiji CHC profil bit će prepoznati kao uljezi i shodno tome napadnuti. (Chomicki i Renner 2017).

Od ukupno 15 000 vrsta mrava njih 220 su paraziti koji žive na račun drugih vrsta mrava. Najčešće žive u istom mravinjaku. Mravi paraziti prate feromonske tragove drugih vrsta kako bi došli do izvora hrane, a neki čak osluškuju glasanje drugih mrava. Naime, mravi se ponekad koriste i škljocanjem čeljusti kako bi ukazali na hranu (Chomicki i Renner 2017). Parazitski mravi su naučili signale komunikacije drugih vrsta mrava i razvili vlastiti sustav prisluškivanja. Mravi koji žive u tuđim mravinjacima razvili su pak posebne tehnike zavaravanja domaćina. To može biti: oponašanje CHC potpisa njihovog domaćina, pokupljanjem CHC-a trljanjem o površinu mravinjaka, izlučivanjem supstanci za smirenje drugog mrava, kemijsko induciranje borbe među mravima domaćina kako bi lakše zavlitali kolonijom po načelu „zavadi pa vladaj“ ili reduciranjem CHC-a kako bi bili što neprimjetniji i ne bi ostavljali kemijske tragove (Chomicki i Renner 2017).

Postoji i još jedna nevjerojatnija tehnika, a to je porobljavanje druge vrste mrava kako bi dobili radnu snagu. Mravi iz jedne kolonije preotmu ličinke druge vrste mrava te ga prenese u svoj mravinjak. Te ličinke kada prijeđu u odrasle oblike postanu „robovi“ u novim mravinjacima i tamo rade na korist druge vrste. Neke vrste mrava su fakultativni „robovlasnici“ što znači da mogu živjeti i bez „robova“ no s njima si povećavaju uspjeh dok su ostale vrste obligatni „robovlasnici“ i njihova kolonija ne bi opstala bez „robova“. Zanimljivo je da se ti „robovi“ ponekad i pobune protiv druge vrste pa se čak i oslobode. Ovakav oblik socijalnog parazitizma nije čest te ga se može naći u oko 60 vrsta mrava (Czechowski i Godzinska 2014).

Često istraživani su i kemijski tragovi i feromoni kojima mravi označavaju svoj teritorij. Primjerice, vrste roda *Tetramorium* označavaju prostor u kojem traže hranu što potom rezultira većom mogućnošću za agresiju prema mravima iz drugih kolonija bilo da se radi o istoj ili drugoj vrsti. Zanimljivo je da mravi vrste *Myrmecocystus mimicus* (Wheeler, 1908) sudjeluju u borbi bez fizičkog okršaja. Naime, pripadnici dviju kolonija se odmjeravaju

i procjenjuju oponentsku skupinu. Takvo nadmetanje može potrajati i danima. Kako to točno čine nije poznato (Kleneidam i sur. 2017).

