

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Robert MOČNIK

**PLESNO SPORAZUMEVANJE KRANJSKE IN ITALIJANSKE
ČEBELE (*Apis mellifera carnica* Pollman, 1879 in *Apis mellifera
ligustica* Spinola, 1806) Z MEJNEGA OBMOČJA NARAVNE
RAZŠIRJENOSTI OBEH PODVRST**

MAGISTRSKO DELO
Univerzitetni študij

**HONEYBEE DANCE COMMUNICATION OF CARNIOLAN AND
ITALIAN HONEYBEE (*Apis mellifera carnica* Pollman, 1879 and
Apis mellifera ligustica Spinola, 1806) FROM BORDER AREA OF
NATURAL ABUNDANCE OF BOTH SUBSPECIES**

M. SC. THESIS
University studies

Ljubljana 2016

Magistrsko delo je zaključek Podiplomskega magistrskega študija biologije. Opravljeno je bilo na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Terensko delo je bilo opravljeno na območju biološkega središča v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je za mentorja magistrskega dela imenovala prof. dr. Janka Božiča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: Prof. dr. Peter DOVČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

Član: Prof. dr. Janko BOŽIČ
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: Doc. dr. Meta VIRANT DOBERLET
Nacionalni Inštitut za biologijo,
Oddelek za raziskave organizmov in ekosistemov

Datum zagovora: 31.8. 2016

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega raziskovalnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja, ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Robert Močnik

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Md
- DK UDK 595.799 (043.2) = 163.6
- KG čebele/sporazumevanje/jezik/narečje/ples/krožni/zibajoči/hrana/panj/razdalja
- AV MOČNIK, Robert, univ.dipl. biolog
- SA BOŽIČ, Janko (mentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
- LI 2016
- IN PLESNO SPORAZUMEVANJE KRANJSKE IN ITALIJANSKE ČEBELE (*Apis mellifera carnica* Pollman, 1879 in *Apis mellifera ligustica* Spinola, 1806) Z MEJNEGA OBMOČJA NARAVNE RAZŠIRJENOSTI OBEH PODVRST
- TD Magistrsko delo (univerzitetni študij)
- OP IX, 36 str. 4 preglednice, 25 slik, 4 priloge
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V biološkem središču v Ljubljani sem poleti 2014 izvajal poskus z mešano italijansko-kranjsko čebeljo družino. Skušal sem ugotoviti morebitno razliko med obema podvrstama, oziroma obstoj narečij čebeljega plesa, s katerim obe podvrsti spročata kratke oddaljenosti vira hrane od čebeljega panja. Barvno označenim čebelam sem na krmišču nastavljal umetno hrano in jih z njo privabil, po njihovi vrnitvi v opazovalni panj pa sem z digitalno kamero snemal njihov ples, s katerim so sovrstnicam v panju spročale smer in oddaljenost krmišča, oziroma vira hrane od panja. Posnetke sem kasneje predvajal ponovno in meril povprečni čas spremembe smeri čebeljega telesa med plesom (plesni obrat za en poln krog) in pa odstotek usmerjenosti čebeljih plesov v smer proti viru hrane. Ugotovil sem, da so se italijanske čebele med plesom, ki je sporočal razdalje med 25 in 91 metri, obračale hitreje od kranjskih, povprečni čas obrata za en poln krog je pri italijankah znašal 1,71 sekunde, pri kranjkah pa 1,92 sekunde. Razlika povprečnih časov je bila statistično značilna (Studentov t-test $t = 3,677$, $P < 0,01$). Z naraščanjem oddaljenosti vira hrane od panja (od 25 proti 91 metrom), se povprečni čas sprememb smeri vzdolžne osi telesa (plesni obrat za en poln krog), pri nobeni od obeh podvrst ni bistveno podaljšal. Vendar pa se je pri upoštevanju zgolj večjih oddaljenosti (40 metrov in več), čas obrata pričel izrazito podaljševati pri italijanki ($p < 0,001$), medtem ko se niti v tem primeru ni bistveno spremenil pri kranjki, tako da bi na razdaljah večjih od 110 metrov, čas obrata italijanke presegel čas obrata kranjke. Usmerjenost plesov, ki so kazali smer vira hrane, je bila pri 138 merjenih plesih manjša pri italijanki (29,45 %), kot pri kranjki (47,15 %), ugotovljena razlika je statistično značilna ($z = 4,30$; $P < 0,0001$). Pri 70 izbranih plesih, pri katerih sem lahko jasno razločil zibanje telesa v sredini osmice, je bila usmerjenost prav tako manjša pri italijanki (66,66 %), kot pri kranjki (81,33 %), tudi v tem primeru je bila razlika statistično značilna ($z = 2,22$; $P < 0,015$). Na podlagi opisanih rezultatov sklepam, da je pri plesnem sporočanju kratkih oddaljenosti, osmičasti, oziroma zibajoči ples manj izrazit pri italijanski podvrsti, kot pri kranjski podvrsti, vendar pa prehod iz krožnega plesa v zibajoči ples pri italijanki poteka hitreje kot pri kranjki, oziroma enaka sprememba časa obrata sporoča manjše povečanje oddaljenosti hrane od panja. Zato se razmerje časov plesnega obrata pri sporočanju velikih razdalj (dlje od 110 metrov) obrne in postane zaradi izrazitejšega in dolgotrajnejšega zibanja čas plesnega obrata pri italijanki daljši kot pri kranjki.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN M. sc.
- DC UDC 595.799 (043.2) = 163.6
- CX honeybees/communication/language/dialect/dance/round/waggle/food/hive/distance
- AU MOČNIK, Robert
- AA BOŽIČ, Janko (supervisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty
- PY 2016
- TI HONEYBEE DANCE COMMUNICATION OF CARNIOLAN AND ITALIAN HONEYBEE (*Apis mellifera carnica* Pollman, 1879 and *Apis mellifera ligustica* Spinola, 1806) FROM BORDER AREA OF NATURAL ABUNDANCE OF BOTH SUBSPECIES
- DT M. Sc. Thesis (university studies)
- NO IX, 36 p, 4 tab, 25 fig, 4 ann.
- LA sl
- AL sl/en
- AB During summer months in 2014, I was conducting an experiment with mixed honeybee colony of Italian and Carniolan honeybees in Ljubljana Biology Centre. I was trying to determine possible dance-dialect differences between these two subspecies, comparing their dances, advertising food source short distances away from their bee-hive. On feeding station, I set up artificial food source, to attract colour-marked bees. After their return to the beehive, I used digital videocamera to record their dances, as they were advertising direction and distance of artificial food source to their nest mates inside beehive. Later I re-run these video recordings to measure direction changing time of dancing bee (full dance circuit time) and orientation tendency (percentage of bee dances, pointed at food source direction). Analysing dance information, advertising food source 25 to 91 meters away from beehive, I concluded, Italian bees needed shorter average time (1,71 seconds, compared to 1,92 seconds in Carniolan bees), to complete one full dance circuit during the dance. Statistically, this difference was significant (Student's *t* test value was 3,677, $P < 0.01$). With lengthening distances between food source and hive (from 25 towards 91 meters), dance circuit time didn't increase significantly in none of both subspecies, but considering only longer distances (from 40 meters onward), dance circuit time began to increase significantly in Italian bee ($p < 0.001$), while still didn't increase significantly in Carniolan bee. This means, dance circuit time of Italian bee would become longer, than dance circuit time of Carniolan bee, beyond 110 meters distances. Orientation tendency - percentage of dances, pointed at food source direction, measured in 138 dances, was significantly lower in Italian bee (29,45 %) compared to Carniolan bee (47,15 %). Statistically, difference was significant (*z* test = 4,30 ; $P < 0,0001$). In 70 selected dances, in which I was able to spot distinctive wagging during performing the dance, orientation tendency was again lower in Italian bee (66,66 %), than in Carniolan bee (81,33 %). This difference was also significant (*z* test = 2,22 ; $P < 0,015$). Altogether, my conclusion based on these results is, when advertising location of food source short distances away from beehive, waggle dance is less pronounced in Italian bee, than in Carniolan bee, but on the other hand, transition from round dance to waggle dance, tends to happen quicker in Italian bee, than in Carniolan bee. As food source distance increases, the time ratio tends to overturn, which means, over longer distances (110 metres and beyond), it takes longer time for Italian bee to complete one full dance circuit, than Carniolan bee, since wagging in Italian bee during the dance become more pronounced and takes longer time, than wagging in Carniolan bee.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA (KDI)	III
KEYWORDS DCUMENTATION (KWD)	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD.....	1
1.1 STRUKTURA IN DELOVANJE ČEBELJE DRUŽINE-SUPERORGANIZMA	1
1.2 SPLOŠNO O PLESNEM SPORAZUMEVANJU ČEBEL.....	3
1.3 PRVE RAZISKAVE ČEBELJEGA PLESA.....	4
1.4 EVOLUCIJA ČEBELJEGA PLESA.....	4
1.5 VPLIV OKOLJA IN GENOV NA ČEBELJI PLES.....	4
1.6 NAREČJA ČEBELJEGA PLESA IN V. FRISCHOVA ADAPT. HIPOTEZA.....	5
1.7 OBLIKE (FORME) ČEBELJEGA PLESA.....	6
1.8 DELOVNE HIPOTEZE.....	8
2 MATERIAL IN METODE	9
2.1 IZBIRA IN OPIS KRAJA OPAZOVANJA	9
2.2 IZVEDBA POSKUSA	10
2.3 PRAKTIČNO IN TERENSKO DELO	11
2.3.1 Označevanje opazovanih čebel.....	13
2.3.2 Terensko delo s čebelami in težave pri terenskem delu.....	14

2.3.3	Snemanje dogajanja v panju in težave med snemanjem.....	15
2.3.4	Analiza posnetkov, oziroma plesnega gibanja opazovanih osebkov v panju....	17
2.4	RAČUNSKÉ METODE.....	18
3	REZULTATI.....	21
3.1	ČAS OBRATA TELESA MED POTEKOM PLESA.....	21
3.2	ODVISNOST ČASA OBRATA TELESA OD ODDALJENOSTI KRMIŠČA.....	22
3.3	SMER IN USMERJENOST PLESNIH SPOROČIL	24
4	RAZPRAVA.....	27
5	POVZETEK.....	31
6	SUMMARY.....	32
6	VIRI.....	33
	PRILOGE... ..	37

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1:	Povprečni časi sprememb smeri vzdolžne osi telesa med potekom plesa.....	21
Pregl. 2:	Primerjava opaženih časov sprememb smeri telesa z regres. vrednostmi.....	23
Pregl. 3:	Primerjava smeri in usmerjenosti plesov (osmic) obeh podvrst pri vseh..... opazovanih plesih	25
Pregl. 4:	Primerjava smeri in usmerjenosti plesov (osmic) obeh podvrst..... pri plesih, pri katerih je bilo opaženo dovolj izrazito zibanje telesa v sredini poti osmice	25

KAZALO SLIK

Sl. 1:	Bistvo von Frischeve adaptivne hipoteze	5
Sl. 2:	Tri forme čebeljega plesa	6
Sl. 3:	Odstopanja smeri poletov, ki jih sporočajo krožni plesi.....	7
Sl. 4:	Odstopanja smeri poletov glede na oddaljenost vira hrane od panja.....	7
Sl. 5:	Zračni orto foto posnetek opazovanega območja	9
Sl. 6 do 9:	Gradnja opaz. panja, naseljen opaz. panj, delovno mesto ob panju.....	11
Sl. 10:	Pogled iz smeri krmišča proti panju.....	12
Sl. 11:	Delo na krmišču (ista lokacija).....	12
Sl. 12:	Posodica s hranilno raztopino in pristajalno platformo.....	13
Sl. 13:	Gneča na krmišču.....	14
Sl. 14:	kletki za začasno pridržanje čebel.....	14
Sl. 15:	Miniaturno krmišče za »taksi« transport čebel do glavnega krmišča.....	15
Sl. 16:	Program za račun. analizo video posnetkov.....	16
Sl. 17:	Opazovalni panj med potekom snemanja.....	16
Sl. 18:	Spremembe smeri telesa med potekom plesa.....	17
Sl. 19:	Vektorji štirih glavnih smeri čebeljih poletov in izrač. njihove rezultante....	19
Sl. 20:	Grafični prikaz izračun. regresijskih vrednosti.....	22
Sl. 21:	Grafična primerjava izračunanih vrednosti regresijskih enačb.....	23
Sl. 22 do 25:	Usmerjenost plesov predstavljena z vektorji.....	24
Sl. 26:	Primerjava smeri lokacij čebelje paše, smeri iskanja paše, in smeri sonca.....	26

KAZALO PRILOG

- Pril. 1: Preglednica vrednosti F porazdelitve
- Pril. 2: Preglednica vrednosti Studentove (t) porazdelitve
- Pril. 3: Izračun regresijskih vrednosti za oddaljenosti 25 do 91 m. s programom »The R Project for Statistical computing.« <https://www.r-project.org/>
- Pril. 4: Izračun regresijskih vrednosti za oddaljenosti 40 do 91 m. s programom »The R Project for Statistical computing.« <https://www.r-project.org/>

(OPOMBA: PRILOGE SO DODANE LE TISKANI VERZIJI !)

1 UVOD

Kranjska čebela *Apis mellifera carnica* (Pollman, 1879) in italijanska čebela *Apis mellifera ligustica* (Spinola, 1806) sta podvrsti, nastali iz enotne populacije, ki je naseljevala Apeninski in Balkanski polotok pred zadnjo ledeno dobo. Obe podvrsti sta se v zadnjih deset tisoč letih po poledenitvi razvijali bolj ali manj ločeno, za svoje potrebe pa ju je v zadnjih 200 letih načrtno izkoriščal in širil človek, tako da sta danes splošno znani in razširjeni po svetu. Obe podvrsti sta v ekspanziji tudi v severni in v zahodni Evropi, kjer prihaja do mešanja s črno, tj. zahodno medonosno čebelo *Apis mellifera mellifera*, kar za slednjo sicer predstavlja določen problem, oziroma jo ta genski pretok med podvrstami do neke mere ogroža (Soland-Reckweg in sod., 2009). Dolgo časa je prevladovalo mnenje, da naj bi se sodobni rod *Apis* razvil v tropskem okolju Azije, vendar pa najnovejše fosilne najdbe kažejo, da se je to verjetneje zgodilo v osrednji Evropi in sicer v obdobju Miocena-Oligocena, med velikimi podnebnimi spremembami pred kakimi 30 milijoni let (Engel, 2006, Kotthoff in sod., 2013).

1.1 Struktura in delovanje čebelje družine - superorganizma

Čebelja družina je skupnost, v kateri so socialne vezi tako tesne in naloge posameznih osebkov tako natanko določene in prepletene, da se je za družino kot celoto v znanstveni literaturi uveljavil tudi pojem »superorganizem«. Ta pojem je pri raziskavah družin mravelj l.1911 prvi uporabil ameriški biolog William Morton Wheeler. Ena od bistvenih lastnosti superorganizma je, da družina kot celota pomeni in zmore več, kot posamezni njeni pripadniki in da ta celota odloča o obstoju njenih posameznih delov (osebkov).

Pojem superorganizma v bistvu temelji na paradigmi organicizma in neoorganicizma, ki se je razvila iz Aristotelovih nauk in ki tudi danes konkurira neodarvinistični evlucijski paradigmi. Pri tem sta teoriji v nekaterih elementih kompatibilni, glede nekaterih bistvenih vprašanj pa se razlikujeta, oziroma si nasprotujeta. Neodarvinizem namreč trdi, da je živi organizem zgolj pasivna tarča selekcijskih pritiskov okolja, neoorganicizem pa nasprotno trdi, da organizem tudi sam vpliva na potek evolucije, (tudi svoje lastne), torej sooblikuje njen potek (Jerman in Štern, 1996). Pri razlagi čebelje družine kot superorganizma gre Tautz (2008) celo tako daleč, da tega superorganizma ne primerja s katerikoli drugim mnogoceličnim organizmom, ampak kar s sesalcem. To utemeljuje s primerjavo čebel in sesalcev v petih točkah in sicer : pri obojih nizka stopnja razploda, vzgoja potomcev v stabilnem okolju (maternica sesalcev, ter satovne celice v čebeljem panju), uravnavanje temperature telesa 36 stopinj Celzija (sesalci) in temperature 35 stopinj v notranjosti panja, hranjenje (še neobgljenih) potomcev z mlekom (sesalci), ter z mlečkom pri čebelah in končno, vrhunska sposobnost precepcije in učenja; (op. avtorja te naloge: pri tem ne misli toliko na sposobnost posameznih osebkov, kot na sposobnost »superorganizma« - čebelje družine). Slednje bo podrobno opisano v nadaljevanju naloge.

Čebelja družina lahko šteje do 50 000 med seboj sorodnih osebkov, v njej prevladujejo samice. Samcev (troto) je v družini do 2000. Organizirana je okoli ene same plodne samice-matice, matere vseh ostalih članov družine. Ali se bo iz ličinke razvila le delavka, ali pa nova mlada matica, je odvisno od stanja in od potreb družine- številčnost in zdravje omogoči delitev in nastanek novih, hčerinskih družin, pod vodstvom novih - mladih matic. Razvoj

potencialnih novih matic se uravnava s količino in z vrsto hrane, s katero ličinko hranijo delavke (manj hrane- medu in peloda je za delavke, več hrane- matičnega mlečka pa je za bodočo matico). Matični mleček vsebuje poseben protein »rojalaktin«, kateri vpliva na razvoj večjih jajčnikov pri samicah, zato matični mleček predisponira razvoj ličinke v bodočo mlado matico. V katero smer bo razvoj potekel, pa se odloči v prvih 72 urah življenja ličinke. (Koeniger in Tiesel, 2016).

Naloga matice je zapletena; poleg osnovne dejavnosti, tj. izleganja jajčec, matica izloča feromone, ki jih od nje prevzamejo delavke in s katerimi uravnava dejavnost celotne družine. Vendar pa matica sama zase ni sposobna skrbeti, to je naloga specializiranih delavk, njenih spremljevalk, katere jo hranijo. Po svatbenem izletu iz panja in parjenju s 7 do 12 troti, matica shrani njihove spolne celice v posebni mošnjici– spermateki. Spolne celice trotov so tam žive in sposobne za oploditev tudi več let po smrti trotov, tako da matica v teku svojega večletnega življenja z njimi postopoma oplojuje jajčeca, katere nato izlega. Gre torej za spolne celice več različnih očetov, kar zmanjšuje stopnjo sorodnosti (inbridinga) med potomci, člani iste čebelje družine. Pri medonosni čebeli spol določa en sam gen, ki pa se lahko pojavlja v različnih oblikah (alelih). N. Koeniger je leta 1970 dokazal, da je matica sposobna uravnati razmerje med člani kolonije (delavke / troti) tako, da s sprednjimi nožicami izmeri velikost celic pripravljenih za zaleganje in v primeru večje (trotovske) celice spermateko zapre, ter posledično izleže neoplojeno jajčece. Iz njega se bo s partenogenzo, oziroma »deviško oploditvijo« razvil normalen trot (Dzierzonovo pravilo). Normalni troti so za razliko od diploidnih samic haploidni (imajo enojni set kromosomov in s tem le en alel spolnega gena). Vkolikor pa se matica spari s sorodnim trotom, in zaleže oplojeno jajčece v celico predvideno za razvoj samice, bosta alela iz spermija in iz jajčne celice v novem zarodku enaka, zato se ne bo razvila diploidna samica, ampak (bi se) iz ličinke razvil nenormalen diploidni trot. Take nenormalne ličinke delavke prepoznajo v zgodnjem stadiju in jih odstranijo (pojedjo). Posledice inbridinga tako postanejo vidne s tem, da je med zalego veliko praznih celic, katere nato delavke zapolnijo z zalogami hrane. (Koeniger in Tiesel, 2016).

Naloga normalnih odraslih trotov je ena sama, to pa je parjenje z (novo) matico in zagotovitev novih genskih kombinacij za prihodnje generacije. Na mestu parjenja (trotovišču) so vedno prisotni troti iz več družin (po nekaterih raziskavah tudi do 243 družin), zato je verjetnost, da bi se matica sparila s katerim od svojih bratov, relativno majhna. Svatbeni izleti in parjenje izven panja seveda zaradi plenilcev in drugih vplivov okolja pomenijo določeno tveganje, vendar pa se to več kot izplača z izogibom inbridingu. Medonosno čebelo torej v prmerjavi z drugimi živalmi odlikuje visoka stopnja izogibanja inbridingu. (Koeniger in Tiesel, 2016).

Sicer pa troti ne nabirajo hrane za družino, ali opravljajo drugih koristnih nalog, ampak le porabljajo zaloge iz panja, tako da razen parjenja, za družino niso koristni. Proti koncu paritvene sezone jim delavke preprečijo uporabo zalog hrane v panju, zato troti običajno umrejo zaradi lakote.

Sterilne diploidne čebelje samice– delavke, predstavljajo glavnino družine in opravljajo večino nalog, potrebnih za delovanje družine. Naloge delavk so odvisne od njihove starosti, njihov razvoj pa uravnava juvenilni hormon. Da prično hraniti zalego, so jim morajo razviti prehranjevalne žleze, za gradnjo satovja voskovne žleze, za varovanje panja pa žleze strupnice (Winston 1987). Ni nujno, da vsaka delavka v teku svojega življenja opravlja vse naloge, ki so potrebne v panju, vendar pa praviloma opravlja več nalog, kar zahteva tudi

ustrezne spremembe vedenja. To kaže na veliko vedenjsko prilagodljivost, s tem pa morda tudi na veliko sposobnost učenja. Najstarejše in najbolj izkušene delavke prevzamejo zadnjo nalogo svojega življenja, to je pa delovanje v zunanjem svetu in sicer kot pašne čebele (Tautz 2008). Njihova glavna naloga je iskanje virov hrane in oskrba družine. Povprečna življenjska doba spomladi, oziroma poleti izlegle pašne čebele je 6 do 8 tednov, prezimovalne čebele, ki najprej prezimijo v panju in prično izletati spomladi, pa lahko živijo do pol leta (Winston, 1987). Življenjska doba čebel je močno odvisna od njihove rezerve hrane v golši, ter od pašne aktivnosti, oziroma od iskanja in nabiranja hrane, energijo za to aktivnost dobijo iz metabolizma glikogena. Pašna čebela lahko v 3 do 10 dneh preleti do 800 kilometrov (Neukirch, 1982) in se dokaj dobesedno »izrabi«, oziroma umre zaradi popolne izčrpanosti in izgube energije. Čebele namreč nimajo maščobnih zalog in se morajo hraniti vsak dan, da preživijo. Uspeh, oziroma preživetje družine je odvisno od pravilnega usmerjanja na pašo, motivacija čebel pa je odvisna od kvalitete pašne (Božič, 1992).

1.2 Splošno o plesnem sporazumevanju čebel

Sporočilni ples, s katerim pašne čebele svojim sovrstnicam iz panja posredujejo podatke o smeri, ter o oddaljenosti vira hrane (paše), je koristna prilagoditev predvsem v okoljih, kjer se viri hrane razlikujejo v kakovosti (Dornhaus in sod., 2006) in jih je težje najti (Beekman in Lew, 2008, Schurch in Gruter, 2014). Sporočilni ples je edini do sedaj znani način simbolnega sporazumevanja med nevretenčarji in je edinstven tudi v svetu čebel, saj se je razvil zgolj pri rodu *Apis* (Price in Gruter, 2015), izvajajo pa ga vse vrste tega rodu (Oldroyd in Wongsiri, 2006). Po kompleksnosti in količini informacij katere vsebuje, naj bi zaostajal zgolj za človeškim govorom (Gould, 1976). Ker posreduje informacije o abstraktnih pojmi, kot so geografska lega, razdalja, kot (azimut) sonca in podobno, mnogi menijo, da gre za jezik v pravem pomenu besede (Seeley, 1985b).