5. SOCIJALNE STRUKTURE I INTERAKCIJE INVAZIVNIH VRSTA MRAVA

Mravi su jedni od najraširenijih skupina životinja tako da ne čudi činjenica i da postoje brojne invazivne vrste mrava. Jedna od njihovih tajni uspješnosti je sposobnost stvaranja iznimno velikih i dominantnih kolonija. Invazivne vrste mrava također mogu činiti veliku ekonomsku štetu. Procjenjuje se da štetu koju počinu crveni vatreni mravi *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) SAD košta i do jednu milijardu dolara godišnje (Tsutsui i Suarez 2003). Neke od zajedničkih značajki svih invazivnih vrsta mrava su: smanjena intraspecijska agresija, poliginija (pojava nekoliko spolno zrelih kraljica u jednoj koloniji), generalistička prehrana itd. Eksperimenti su pokazali da kod argentinskog mrava *Linepithema humile* (Mayr, 1868) (Slika 8) može doći do vrlo brzog rasta kolonije pri prisutnosti samo kraljice i svega 10 radnika. Iako se neke od ovih karakteristika poput poliginije i generalističke prehrane mogu javiti i u neinvazivnim vrstama mrava ipak su češće kod invazivnih vrsta. Važna karakteristika koja je neusporedivo više zastupljena kod invazivnih vrsta mrava je takozvani „unikolonijalizam“. Taj pojam označava široko rasprostranjene kolonije koje su odvojene i imaju zasebne kraljice međutim ne smatraju jedni druge prijetnjom (Tsutsui i Suarez 2003). Štoviše, jedinke iz takvih kolonija ostvaruju dobre interakcije. Ovakve strukture se ponekad nazivaju i superkolonijama. Zabilježeno je i da čak mogu međusobno razmjenjivati radnike i kraljice. Superkolonije se mogu širiti preko 2,5 kvadratnih kilometara i sadržavati 45 000 gnijezda, više od 300 milijuna radnika i više od 1 milijun kraljica. Jedna od najvećih zabilježenih superkolonija je upravo ona argentinskog mrava. Proteže se duž preko 6000 kilometara, od sjevera Italije, preko juga Francuske pa sve do atlantske obale španjolske i sadrži milijarde mrava i milijune gnijezda (Giraund i sur. 2002). Ovakvo socijalno ponašanje i naročiti izostanak intraspecijske agresije upravo je suprotno od autohtonih vrsta mrava čije su kolonije vrlo teritorijalne. Shodno tome, jasan je podatak da invazivne vrste mrava ostvaruju mnogo veću biomasu radnika čak i odnosu na autohtone vrste na onim područjima gdje nema invazivnih vrsta. Već spomenuti argentinski mrav autohton je, za Argentinu te Brazil, Urugvaj i Paragvaj. Međutim, pomoću čovjeka naselio je sve kontinente, izuzev Antarktike, i brojne otoke. Kao što je već naglašeno, ova vrsta mrava vrlo je uspješna u invaziji upravo zbog sposobnosti gradnje superkolonija. Međutim, u svom prirodnom staništu, Južnoj Americi, ova

vrsta mrava najčešće naseljava male površine i to u nekoliko manjih kolonija koje su agresivne prema drugim kolonijama. Pojava superkolonije u tim područjima je mnogo rjeđa. Razlike u tom socijalnom ponašanju između autohtonih argentinskih mrava i onih koji su unešeni na novo područje vrlo vjerojatno ima genetičku podlogu. Istraživanja populacijske genetike na području Kalifornije pokazuju da unešeni mravi sadrže svega 50 % alela svoje native populacije u Južnoj Americi. Osim toga argentinski mravi u Kaliforniji su genetički sličniji odnosno homogeniji i to širom područja od 1000 kilometara dok su mravi u Južnoj Americi genetički homogeni na svega nekoliko desetaka metara. Takve genetičke razlike iste vrste mrava na različitim područjima utječu na ponašanje jedinki uključujući i na intraspecijsku agresiju. Argentinski mrav je, kao i većina invazivnih vrsta mrava, agresivan prema autohtonim kukcima, a s obzirom na njihovu brojnost i na generalističku prehranu kompeticija je mnogim drugim mravima i ostalim kukcima.



Slika 8. Argentinski mrav *Linepithema humile* (URL 6)

Iznimno uspješna invazivna vrsta mrava je i crveni vatreni mrav *S. invicta* koji je autohton za mnoga područja Južne Amerike. Međutim, kao i argentinski mrav i ova je vrsta raširena diljem svijeta. Kod crvenog vatrene mrava, u socijalnom aspektu, zanimljivo je to što su neke kolonije monogine - imaju jednu kraljicu, a neke su poligine - imaju više kraljica. Radnici u monoginim kolonijama mnogo su agresivniji u odnosu na radnike u poliginim kolonijama no ipak obje forme su široko rasprostranjene. Kao i kod argentinskog mrava, i ova vrsta ima smanjenu genetičku raznolikost na područjima gdje je unešena što je čest slučaj kod svih invazivnih vrsta (Tsutsui i Suarez 2003).

6. ZAKLJUČAK

Mravi su eusocijalni kukci koji tvore kolonije s velikim brojem članova. Kolonije mogu biti monogine ili poligine, odnosno s jednom ili više kraljica koje su najvažnija karika u zajednici. Koloniju također čine i sterilne ženke, takozvani radnici i vojnici, te trutovi, kukuljice, ličinke i jajašca. Uloga kraljice i trutova je razmnožavanje, uloga vojnika je zaštita kolonije, a uloga radnika je održavanje čistoće i funkcioniranje mravinjaka. Takva podjela rada čini njihov sustav uspješnim jer svaka jedinka od početka ima svoju zadaću i na taj se način zadovoljavaju sve potrebe kolonije. Razvoj pojedine kaste ovisi o genetici, hormonima ali i prehrani. Ukratko, što je jedinka duže u stadiju ličinke (a na to utječu hormoni ecdison i juvenilni hormon) i što ju radnici više hrane veća je vjerojatnost da će se razviti kraljica dok će se u ostalim slučajevima razviti u radnika ili interkastu. Mravima je osim podjele rada ključna i komunikacija. Mravi komuniciraju putem ugljikovodika koje se nalaze na površini njihovog tijela, putem feromona i auditorno pomoću čeljusti. Komunikacija je iznimno važna prilikom traženja hrane, obrane kolonije i u svakodnevnom životu zajednice. Mogu komunicirati i intraspecijski i interspecijski te ostvarivati razne tipove simbioza. Kao i kod mnogih vrsta, i kod mrava nalazimo invazivne vrste mrava. Invazivne vrste mrava su generalističke prehrane, poligine su i mogu stvarati vrlo velike zajednice. Također stvaraju i veliku ekološku i ekonomsku štetu. Iako već mnogo toga znamo o njima tko zna što još možemo naučiti od ovih sitnih organizama, tako sveprisutnih a tako zanemarenih s naše strane. Možda odgovore na buduće izazove koje nam zadaje ubrzani tehnološki razvoj suvremenog globaliziranog svijeta. Ljudi danas često hodaju i gledaju u pod a da ništa i ne primijete. Ponekad treba stati u užurbanosti već unaprijed isplaniranog dana i poput djeteta zagledati se u čudesan svijet naših sustanara na ovom zajedničkom planetu. Tko zna, možda i nešto saznamo od njih.

7. LITERATURA

- Billen J., 2009., Diversity and morphology of exocrine glands in ants, Zoological institute, K. U. Leuven, Belgium
- Chomicki G., Renner S.S., 2017., The interactions of ants with their biotic environment, *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 284
- Czechowski W., Godzinska E. J., 2014., Enslaved ants: not as helpless as they were thought to be, *Insectes Sociaux*, 62, 9-22
- Giraud T., Pedersen J.S., Keller L., 2002., Evolution of supercolonies: The Argentine ants of southern Europe, *PNAS*, 99, 6075-6079
- Grimaldi D., Engel M. S., 2005., *Evolution of insects*, Cambridge University Press
- Habdija I., Primc Habdija B., Radanović I., Špoljar M., Matoničkin Kepčija R., Vujčić Karlo S., Miliša M., Ostojić A., Sertić Perić M., 2011, *Protista – Protozoa, Metazoa – Invertebrata*, Alfa, Zagreb
- Kleneidam C.J., Heeb E.L., Neupert S., 2017., Social interactions promote adaptive resource defense in ants, *PloS ONE* 12
- Nguyen V., Lilly B., Castro C., 2014., The exoskeletal structure and tensile loading behavior of an ant neck joint, *Journal of Biomechanics* 47, 2
- Preston-Mafham R., Preston-Mafham K., 2005., *Encyclopedia of insects and spiders*, Thunder Bay Press
- Resh V. H., Carde R. T., 2003., *Encyclopedia of insects*, Academic Press
- Roces F., Hölldobler B., 1996., Use of stridulation in foraging leaf-cutting ants: mechanical support during cutting or short-range recruitment signal?, *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 39, 293-299
- da Silva Camargo R., Puccini C., Forti L.C., de Matos C.A.O., 2017., Allogrooming, Self-Grooming, and Touching Behaviour: Contamination Routes of Leaf-Cutting Ant Workers Using a Fat-Soluble Tracer Dye, *Insects* 8