Plesno sporazumevanje v panju poteka le med čebelo, ki informacije posreduje, ter med čebelami, ki se nahajajo neposredno ob njej in to preko neposrednega dotikanja, oziroma preko medsebojnega otipavanja s tipalnicami (von Frisch, 1923, Božič in Valentinčič, 1991), lahko pa tudi s pomočjo zvočnih nihanj (Michelsen in sod., 1986). Plesno sporazumevanje se izvaja tako z gibanjem celotnega telesa, kot tudi z gibanjem njegovih posameznih delov. Praviloma na vertikalni podlagi znotraj panja, vendar so pripadnice rodu *Apis* sposobne izvajati pravilno orientiran ples tudi na vodoravni podlagi (npr. pred vhodom v panj), kadar lahko neposredno vidijo nebo (Nieh, 2011). Pašno čebelo, katera po vrnitvi v panj prične plesati, obdajo čebele sledilke, katere se s svojimi telesi usmerijo kar najbolj pravokotno glede na položaj telesa plesalke in nato od nje sprejemajo informacijo. Uspeh pri rekrutiraju novih pašnih čebel in njihovo usmerjanje k viru hrane pa je močno odvisno od te informacije (Božič, 1992). Sporočilni ples vsebuje informacije o smeri, oddaljenosti in o vrsti hrane (paše), pri tem pa je lahko (pod)vrstno specifična informacija o oddaljenosti. Govorimo o čebeljih narečjih, oziroma o dialektih (slika 1), ki so verjetno evolucijska posledica različnih ekoloških pogojev, oziroma razdalj, pri katerih posamezne (pod)vrste iščejo hrano (Gould, 1975b in 1982, Dyer in Seeley, 1991).

1.3 Prve raziskave čebeljega plesa

Pomen čebeljega plesa kot sporočilnega vedenja je v prvi polovici 20. stol. odkril in opisal avstrijski naravoslovec Karl von Frisch, ki je dela na temo »govora« čebel objavljal že v letih

1923 in 1946, verjetno najbolj pomembno delo s tega področja pa je njegova publikacija z naslovom: »Tanzsprache und Orientierung der Bienen« iz leta 1965. Ugotovil je, da čebelji ples vsebuje vse potrebne informacije o smeri in o oddaljenosti vira hrane, informacijo, ki se nanaša na oddaljenost, pa sestavlja sosledje različnih vedenj (faz), katere je tudi opisal in pojasnil. Prvi je opisal vlogo plesalk in sledilk v tem dogajanju, oziroma katere informacije se prenašajo med plesom. Steche (1957) in Boch (1957) pa sta v poskusih z mešanimi družinami *A. m. carnica* - *A. m. ligustica* dokazala obstoj čebeljih »narečij«, oziroma variacij čebeljega plesa, značilnih za posamezne vrste in podvrste.

1.4 Evolucija čebeljega plesa

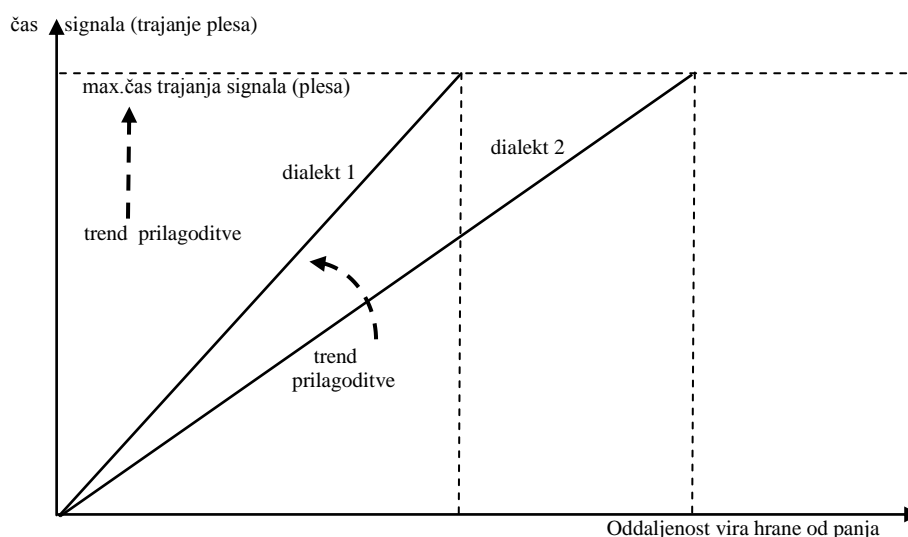
M. Lindauer (1956) in K. von Frisch (1967) sta postavila hipotezo, ki bi lahko pojasnila evolucijo čebeljega plesa. Po tej hipotezi naj bi se moderni čebelji ples razvil iz bolj primitivne oblike plesa, ki so ga uporabljale predniške vrste, verjetno podobne današnji *Apis florea*. Te naj bi za razliko od jamskih prednic gnezdile na odprtem, ples pa naj bi izvajale na horizontalni podlagi in usmerjen neposredno proti viru hrane. Postopno naj bi se ustvarila asociacija med gravitacijo (zato razvoj plesa na vertikalni podlagi) in med položajem sonca, uporaba gravitacije kot reference pa je omogočila abstraktni opis lokacije vira hrane in s tem izvajanje plesa v popolnoma zaprtem in zaščitenem prostoru (gnezdju oz. panju), kjer neposredno usmerjanje telesa čebele proti oddaljenemu viru hrane kateri se nahaja izven gnezda, ni uporabno, saj hrana ni več v vidnem dosegu, pa tudi lega sonca ni vidna. Alternativna hipoteza (Koeniger 1976) pa predvideva, da se je moderni vertikalni ples v panju (rod *Apis*) razvil neposredno iz vertikalnega plesa prednic, ki so gnezdile v votlinah. Po tej hipotezi horizontalni ples za rod *Apis* naj ne bi bil bistvenega pomena, pomemben naj bi bil za rod *Micrapis*, medtem ko je vertikalni ples na odprtem vodil do razvoja rodu *Megapis*. V teku evolucije se za izvedbo in nevronske kontrole plesa pri delavkah niso razvili posebej za ta namen specializirani nevroni, ampak je prišlo zgolj do modifikacije tistih centralnih senzoričnih nevronskih poti, katere imajo sicer tudi troti, matica in pa druge vrste žuželk (Brockmann in Robinson, 2007). Vzroki za evolucijo čebeljega plesa sicer niso popolnoma jasni, vendar bi se ples lahko razvil kot strategija za uspešnejše iskanje lokacij za nova gnezda, iskanje virov hrane, ali pa obojega. Nekateri novejši študije se nagibajo predvsem v korist pri iskanju hrane; tekmovanje pri iskanju virov naj bi bilo ostrejšo, kot pri iskanju lokacij za gnezda, saj so predniške vrste gnezdile na odprtem (predvsem med drevesnimi vejami), zato je bilo primerljivo dobrih lokacij za gnezda v izobilju. Nasprotno pa je ob pomanjkanju hrane le-to potrebno iskati tudi na bolj oddaljenih lokacijah, v tem primeru pa ples pomeni izrazito tekmovalno prednost pred konkurenti, kateri plesa ne uporabljajo (Ratnieks in Shackleton, 2015).

1.5. Vpliv okolja in genov na čebelji ples.

Po trditvah nekaterih avtorjev (Esch in sod., 2001) naj bi bile razlike v sporočanju razdalj, oziroma v prehodih iz ene plesne forme v drugo, bolj posledica okolja v katerem se populacija nahaja, kot pa dednih lastnosti. Drugi avtorji pa trdijo, da so te razlike genetsko determinirane in sicer naj bi bili prehodi iz ene plesne forme v drugo (iz krožnega v srpasti in iz srpastega v zibajoči ples, pod kontrolo enega gena z več različnimi aleli, kot ugotavljata Rinderer in Beaman (1995), njune ugotovitve pa potrjujejo Johnson in sodelavci (2002). Najbolj verjetna razlaga pa je vendarle skupen vpliv dejavnikov obeh vrst, tako genotipa, kot tudi fenotipa.

1.6 Narečja (dialekti) čebeljega plesa in von Frischova adaptivna hipoteza.

Večina avtorjev potrjuje obstoj vrstno in podvrstno specifičnih dialektov, oziroma narečij čebeljega plesa. To sta prva ugotovila Lindauer (1956) in Boch (1957). Razlike so bile ugotovljene predvsem v načinu sporočanja oddaljenosti vira hrane od panja. Razliko v številu zibov telesa in v času obrata telesa za 360 kotnih stopinj ugotavljajo Gould in Towne (1987), ter (Songkun in sod., 2008), razlike v prehajanju iz ene plesne forme v drugo (iz krožnega v zibajoči ples), pa navajajo Johnson in sodelavci (2002). Na podlagi ugotovitev Lindauerja in Bocha o obstoju dialektov, so von Fritsch (1967), ter nekateri drugi avtorji, kot so Dyer in Seeley (1991), ter Gould (1982), razpravljali o adaptacijski hipotezi (adaptive tuning hypothesis), oziroma o prilagoditvenem pomenu dialektov. Po tej hipotezi naj bi dialekti različnim vrstam in podvrstam čebel omogočali največjo mogočo prilagoditev natančnosti lociranja hrane glede na maksimalno oddaljenost iskanja hrane. Sama oddaljenost pa je odvisna od dveh glavnih skupin dejavnikov in sicer od biologije in anatomije (pod)vrste, kot je na primer telesna velikost; večje čebele so sposobne hrano iskati na večjih oddaljenostih (Greenleaf in sod., 2007), druga skupina pa so dejavniki okolja, v katerem ta (pod)vrsta biva.



Slika 1: Bistvo von Frischove adaptivne hipoteze

(izvirna slika iz: Dyer, 2002, dopolnitev in nadgradnja, Močnik, 2014)

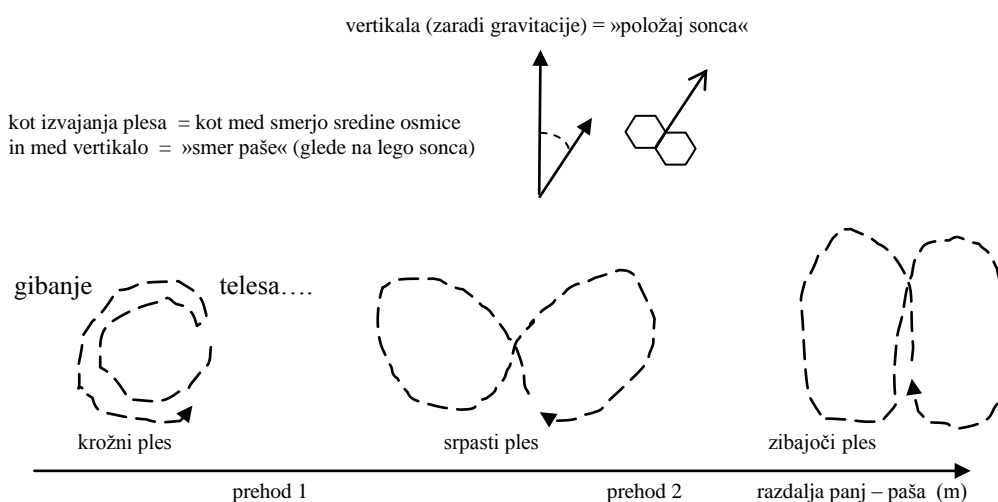
Osnovna razlika dveh dialektov čebeljega plesa je opisana z razliko naklonov obeh krivulj (premic).
Večji naklon pomeni bolj natančno informacijo. Trend prilagoditve opisuje adaptacijsko težnjo (pod)vrst.
Slika je opisna, brez merljivih podatkov.