Torres J.A., Snelling R.R., Canals M., 2001., Seasonal and nocturnal periodicities in ant nuptial flights in the tropics (Hymenoptera: Formicidae) , Sociobiology, 37, 601-626

Trible W., Kronauer D.J.C., 2017., Caste development and evolution in ants: it's all about size, Journal of Experimental Biology 220, 53-62

Tsutsui N.D., Suarez A.V., 2003., The Colony Structure and Population Biology of Invasive Ants, Conservation Biology 17, 148-58

URL1 <https://sites.google.com/site/anthaven/keeping-ants/ant-anatomy>

URL 2 <http://www.bwars.com/ant/formicidae/myrmicinae/myrmica-rubra>

URL 3 https://en.wikipedia.org/wiki/Eciton_burchellii

URL 4 <https://imgur.com/gallery/CXj3O>

URL 5 <https://www.flickr.com/photos/144814095@N03/27954704818>

URL 6 <https://antropocene.it/en/2019/09/07/linepithema-humile/>

8. SAŽETAK

Cilj ovog seminara bio je dati literarni pregled određivanja kasti u strukturi mravlje kolonije i raznih načina komunikacije unutar kolonije. Mravi su porodica kukaca iz reda

opnokrilaca (Hymenoptera). Žive zadružno u izgrađenim nastambama koje zovemo mravinjaci. Polimorfne su životinje što znači da postoji više oblika odraslih jedinki. To su: kraljica, trutovi, radnici i interkaste (primjer vojnik).. Usni organi su im za griženje, a krila imaju samo trutovi i kraljica kada je vrijeme za parenje. Kraljica se pari samo jednom u životu i potom do kraja života živi u mravinjaku i polaže jaja. Svi članovi zajednice rade u korist očuvanja kraljice i cijele kolonije. Mravi su naselili sve kontinente osim Antarktike te imaju veliku ekološku važnost. Prorahljuju tlo, raznose sjemenke te jedu uginule organizme. U koloniji može biti samo jedna kraljica ili više njih. U slučaju kada ih je više ne dolazi do međusobne agresije ili kompeticije. Mravi prolazi kroz potpunu preobrazbu (holometabolija) koja uključuje i stadij kukuljice. Juvenilni hormon i hormon ecdison utječu na to koliko će vremena proći prije preobrazbe ličinke, a količina hrane utječe na postanak kraljice. Ecdison potiče prijelaz iz stadija ličinke u stadij kukuljice prilikom svakog presvlačenje a juvenilni hormon to zaustavlja. Omjer ta dva hormona dakle igra veliku ulogu u određivanju kaste