Hipoteza predvideva, da naj bi se (pod)vrste prilagodile, oz. naj bi razvile kar najbolj strmo krivuljo za opis dane oddaljenosti vira hrane (slika 1). To bi pomenilo največji časovni razpon trajanja signala, oziroma posameznih plesnih gibov (npr. obrata telesa), torej največjo razliko pri opisu različnih oddaljenosti vira hrane, kar bi pomenilo največji kontrast posredovane informacije, s tem pa tudi relativno najmanjšo napako pri določanju oddaljenosti. Slednja je pri tem »neodvisna« spremenljivka, oziroma jo narekujejo zahteve okolja in pa telesne

značilnosti (pod)vrst, kot je velikost telesa in drugo. S predpostavko, da naj bi obstajal absolutni najdaljši možni čas trajanja signala (plesnih gibov), bi po tej hipotezi (pod)vrste, katere so vajene iskati hrano na kratkih razdaljah, razvile dialekte z bolj strmim naklonom krivulje, torej z relativno dolgotrajnim plesom glede na oddaljenost, katero s plesom sporočajo. Hipoteza je sicer nekoliko kontroverzna in se vsi avtorji z njo ne strinjajo v celoti (Dyer, 2002).

1.7 Oblike (forme) čebeljega plesa

Glede na informacijo o razdalji vira hrane od panja, ki jo čebele sporočajo svojim sovrstnicam v panju, lahko razlikujemo vsaj tri različne forme sporočilnega plesa, vsaka od teh pa sporoča drugačno oddaljenost vira hrane od panja (von Frisch, 1967).



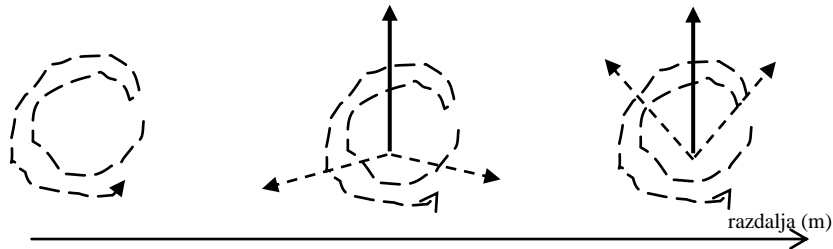
Slika 2: Tri forme čebeljega plesa

(izvirna slika iz: von Frisch, 1967, dopolnitev in nadgradnja, Močnik, 2014).

Posamezne forme plesa se v panju odvijajo na razdalji 2 do 5 cm (Tautz, 2008), torej potekajo na prostoru velikosti do cca. 25 kvadratnih cm in na vertikalni podlagi v panju. Krožni ples (levo) sporoča vir hrane blizu panja. Srpastega plesa ni pri vsaki (pod)vrsti (npr. pri kranjski). Zibajoči ples (skrajno desno) pa so tako poimenovali iz razloga, ker čebela na delu poti v sredini »osmice« intenzivno vibrira, oziroma pozibava s telesom, kar postaja izraziteje pri sporočanju večjih oddaljenosti vira hrane od panja. Slika je opisna, brez merljivih podatkov.

Krožni ples kot najpreprostejša oblika čebeljega plesa sporoča informacijo o viru hrane, ki je v neposredni bližini panja (Gould in Towne, 1987), ta ples samo na videz ne vsebuje nobene informacije o smeri lokacije vira hrane. Kirchner in Lindauer (1988) ugotavljata, da mora biti informacija o smeri vira hrane zakodirana tudi v tej najpreprostejši obliki plesa, kar v bistvu utemeljujeta s tem, da se povprečno odstopanje smeri poletov od smeri vira hrane zmanjšuje tudi pri krožnem plesu (slika 3) in pri tem navajata, da je komponenta smeri opazna celo tedaj, ko je vir hrane od panja oddaljen le en meter. Navajata, tudi, da je ne glede na spremembe vzorca gibanja (prehod iz krožnega v zibajoči ples), informacija o oddaljenosti

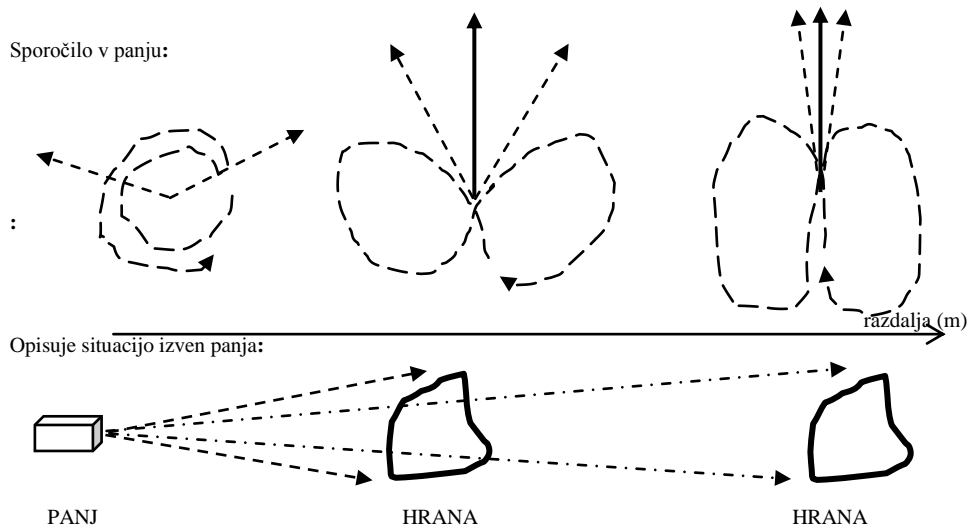
vira hrane od panja vedno zakodirana na enak način, ter da jo na enak način od čebel skavtinj prevzemajo tudi čebele sledilke. Da je tudi pri krožnem plesu prisotna komponenta usmerjenosti, ugotavljajo še Gardner in sodelavci (2008)



Slika 3: Odstopanja smeri poletov, ki jih sporočajo krožni plesi
(izvirna slika iz: Kirchner in Lindauer, 1988, dopolnitev in nadgradnja, Močnik, 2014)
Odstopanja smeri (črtkane puščice) od smeri vira hrane (polne puščice) glede na povečevanje oddaljenosti vira hrane od panja. Slika je opisna, brez merljivih podatkov.

Gre torej predvsem za to, da je pri krožnem plesu v panju informacija o smeri vira hrane zunanjemu opazovalcu manj jasno razvidna, kot pa samim čebelam, katere informacijo sprejemajo, zato opazovalec dobi vtis, kot da gre za sicer vzburljeno, toda bolj ali manj naključno sporočanje smeri s strani čebele plesalke. Tako kot pri zibajočem, je tudi pri krožnem plesu prisotno zibanje, oziroma potresavanje telesa, ki pa je povezano predvsem z oddajanjem zvočne informacije (Kirchner in Lindauer, 1988). Pomen plesne informacije pri krožnem plesu zato še najlažje tolmačimo tako, da neposredno opazujemo, v katero smer je čebela plesalka dejansko letela in to primerjamo s potekom plesa.

S povečevanjem oddaljenosti vira hrane od lokacije panja, pa prične krožni ples v panju postopno prehajati v gibanje »osmice« in smer telesa v sredini te osmice postopno postaja pokazatelj prave smeri lokacije vira hrane glede na trenutno lego sonca. Število zibov telesa v sredini osmice pa postaja vse natančnejše merilo oddaljenosti vira hrane od panja.



Slika 4: Odstopanja smeri poletov glede na oddaljenost vira hrane od panja
(izvirna slika iz: Towne in Gould, 1987, dopolnitev in nadgradnja, Močnik, 2014)
Relativna odstopanja (črtkane puščice) smeri poletov od smeri vira hrane, ki jih sporočajo zibajoči plesi, se zmanjšujejo s povečevanjem oddaljenosti vira hrane od panja. Slika je opisna, brez merljivih podatkov.

Kot med obema »krogoma«, oziroma bolje rečeno, med sploščenima elipsama, ki sestavljata osmico, se v primeru enake vrste in kvalitete hrane na enako velikem prostoru, vendar na večji oddaljenosti od panja, zmanjšuje s tem, da *A. mellifera* pri večjih oddaljenostih raje sporoča vire, kateri se nahajajo na večjih površinah (Beekman in sod. 2015). Tako smer gibanja čebeljega telesa v sredini »osmice med plesi, kateri sporočajo večje oddaljenosti do vira hrane, v panju postane bolj opazna tudi zunanjemu opazovalcu in postaja natančnejša, oziroma vedno manj odstopa s povečanjem oddaljenosti vira hrane od panja, (slika 4). Gre torej za sporočanje razmerja prostorskih dimenzij vira hrane in pa njene oddaljenosti od panja. Pri tem nekateri avtorji (Johnson in sod., 2002) negirajo obstoj srpastega plesa (glej slika 2– v sredini) pri nekaterih podvrstah, kot na primer pri *Apis mellifera carnica* in zatrjujejo, da naj bi prehod iz krožnega plesa v zibajoči ples pri tej podvrsti potekal neposredno. Zakaj natanko pa naj bi srpasti ples manjkal, pa ni jasno.

1.8 Delovne hipoteze

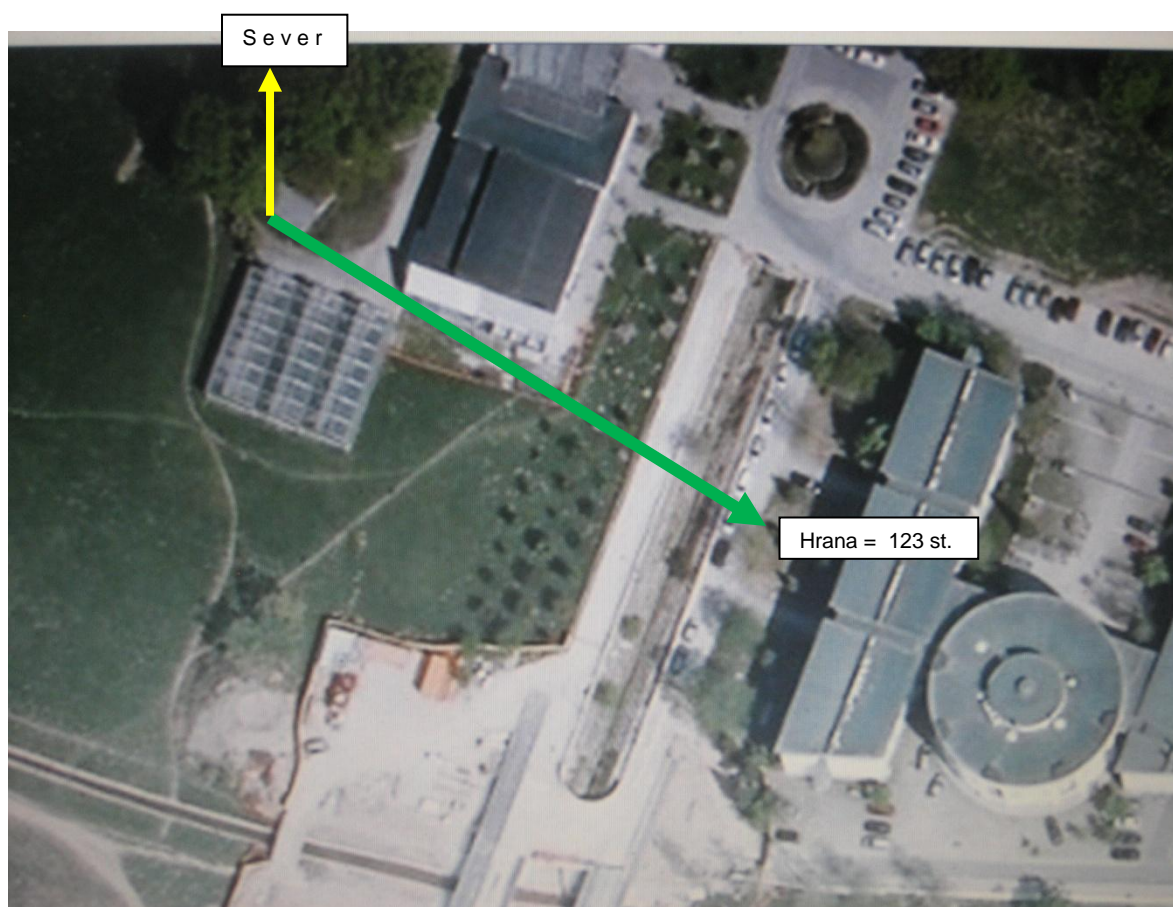
- 1.8.1 Sporočilna plesa kranjske čebele (*A. m. carnica*) ter italijanske čebele (*A. m. ligustica*) na različen način sporočata isto informacijo o razdalji od panja do vira hrane, katero čebele skavtinje ene ali druge podvrste posredujejo svojim sovrstnicam v panju.
- 1.8.2 Med plesom, ki sporoča krajše razdalje (< 100 m.), je čas obrata telesa za en poln krog pri italijanski čebeli (*A. m. ligustica*) bistveno krajši, kot pa je pri kranjski čebeli (*A. m. carnica*).
- 1.8.3 S povečevanjem razdalje med panjem in virom hrane od 25 metrov proti 91 metrom se med plesom pri obeh podvrstah podaljšuje čas spremembe smeri telesa, oziroma čas obrata telesa za en poln krog.
- 1.8.4 S povečevanjem razdalje med panjem in virom hrane, potekajo prehodi iz krožnega v zibajoči ples hitreje, oziroma enak čas spremembe smeri telesa sporoča krajšo spremembo oddaljenosti pri italijanski čebeli (*A. m. ligustica*), kot pri kranjski čebeli (*A. m. carnica*).
- 1.8.5 Usmerjenost plesov (% plesov usmerjenih v eno smer), je na krajših razdaljah (< 100 m.), pri italijanski čebeli (*A. m. ligustica*) bistveno manjša, kot je usmerjenost pri kranjski čebeli (*A. m. carnica*).

Hipoteze temeljijo na enostavnih, lahko merljivih, ter statistično izračunljivih, oziroma ocenljivih parametrih, kot so čas spremembe smeri telesa in prostorski kot spremembe smeri telesa, sprememba razdalje, ter usmerjenost plesov, oziroma % plesov usmerjenih v smer vira hrane. Ob tem sem se namerno izogibal kompleksnim, oziroma sestavljenim parametrom, kot je na primer »prehod iz ene v drugo plesno formo«, saj tak opis pomeni vsoto več parametrov, katera pa je v najboljšem primeru zelo kompleksna, ter je zato tak opis v veliki meri odvisen od subjektivnega dejavnika, to je od percepcije samega opazovalca, ki pa se lahko od osebe do osebe zelo razlikuje. Tovrstno vsoto parametrov bi torej lahko obravnavali bolj kot »opisno«, manj pa kot dejansko merljivo, ali pa vsaj zelo zahtevno za obdelavo s statističnimi računskimi metodami.

2 MATERIAL IN METODE

2.1 Izbira in opis kraja opazovanja.

Poskus sem izvajal na prostoru med glavno stavbo Biološkega središča, med lokacijo panja, katera se nahaja dobrih 100 metrov severozahodno od glavne stavbe in severno od potoka Gradaščica. Območje je sub-urbano in je mešanica zelenih, ter betonskih, oziroma asfaltnih površin, kjer je gibanje, oziroma promet ljudi srednje gost.



Slika 5: Zračni orto foto posnetek opazovanega območja.

(Vir fotografije -www.geopedia.si November 2014, dodatki in obdelava fotografije, Močnik, 2015)
Zelena puščica je trasa, na kateri sem postavljaj krmišče. Kot je razvidno iz posnetka, je bilo v času nastanka posnetka na območju nekaj manjših gradbenih površin, ki pa so bile v času izvajanja poskusa že sanirane, oziroma odstranjene.

Trasa (slika 5) poskusa, na kateri sem postavljaj krmišče, je usmerjena 123 kotnih stopinj jugovzhodno. Vegetacija v neposredni bližini trase ni zelo gosta, oziroma bogata z naravno pašo, kar je olajševalo usmerjanje čebel proti umetnemu viru hrane, oziroma na krmišče. Ta smer trase je bila najbolj ustrezna iz več razlogov. Je dokaj prehodna in je brez resnih ovir za gibanje ljudi, kar je olajševalo hitro gibanje po trasi, bodisi peš, ali pa z dvokolesom.

Hitrost gibanja je bila za izvedbo poskusa namreč zelo pomembna, saj sem vse delo opravljal sam in sem se moral naglo premikati iz krmišča k panju in nazaj, kar bo podrobneje opisano v nadaljevanju. Vse ostale smeri so bile za tak način dela manj ustrezne, ali popolnoma neustrezne; dostop na travnik, ki se nahaja zahodno od panja je oviran z ograjo, zaradi katere je potrebno narediti velik ovinek, enako velja za južno smer, kjer se poleg tega nahaja koruzna njiva. Severna smer pa je skoraj popolnoma blokirana z gozdom Mosteca in s stavbami, ki pripadajo BF.

2.2 Izvedba poskusa

V dograjen opazovalni panj sva z mentorjem naselila mešano družino kranjskih čebel (*A.m.carnica*) in italijanskih čebel (*A.m.ligustica*). Matica je bila kranjska, osebke italijanske podvrste (brez matice) pa je mentor tako kot tudi kranjsko matico, z mejnega slovensko italijanskega območja pripeljal dvakrat v transportnem panju in sva jih nato med potekom poskusa postopoma dodajala s posebno kletko za vnos čebel v že zaprt in naseljen opazovalni panj (gl. slika 7). Ob tem sva pazila, da sva družini dodajala zgolj delavke, ne pa tudi trotov z mejnega slovensko italijanskega območja.

Izhajal sem iz predpostavke, da med kranjsko čebelo (*A.m.carnica*) in med italijansko čebelo (*A.m.ligustica*), kateri izvirata iz mejne populacije obeh podvrst, obstaja bistvena razlika v delu sporočilnega plesa, kateri se nanaša na sporočanje razdalj in sicer, da bi prehodi iz ene plesne forme v drugo, pri eni podvrsti lahko spročali drugačne razdalje od panja do paše, kot enaki prehodi pri drugi podvrsti. To bi pomenilo, da se razlikujejo vedenjski vzorci sporazumevanja obeh podvrst, kot je bilo to opisano v dosedanjih raziskavah. Starost osebkov obeh podvrst, to je delavk, ki so iskale in nabirale pašo, je bila kolikor se le da enaka, da bi s tem že vnaprej in kolikor se le da, izključil vpliv starosti osebkov na izvedbo njihovega plesnega sporazumevanja.

Ključna spremenljivka v tem poskusu je bila razdalja med panjem in med krmiščem z umetno pašo, katere lokacijo je vsaka od obeh podvrst sporočala svojim sovrstnicam v panju. Razdaljo na terenu sem meril z metrom, krmišče pa sem med poskusom predstavljal na točno določene razdalje od panja in sicer na 25, 40, 55, 70 in 91 metrov in vselej v isti, točno določeni smeri. Začetno razdaljo krmišča sem postavil na razdalji 25 metrov od panja zato, ker Tan in sodelavci (2008) navajajo, da na tako majhni razdalji pri nobeni od obeh navedenih podvrst še ni pričakovati prehoda iz ene v drugo plesno formo, oziroma iz krožnega plesa v zibajoči ples.

Z barvnimi oznakami sem na izhodu iz panja označil dve »delovni skupini« pašnih čebel-delavk, torej tistih čebel, ki so bile dovolj stare, da so pričele izletavati iz panja z namenom iskanja hrane. Takoj, ko sem na krmišču opazil eno ali več označenih čebel, sem se naglo, (še pred njimi) vrnil v panj in jih tam posnel z digitalno videokamero, ko so po vrnitvi v panju izvajale sporočilni ples. Med samim poskusom sem snemal z normalno hitrostjo, po koncu terenskega dela pa sem posnet material analiziral tako, da sem si posnetke ponovno predvajal v počasnem predvajanju in sicer kot zaporedje posameznih sličic (posnetkov) za podrobnejši ogled in za meritve. Zbrane meritve, oziroma morebitne razlike izmerjenih parametrov pri obeh podvrstah sem statistično testiral z neparametričnimi in parametričnim testi.

2.3 Praktično in terensko delo.

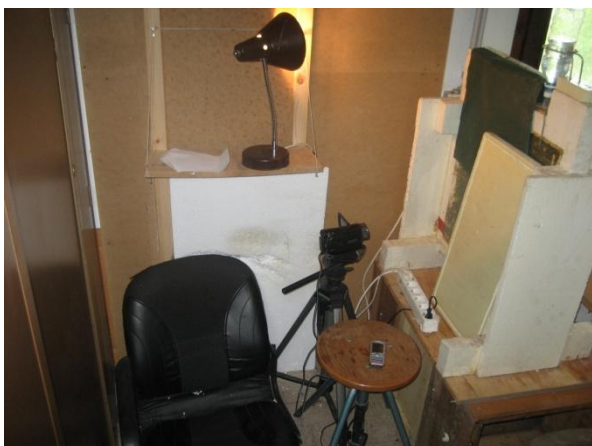
Za opazovano čebeljo družino sem zgradil opazovalni panj iz stirodurja, ki je oblikovan tako, da omogoča opazovanje in snemanje dogajanja znotraj panja in sicer skozi obe prozorni stekleni bočni strani panja. Ko opazovanje ne poteka, sta opazovalni površini pokriti s stiropornima pokrovoma, da svetloba ne bi motila čebel v notranjosti. Panj je sicer zasnovan tako, da je vodoodporen in lahko prenese tudi vse vremenske vplive. Poleti in jeseni 2013 je bil poskusno postavljen na prosto in naseljen s poskusno čebeljo družino, vendar pa smo nazadnje ugotovili, da je najbolj ustrezna lokacija kar znotraj prostora čebelarkega središča. Zato sem panj postavil v notranjosti stavbe, izhod iz panja pa je potekal po cevi skozi zid na prosto. Tako je opazovanje in snemanje plesov med poskusom potekalo v notranjosti stavbe, vsakodnevno evidentiranje prisotnosti in večkratno tedensko označevanje pašnih čebel pa je potekalo zunaj stavbe ob izhodu iz panja. (gl. slike 6 do 9).



Slika 6: Gradnja opazovalnega panja



Slika 7: Naseljen opazovalni panj



Slika 8: Delovno mesto ob panju (znotraj stavbe)



Slika 9: Delovno mesto ob panju (zunaj stavbe)

Pojasnilo k slikam 6 do 9:

Slika 6: gradnja panja. Slika 7: naseljen panj s priloženo kletko za dodajanje novih čebel v panj- kletka sedi na vrhu panja, na skrajni desni pa je vidna cev, – izhod iz panja skozi zid na prosto. Slika 8: panj med izvedbo poskusa, oziroma med snemanjem in slika 9: izhod iz panja na zunanji strani stavbe, kjer sem si pripravil delovno mesto za označevanje pašnih čebel.