svake jedinke. Mravi kao eusocijalni kukci komuniciraju međusobno zbog potrage za hranom, podjele rada, grupiranja, obrane kolonije itd. Komuniciraju pomoću ugljikovodika, feromona i škljocanjem čeljusti. Kemijski sastav CHC-a (eng. *cuticular hydrocarbons* = kutikularni ugljikovodici) svakoj koloniji daje specifičan miris i pomoću toga razaznaju pripadnike svoje kolonije od ostalih mrava. Feromone luče iz žlijezda na svome tijelu i pomoću njih javljaju drugim mravima informacije o kvaliteti izvora hrane, njejoj količini te udaljenosti od mravinjaka. Neke vrste mrava mogu razumjeti i feromonske tragove drugih vrsta mrava te koristiti te informacije. To je primjer interspecijske interakcije. One kod mrava mogu biti mutualističke, parazitske ili kompetitivne. postoje i invazivne vrste mrava. Jedno od najpoznatijih/najrasprostanjenijih? Najpoznatiji su vatreni crveni mrav *Solenopsis invicta* i argentinski mrav *Linepithema humile* koji stvaraju velike ekonomske štete. Neke od zajedničkih značajki svih invazivnih vrsta mrava su: smanjena agresija, poliginija (pojava nekoliko spolno zrelih kraljica u jednoj koloniji), generalistička prehrana itd. Kod invazivnih vrsta mrava također se javlja pojam superkolonija. To je udruženje više kolonija koje međusobno surađuju te čak izmjenjuju radnike i kraljice. Superkolonije se mogu širiti preko 2,5 kvadratnih kilometara i sadržavati 45 000 gnijezda, više od 300 milijuna radnika i više od 1 milijun kraljica. Jedna od najvećih zabilježenih superkolonija je upravo ona argentinskog mrava. Proteže se preko 6000 kilometara, od sjevera Italije, preko juga Francuske pa sve do atlantske obale španjolske i sadrži milijarde mrava i milijune gnijezda.

9. SUMMARY

The main goal of this paperwork was to give literary review of determination of castes in ant colonies and different ways of ant communication. Ants are family of insects that belong to the order of Hymenoptera. They live cooperatively in built structures called anthill. They are polymorph animals which means there are more forms of adults members of species. Which are: a queen, drones, workers and intercastes (example soldier). Ants are build like typical insects: body divided on head, thorax and gastor, six legs, compound eyes and antennae. Mouth organs are for biting and wings are only possessed by drones and queen in mating time. The queen mates only once in a lifetime and after that she lives in an anthill and lays eggs for the rest of her life. All members of the community work for the benefit of the queen and the colony. Ants have populated all continents except for Antarctica and have great ecological importance. They loose the ground, spread the seeds and eat dead organisms. There

can be only one queen or more of them in one colony. There is no aggression or competition between the queens when there are more than one queen in the colony. Like most of the insects, ants also go through complete metamorphosis which includes the pupa life stage. Juvenile hormone and ecdysone hormone affect how much time will pass before the metamorphosis and the amount of food affects the development of the queen. Ecdysone stimulates the transition from the pupa life stage to the adult life stage during every moulting and juvenile hormone stops it. Ratio of that two hormones plays a great part in determination of caste of each individual. Ants are eusocial insects and they communicate mutually for the purpose of foraging, division of labor, grouping, defending the colony etc. They communicate with cuticular hydrocarbons, pheromones and by clicking with their mandible. Chemical composition of CHCs gives specific odor to each colony and with that they can discern members of their colony from others. Pheromones are secreted from glands all over the body and with them they can give other ants information about the quality and quantity of food source and its distance from the anthill. Some ant species can understand pheromone traces of the other ants and use that information. It is the example of interspecies interaction. In ants they can be mutualistic, parasitic and competitive. Considering their success of course there are also invasive species of ants. The most known are probably the fire red ant *Solenopsis invicta* and the Argentine ant *Linepithema humile* that cause a great economical damage. Some of the common features of all invasive ants are: reduced aggression, polygyny (phenomenon of more than one queen in a colony), generalistic diet etc. When talking about invasive ants we can also talk about a term supercolony. It is the association of more colonies that cooperate mutually and even exchange their workers and queens. Supercolonies can spread over 2,5 kilometres square and contain 45000 nests, over 300 million workers and over a million queens. One of the largest confirmed supercolonies is the one of the Argentine ant. It spread along 6000 kilometres, from the north Italy, over south France to Spanish Atlantic coast and it contains billions of ants and millions of nests.