Za čebelje krmišče sem naredil majhen lesen in kovinski podstavek (sliki 10, 11), kamor sem postavljala eno ali dve posodici s hrano za čebele. Tak podstavek je mogoče z lahkoto prestavljati na ustrezno razdaljo, ker je bilo to potrebno pri izvedbi poskusa in sicer tudi po večkrat dnevno.



Slika 10: Pogled iz smeri krmišča proti panju



Slika 11: Delo na krmišču (ista lokacija)

Pojasnilo k slikama 10 in 11:

Panj se nahaja v beli stavbi čebelarskega središča v ozadju ob parkiranem vozilu, na razdalji 40 metrov (Slika 10)
In krmišče na istem položaju, med samim potekom izvedbe poskusa (Slika 11)

Na območju izvajanja poskusa je bilo tudi več vrst naravne paše v sicer manjših količinah, ki pa bi jo moje poskusne čebele kljub temu lahko iskale in nabirale, zato sem jih moral sprva privajati na krmišče z umetno hrano. To sem storil tako, da sem ga na začetku poskusa postavil tik ob opazovalnem panju, zato je bila to prva hrana, na katero so čebele iz panja naletele. Nato sem krmišče postopno oddaljeval od panja (vsakokrat za 15 metrov dlje), sledile so tudi čebele in to sem delal, dokler nisem dosegel razdalj 25, 40, 55, 70 in 91 metrov, na katerih sem izvajal opazovanje. Referenčna, oziroma »orientacijska« razdalja za celoten poskus je bila 56 metrov, pri tej razdalji naj bi po navedbah nekaterih avtorjev ena oblika čebeljega plesa začela prehajati v drugo, tj. krožni ples naj bi pričel prehajati v zibajoči ples (Johnson in sod., 2002). Navedene razdalje sem meril s 5 in 10 metriskima vrvema, ki sta predstavljali improvizirani meter. Krmišče sem označil tudi z opozorilno tablo za primer, da bi bila katera od mimoidočih oseb alergična na čebelje pike in bi se tako lahko pravočasno izognila lokaciji, kjer sem poskus izvajal.

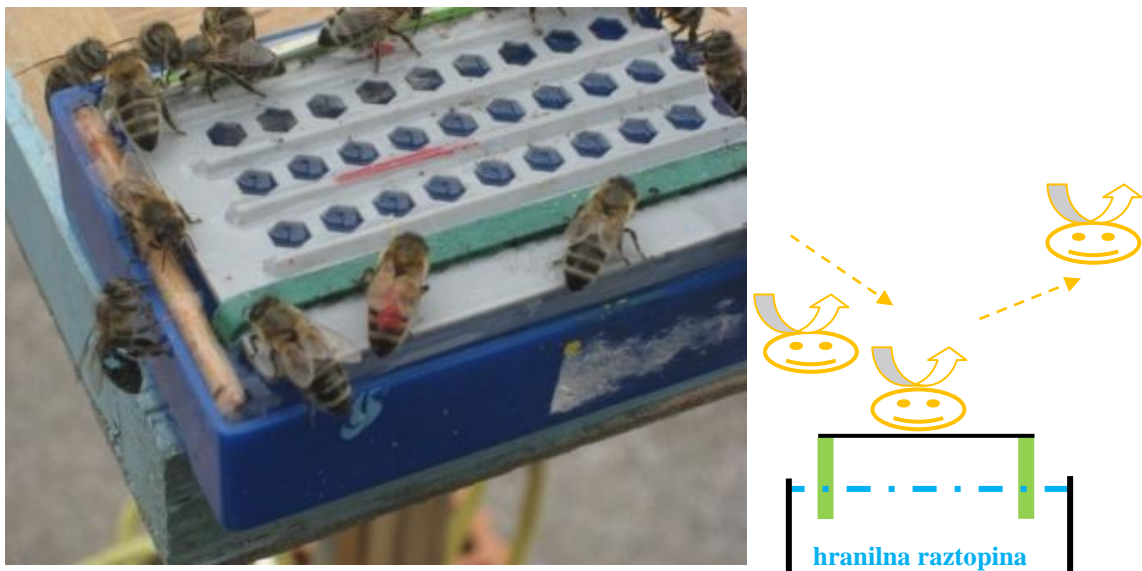
Za krmišče sem pripravil umetno čebeljo hrano in sicer 48%, 1,5 M sladkorno raztopino, tj. 480 g. sladkorja, raztopljenega v litru vode. Raztopina je obstojna tudi več tednov če ne fermentira, zato sem višek raztopine hranil v hladilniku, sicer pa sem si jo pripravljala sprti, med izvedbo poskusa. Kot posodico za hranjenje čebel sem uporabil sistem posodice in v njej platforme s plovcem (slika 12), ki plava v hranilni raztopini in na kateri lahko pristajajo čebele. Površina raztopine je dostopna čebeli ravno toliko, da jo doseže z rilčkom, ne pa s celim telesom, zato ne more pasti vanjo in se utopiti. Ko zaradi porabe pada nivo hranilne raztopine, se z njo spušča tudi platforma, zato je hrana dostopna ves čas, ne glede na nivo gladine. Poraba hranilne raztopine v dnevih največje gneče na krmišču je lahko dosegla preko

enega litra dnevno. Raztopini sem dodajal eterično olje z vonjem Sivke (2-3 kaplje na liter raztopine), ki je zelo aromatično in katerega vonj lahko čebele zaznajo na zelo velike razdalje.

2.3.1 Označevanje opazovanih čebel.

Uporabljal sem akrilne barve na vodni osnovi, ki naj bi bile za čebele relativno neškodljive, označeval pa sem jih po hrbtni strani toraksa in abdomna, ali pa tudi na obeh mestih hkrati. Pri tem sem pazil, da jih ne bi barval bodisi po glavi (očeh, antenah) ali po krilih, saj bi sloj barve glede na majhnost živali in glede na frekvenco utripanja kril že lahko vplival na njihove letalne sposobnosti. Uporabljal sem enobarvno in dvobarvno kodo, kar pomeni, da sem vsak opazovan osebek označil z največ do dvema različnima barvama. Barve sem nanašal s tankim čopičem, medtem ko so bile čebele zamotene s hranjenjem. V praksi se je pokazalo, da je dovolj osem barv (oziroma barvnih nians) in večinoma le enobarvne oznake, ker se barvo lahko nanese bodisi na abdomen ali na toraks, torej do 16 enobarvnih oznak za vsako podvrsto, skupno pa do 32 označenih čebel.

Čebele, ki so izletavale iz panja na pašo, sem označeval neposredno ob izhodu iz panja, kjer sem jih privabil z umetno hrano na palički, ali s posodico s hrano in jih tam označil. Kranjski in italijanski osebkki se med seboj sicer jasno razlikujejo že po barvi telesa. Na fotografiji (slika 12) je razvidno, da se osebek italijanske podvrste (sredina –rdeča oznaka na zadku) po svetli barvi zgornjega dela abdomna zelo jasno razlikuje od osebkka kranjske podvrste (ostali osebkki na fotografiji), saj so rumeno-svetlorjavi obročki na začetku zadka (ob oprsju) pri italijanki širši, bolj vidni in bolj izraziti, kot pri kranjski podvrsti. Zato bi lahko osebkki obeh podvrst nosili tudi popolnoma enake barvne oznake, pa bi jih bilo še vedno mogoče jasno ločiti med seboj. Tako sem optimalno ekipo formiral z do 32 osebkki. To je bilo dovolj, saj bi se pri več označenih osebkkih začela izgubljati preglednost nad dogajanjem, kajti med hitrim prihodom s krmišča v snemalni prostor, ter med upravljanjem kamere, sem si težko zapomnil kateri osebkki so bili tedaj prisotni na krmišču, kadar jih je bilo tam prisotnih več kot deset.



Slika 12: Posodica s hranilno raztopino in pristajalno platformo.

Zaradi plovcev (desno- zeleno) pristajalna platforma plava v hranilni raztopini v posodici, čebele lahko dosežejo raztopino z rilčkom, ne pa tudi s celim telesom, zato ne morejo pasti vanjo in se utopiti.

2.3.2 Terensko delo s čebelami in težave pri terenskem delu.

Pokazalo se je, da na krmišče prihajajo tudi čebele iz okoliških panjev takoj ko ugotovijo, da gre za bogat in lahko dostopen vir hrane. Po več tednih izvajanja poskusa sem celo opazil, da čebele skavtinje iz različnih panjev zjutraj pred 9. uro že čakajo na moj prihod in sicer na lokacijah, kamor sem običajno postavljajal krmišče. Prav tako so čebele iz okoliških panjev prihajale iskat hrano pred sam vhod mojega panja, s tem pa so ovirale označevanje, bodisi da sem pogosto označil osebkke iz napačnega panja, bodisi da je prihajalo tudi do resnih preteпов med njimi in med mojimi čebelami, ali pa je bil problem preprosto zaradi velike gneče (gl. slika 13), v kateri je bilo izredno težko nadzorovati dogajanje, pa tudi posameznim pikom se včasih ni bilo mogoče popolnoma izogniti. Čeprav namernih napadov name ni bilo, pa se je kdaj pa kdaj zgodilo, da sem čebelo po pomoti stisnil, ali sedel nanjo in me je nato pičila v samoobrambi.

V taki situaciji sem si zato pri delu na krmišču pomagal z metodo »pridržanja« tako, da sem neoznačene osebkke iz mojega in tudi iz tujih panjev s hrano privabil v majhno stiroporno kletko (slika 14) in jih zaprl za kako uro ali dve do konca snemanja, s tem pa sem zmanjšal premočan številčni pritisk na krmišče. Poleg vseh prej omenjenih težav in prevelike porabe umetne hrane lahko prevelika gneča na krmišču pri čebelah povzroči tudi padec plesne motivacije, posledica pa je bila, da v nekaterih dneh ni bil posnet niti en sam ples in sicer kljub temu, da so označene čebele hrano na krmišču nabirale normalno.



Slika 13: Gneča na krmišču



Slika 14: kletki za začasno pridržanje čebel

Pojasnilo k slikama 13 in 14:

Kletki za začasno pridržanje čebel (beli škatli- slika 14) sta izdelani iz stiroporja, v notranjosti pa je posodica s hranilno raztopino.

Glede usmerjanja čebel na krmišče pa se je kot učinkovit pokazal »taksi« transport čebel iz panja na krmišče, ki sem ga izvajal na večjih razdaljah (od vključno 40 metrov dalje), da bi delo potekalo hitreje. V ta namen sem izdelal dodatno mini krmišče– kletko (slika 15), v katero sem s hrano privabil označene čebele pri izhodu iz panja, kletko zaprl, nato pa sem jo s kolesom naglo odpeljal do glavnega krmišča, postavljenega na različnih razdaljah med 40 in 91 metri od panja. Pri tem sem se, kolikor se je le dalo, izogibal sunkom in stresanju med prenašanjem. Po hranjenju na glavnem krmišču so se tako prenesene čebele v panj vrnile

same. Ker so bile pri tem transportu na krmišče čebele zaprte le kake dve do tri minute in so bile med tem tudi zamotene s hranjenjem v mini krmišču, ob vrnitvi v panj običajno niso bile posebej vznemirjene, zato so v panju plesale normalno, pa tudi ob naslednjih izhodih iz panja so do krmišča prišle same od sebe in ga kasneje tudi normalno obiskovale.



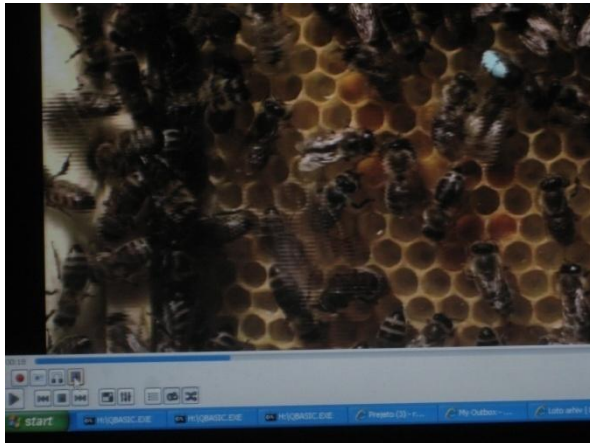
Slika 15: Miniaturno ročno krmišče za »taksi« transport čebel do glavnega krmišča

2.3.3 Snemanje dogajanja v panju in težave med snemanjem

Pri snemanju dogajanja v notranjosti panja se je kot problematično pokazalo nalaganje voska in propolisa na površini opazovalnega stekla in sicer ne glede na oddaljenost stekla od površine satovja. To lahko po daljšem času (več kot mesec dni) znatno vpliva na kakovost snemanja, zato je bilo potrebno v celotnem snemalnem obdobju (treh in pol mesecev) panj dvakrat odpreti in steklo zamenjati, oziroma očistiti, kar je pomenilo določen zastoj in motnjo normalnega poteka dela. V taki situaciji toplo priporočam imeti pripravljeno rezervno steklo, ki se ga lahko po odprtju panja takoj namesti, tako da panj ne ostane predolgo odprt in se čebele ne vznemirijo preveč, staro zapacano steklo pa se očisti kasneje in se pripravi za nadaljnjo uporabo. Med poskusom je koristno imeti pripravljeno tudi manjšo količino voska, ker so lahko kritične špranje med stirodurjem in steklom, ki jih po daljšem času čebele nekoliko »razširijo« in izstopajo iz panja na neželjenih mestih.

Ugotovil sem tudi, da se pleksi steklo pri tovrstnih opazovalnih panjih ne obnese najbolje, saj ga je bilo praktično nemogoče dobro očistiti, ker je čiščenje na mehki površini skoraj neizogibno povzročilo mikroskopske raze, zaradi katerih pa je nato tudi očiščena površina postala motna. Za uporabo v tovrstnih opazovalnih panjih torej priporočam tudi uporabo pravega stekla, s katerim je zaradi krhkosti sicer res potrebno ravnati zelo previdno, še posebej med čiščenjem, vendar pa površina pri normalnem čiščenju z ne-ostriimi predmeti in z ne-abrazivnimi materiali ostane gladka ter prozorna brez raz in prask, zato omogoča kvalitetno snemanje.

Dogajanje v panju sem snemal z digitalno videokamero »Sony HDR-SR8« (slika 17), dobljene posnetke pa sem analiziral z računalniškim programom »VLC Media Player« (slika 16), ki poleg normalnega predvajanja omogoča tudi ustavitev predvajanja, ogled posameznih posnetkov in zaporedno počasno predvajanje posameznih posnetkov. Snemanje je sicer potekalo pri navadni svetlobi wolframove nitaste žarnice, vendar pa je bila ta le deloma usmerjena proti opazovalni površini in to že zaradi snemanja samega, kajti premočna osvetljenost poveča odboj (refleksijo) svetlobe od opazovalnega stekla in s tem zmanjša kakovost posnetkov. Možno pa je tudi, da bi premočna osvetljenost čebele motila med plesom, saj je naravno okolje za izvajanje čebeljega plesa bolj ali manj zatemnjena notranjost panja. V primeru premočne osvetlitve bi postala fototaksija pomemben dejavnik pri izvedbi plesa, saj bi se čebele ravnale tudi po smeri vira svetlobe, ne le po smeri gravitacije, kar pa bi lahko motilo naravni potek plesa.



Slika 16: Program za račun. analizo video posnetkov



Slika 17: opazovalni panj med potekom snemanja

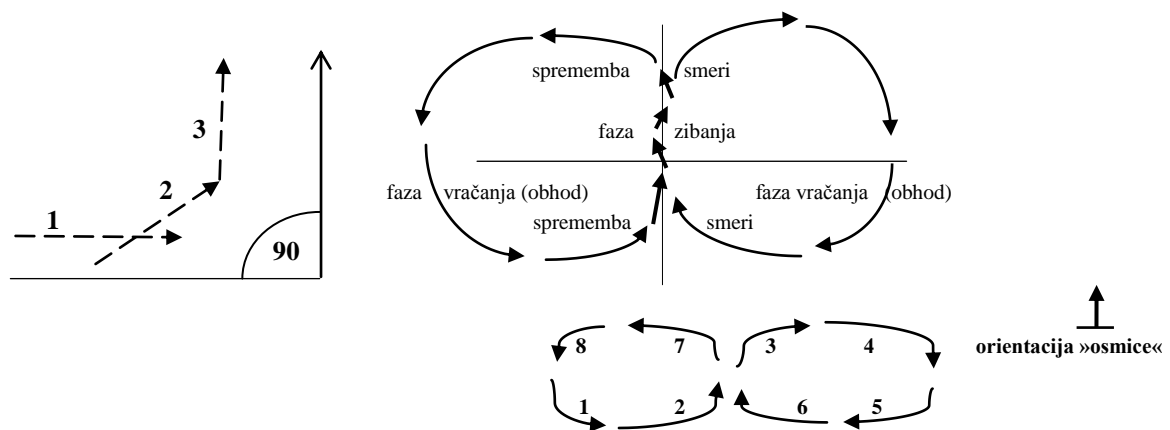
Za osvetlitev opazovalne površine z rdečo žarnico, katere svetlobe čebele sicer ne zaznavajo, pa se nisem odločil iz razloga, ker monokromatska (enobarvna) svetloba močno otežuje ali celo popolnoma onemogoča razpoznavanje barvnih oznak, s katerimi sem čebele označeval. Tako se je nazadnje izkazalo, da ne-premočna navadna svetloba ustreza zahtevam poskusa in nisem opazil kakih bistvenih vplivov na vedenje čebel, saj so plesale normalno.

Težava pri snemanju v panju je bila tudi v veliki gneči na delu satovja v bližini izhoda (sl.17 izhod pod rdečo ploščico), saj so plesalko pogosto popolnoma prekrile druge čebele, ki so se gnetle bodisi okoli nje, ali pa na opazovalnem steklu med njo in med objektivom kamere, zato celoten potek plesa pogosto sploh ni bil viden, ampak je bila plesalka opazna le občasno. Opazil sem tudi, da so se plesalke pred začetkom plesa pogosto pomaknile prav tja, kjer je bila gneča ostalih čebel največja, lahko tudi precej daleč od dela satovja pri vhodu, kjer naj bi ples sicer potekal. Zato menim, da je za optimalno izvedbo opazovanja potrebna tudi optimalna gostota naselitve panja. Ta ne sme biti premajhna, bodisi zaradi same sposobnosti obstoja opazovane družine ali zaradi plesne motivacije, vendar pa tudi ni dobro, če je gostota naselitve prevelika, najprej zato, ker to lahko predstavlja fizično oviro, tj. premalo prostora za čebele plesalke, morda pa lahko tudi vpliva na njihovo motivacijo. Opazil sem namreč, da pri zelo veliki gneči v notranjsti panja, prav tako kot na krmišču, tudi v tem primeru čebele po vrnitvi v panj ne kažejo velike motivacije za ples.

Manjša dodatna težava je bila tudi v tem, da nekatere čebele za prehod iz ene strani panja na drugo niso uporabljale zato namenjenih prehodov, ampak so si pregrizljale odprtino v vosek iz katerega je bilo satovje zgrajeno in so hodile na drugo stran skozi to odprtino, s čimer so delno vplivale na kvaliteto tistega dela satovja, kjer naj bi se plesi izvajali. Vedar pa bi bilo premikanje kamere s podstavkom in z vsemi kablji na drugo stran panja nekoliko prenerodno, zato sem se snemanju plesov na drugi strani satovja oziroma panja odpovedal.

2.3.4 Analiza posnetkov, oziroma plesnega gibanja opazovanih osebkov v panju.

Posneti video material je bil zaporedje posnetkov in sicer 25 posnetkov v sekundi. Med analizo sem predvajal vsak posnetek posebej, ter opazoval položaj (smer vzdolžne osi telesa osebkov) in kako se ta smer spreminja v zaporedju posnetkov. Meril sem spremembe smeri, oziroma, koliko posnetkov je bilo potrebno, da je osebek spremenil položaj telesa za 90 stopinj. (slika 18 - levo). Tak kot sem izbral, ker gre tako merjenje bistveno hitreje (15 do 20 krat), kot če bi s kotomerom meril položaje telesa za vsak posnetek posebej, sam zapis pa je bistveno bolj pregleden in tudi jasno razlikuje med tresenjem (zibanjem) telesa v sredini osmice in med vračanjem, oziroma obhodom. Pri tem sem upošteval le štiri glavne smeri, in sicer gor (vertikala), dol, levo in desno, z nekaj stopinjami dovoljenega odstopanja za vsako od navedenih smeri. Tak opis gibanja dovolj realno opisuje čas plesnega obrata za en poln krog 360 kotnih stopinj, kar je enako štirim spremembam smeri po 90 stopinj (če so vse v isto smer). Sicer pa bi bilo merjenje smeri telesa s kotomerom in pri vsakem posnetku posebej nesmiselno tudi zato, ker zaradi gneče v panju vsi položaji telesa plesalke pogosto niti niso bili vidni, saj so jo deloma ali v celoti prekrivale druge čebele.



Slika 18: Spremembe smeri telesa med potekom plesa

Sprememba smeri za 90 stopinj med potekom plesa (levo), razlika med potresavanjem oziroma med zibanjem v sredini »osmice«, ter med spremembo smeri pri obračanju, oziroma obhodu (zgoraj- desno) in zaporedje sprememb smeri telesa pri formiranju ene zaključene, oziroma popolne »osmice«- spodaj desno

2.4 Računske metode.

Osnovne parametre statistične analize sem računal po formulah:

$$\begin{aligned} \text{Povprečje: } \bar{x} &= (1/n) * \sum(x) \\ \text{Varianca: } s^2 &= (1/n) * \sum(x - \bar{x})^2 \\ \text{Standardna napaka: } SE &= s / \sqrt{n} \end{aligned} \quad \dots (1 \text{ do } 3)$$

kjer so: »x« element(i) vzorca in »n« velikost vzorca,

Model linearne regresije (linearna zveza med neodvisno (x) in odvisno (y) spremenljivko, sem računal po formuli (linearni enačbi):

$$\hat{Y} = a + (b * X) \quad \dots (4)$$

kjer je : »b« regresijski koeficient (nagib premice) in »a« vrednost y pri »x = 0«

Regresijski koeficient (b) pa sem računal po formuli:

$$b = \frac{\sum((x * y) - (n * \bar{x} * \bar{y}))}{\sum(x^2 - (\bar{x}^2))} \quad \dots (5)$$

Pri analizi regresije sem moral izračunati tudi koeficient determinacije, ki nam pove, za koliko opažene vrednosti regresije odstopajo od (z gornjo enačbo) izračunanih regresijskih vrednosti. Koeficient determinacije nam pove tudi, koliko odstotkov od celotne opažene variance je pojasnjene z regresijskim modelom, koliko variance pa ostane nepojasnjene oziroma je lahko posledica drugih dejavnikov.

$$r^2 = \frac{\sum(\hat{y} - \bar{y})^2}{\sum(y - \bar{y})^2} \quad \dots (6)$$

kjer je : »r« koeficient determinacije, njegova vrednost je lahko med 0 in 1, y pa so vrednosti odvisne spremenljivke izračunane z regresijsko enačbo

Test povezanosti med odvisno (y) in med neodvisno (x) spremenljivko pa sem opravil s Pearsonovim koeficientom korelacije, ki se statistično vrednoti z izračunom vrednosti (t) katero moramo primerjati s tabelirano vrednostjo (t). Da bi potrdili povezanost, mora biti izračunani (t) večji od tabeliranega (t) za izbrano stopnjo verjetnosti.

$$r = \sqrt{r^2} \quad t = r * \sqrt{(n - 2) / (1 - r^2)} \quad \dots (7 \text{ in } 8)$$

Da bi ugotovil, ali obstajajo razlike v sporočilnih plesih obeh čebeljih podvrst, sem ju obravnaval kot dva neodvisna vzorca in sem moral primerjati njuni aritmetični sredini in varianci. Za primerjavo aritmetičnih sredin dveh vzorcev sem uporabil Studentov (t) test:

$$t = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) / s_d \quad \dots (9)$$

kjer je: »Sd« zbirna varianca ki se izračuna po posebnem obrazcu.

$$s_d^2 = \frac{(((n_1 - 1) * s_1^2) + ((n_2 - 1) * s_2^2) / (n_1 - 1) + (n_2 - 1)) * ((n_1 + n_2) / (n_1 * n_2))}{n_1 + n_2} \dots (10)$$

kjer sta: »S1, S2« varianci obeh vzorcev

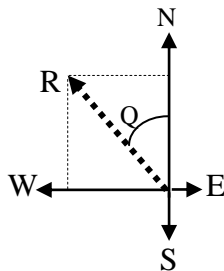
Pogoj za pravilno uporabo Studentovega (t) testa dveh vzorcev pa je, da se varianci dveh vzorcev ne razlikujeta bistveno, oz. da izhajata iz osnovnih populacij, katerih varianci se ne razlikujeta (Pavlič 1971), zato je pred izvedbo navedenega testa potreben test (ne)-razlike

varianc obeh vzorcev, za kar sem uporabil F test primerjave varianc. Da bi lahko zatrjevali obstoj ne-razlike varianc obeh vzorcev, mora biti izračunana F vrednost nižja od tabelirane F vrednosti.

$$F = S_1^2 / S_2^2 \quad \dots (11)$$

kjer sta: »S1, S2« varianci obeh vzorcev

Usmerjenost plesov proti viru hrane, oziroma sporočanje pogostosti poletov v določeno smer sem meril zato, da bi ugotovil morebitno razliko med obema podvrstama, natančnost določitve smeri lokacije hrane glede na azimut sonca pa tu ni bila bistvenega pomena. Zato nisem meril usmerjenosti plesa za vsako stopinjo, ampak sem opazoval le štiri smeri, tj. gor, dol, levo desno (slika 19), ki sem jih obravnaval kot vektorje v dvo-dimenzionalnem koordinatnem sistemu. Umerjenost plesov (število plesov usmerjenih v vsako od teh smeri) sem izrazil kot velikost vsakega od vektorjev, nato sem izračunal rezultanto teh vektorjev, katera bi morala biti razumen približek prave smeri lokacije hrane glede na trenutni položaj sonca (ki je na sliki 19 v smeri »N«). Tako sem hkrati dobil usmerjenost (velikost vektorja), kot tudi smer vektorja, oz. smer lokacije hrane (azimut) glede na trenutno lego sonca.



Slika 19: Vektorji štirih glavnih smeri čebeljih poletov (in usmerjenost sredin osmic med potekom plesa), ter izračun skupne rezultante teh vektorjev

rezultanto »R« sem v tem primeru lahko izračunal tako, da sem v parih (N,S) in (W,E) najprej manjši vektor odštel od nasprotno usmerjenega večjega vektorja, nato pa sem uporabil Pitagorov izrek :

$$R^2 = (N - S)^2 + (W - E)^2 \quad \dots (12)$$

Kot smeri vira hrane (glede na azimut sonca) sem izračunal po obrazcih:

$$Q \text{ (stopinj)} = \text{INVcos} ((N - S) / R) \quad \dots (13)$$

kjer je INV funkcija pretvorbe iz racionalnega števila v kotne stopinje (ima jo skoraj vsak kalkulator)

Za oceno usmerjenosti sem moral izračunati tudi največjo (teoretično) možno usmerjenost pri opaženem kotu, oz. pri smeri dejanske rezultante (formula 13) in pri skupnem opaženem številu plesov. Največja možna rezultanta (vsi plesi v isto smer) je lahko sicer preprosta vsota teh plesov, vendar brez upoštevanja smeri (formula 13) to ne bi bila popolnoma pravilna ocena največje (teoretično) možne usmerjenosti. Ker je znana velikost največje možne rezultante (št. vseh plesov) in njena smer (kot Q), sem to rezultanto modificiral glede na kot (Q) po postopku, ki sem ga izpeljal iz pravil za razstavljanje rezultante na njene sestavne komponente. Po tem postopku za razstavljanje rezultante, se komponente, ki to rezultanto

sestavljajo, računajo po obrazcu: $f_1 = R \cdot \cos Q$ in $f_2 = R \cdot \sin Q$. Ker pa je v mojem primeru (N-S) enako kot f_1 in je (W-E) enako kot f_2 , sem lahko izpeljal, oziroma izračunal

$$\cos Q / \sin Q = (N - S) / (W - E) \quad \dots(14)$$

Največjo (teoretično) možno usmerjenost (R_{max}), pa sem nato izpeljal, oziroma izračunal :

$$R_{max} = (N+E+S+W) / (\sin Q + \cos Q) \quad \dots (15)$$

Odstotek usmerjenosti sem izračunal tako, da sem primerjal dejansko rezultanto (R), z največjo možno usmerjenostjo (R_{max}) za dano smer.

$$\text{usmerjenost (\%)} = (R / R_{max}) * 100 \quad \dots (16)$$

Usmerjenost (izraženo v %) obeh podvrst sem medsebojno primerjal tako, da sem ju obravnaval kot dve relativni frekvenci ($P_{1,2}$) s predpostavko, da sta porazdeljeni približno normalno in ju medsebojno primerjal z dvostranskim »z« testom, ki se sicer uporablja za primerjavo dveh relativnih frekvenc, oziroma dveh odstotnih deležev (Brvar 2007) :

$$z = (P_1 - P_2) / \sqrt{p_{skupni} * (1 - p_{skupni}) * (1 / R_{1 max}) + (1 / R_{2 max})}$$

kjer $P = (R / R_{max})$, za vsako od obeh podvrst (P_1 in P_2)

$$p_{skupni} = ((R_1 * P_1) + (R_2 * P_2)) / (R_{1 max} + R_{2 max}) \quad \dots (17 \text{ in } 18)$$

Test ničelne hipoteze $H = H_0$, oziroma : »relativni frekvenci se medsebojno ne razlikujeta«, oziroma verjetnost, da je $H = H_0$, je 98,5 %, če je : $-2,17 < z < +2,17$

(Za ta test se v nekoliko starejši literaturi namesto vrednosti »Z« lahko pojavlja tudi vrednost »U« oziroma U-test in nekoliko drugače zapisani obrazci, ki pa dajo popolnoma enak rezultat, tabele vrednosti »Z« pa so enake tabelam vrednosti »U« in tudi odčitek tabeliranih vrednosti v obeh primerih poteka na popolnoma enak način)

Pri izračunih sem si pomagal z doma izdelanim računalniškim programom (v programskem jeziku Q Basic), pri izračunu regresije (slika 20) pa tudi s programom za statistiko iz R-statističnega program. okolja <https://www.r-project.org/> Za določitev smeri in usmerjenosti plesov, oz. za razumevanje plesnega sporočila je bilo dobro poznati tudi lego sonca v času opazovanja, podatke o trenutni legi sonca glede na magnetni sever (azimut sonca), pa sem pridobil s spletne strani: »Lega sonca–Arnes (<http://www2.arnes.si>)« in sicer za vsak datum ter za vsako uro posebej, tako da sem v »splošni kalkulator lege sonca in energije«, ki je na voljo na tej spletni strani, vstavil zemljepisne koordinate kraja opazovanja, ter datume in čase opazovanja za vsak opaženi ples posebej. Rezultati so sicer nekoliko nenatančni, vendar pa to velja le po astronomskih standardih, saj toleranca do +/- ene kotne stopinje popolnoma zadostuje mojim potrebam, oziroma je dovolj majhna glede na zahteve poskusa.

Ker sem poskus izvajal na kratkih razdaljah, sem lahko upravičeno domneval, da bodo odstopanja od prave smeri lokacije hrane relativno velika (Kirchner, Lindauer 1988), zato sem lahko uporabil standardni koordinatni sistem opisan zgoraj, kjer so bile smeri osnovnih štirih vektorjev pravokotne (pod kotom 90 stopinj) druga na drugo. V primeru, ko bi delal na dolgih razdaljah, pa bi bilo smiselno pričakovati, da bo odstopanje od prave smeri relativno manjše (glede na razdaljo med panjem in hrano), zato bi smeri osnovnih vektorjev postavil tako, da bi bolj sovpadale, oziroma bi bile medsebojno pod ostrim kotom. V tem primeru bi bilo rezultanto vektorjev potrebno računati po pravilu paralelograma in po kosinusnem, namesto po Pitagorovem izreku.

3. REZULTATI

Od vseh pregledanih posnetkov je bilo pri analizi hitrosti sprememb smeri telesa med plesom upoštevanih skupno 187 plesov, od tega 92 plesov *A. m. ligustica* in 95 plesov *A. m. carnica*. Upoštevani so bili vsi plesi, krožni in zibajoči, ki so bili na posnetkih dovolj dobro vidni da sem jih lahko izmeril, torej ne glede na to, ali je plesalka med plesom izvedla zaključeno »osmico«, ali ne.

Za analizo usmerjenosti plesov pa je bilo upoštevanih skupno 138 plesov, od tega 70 plesov *A. m. ligustica* in 68 plesov *A. m. carnica*. Ti plesi so bili izbrani po kriteriju vzorca gibanja, oziroma zaporedij osmih sprememb smeri telesa za 90 kotnih stopinj, v vzorcu značilnem za »osmico« (slika 18), saj sem štel, da gre pri plesnem gibanju za meni jasno razvidno nakazovanje smeri lokacije hrane tedaj, ko plesalka izvede zaključeno osmico, pri kateri smer njenega telesa v sredini osmice nakazuje smer vira hrane (glede na položaj sonca).

3.1 Čas obrata telesa med potekom plesa.

Preglednica 1: Povprečni časi sprememb smeri vzdolžne osi telesa med potekom plesa

razdalja	<i>A.m. ligustica</i>			<i>A.m.carnica</i>		
	osebkov	plesov	obr.za 360 st.(sek)	osebkov	plesov	obr. za 360 st.(sek)
25 metrov	8	19	1,749	11	17	1,864
40 metrov	10	20	1,540	11	23	1,882
55 metrov	9	23	1,664	6	24	2,000
70 metrov	8	25	1,730	8	21	1,932
91 metrov	3	5	1,864	2	10	1,942
Skupno :		92	1,710 +/- 0,011		95	1,924 +/- 0.005

Povprečni časi sprememb smeri vzdolžne osi telesa za 360 kotnih stopinj so podani za pleso na posameznih razdaljah in skupni povprečni čas sprememb smeri (vsota vseh plesov), vse je izraženo v sekundah. Povprečni časi za pet razdalj za (*A. m. ligustica*) predstavljajo prvi vzorec (n = 5), povprečni časi za pet razdalj za (*A. m. carnica*) pa predstavljajo drugi vzorec (n = 5)

Varianci obeh vzorcev se med seboj ne razlikujeta bistveno

$F_{(tabelirani)} = 6,39$ pri (5-1, 5-1) stopenj svobode in $P = 0,05$

$F = 4,89$

$F < F_{(tabelirani)}$, $P > 0,05$

Skupni povprečji obeh vzorcev se medsebojno razlikujeta, oziroma je čas spremembe smeri telesa za 360 stopinj pri *A.m.ligustica* bistveno krajši, kot pri *A.m.carnica*

$t_{(tabelirani)} = 3,35$ pri (10 - 2) stopenj svobode in $P = 0,01$

$t = 3,67$

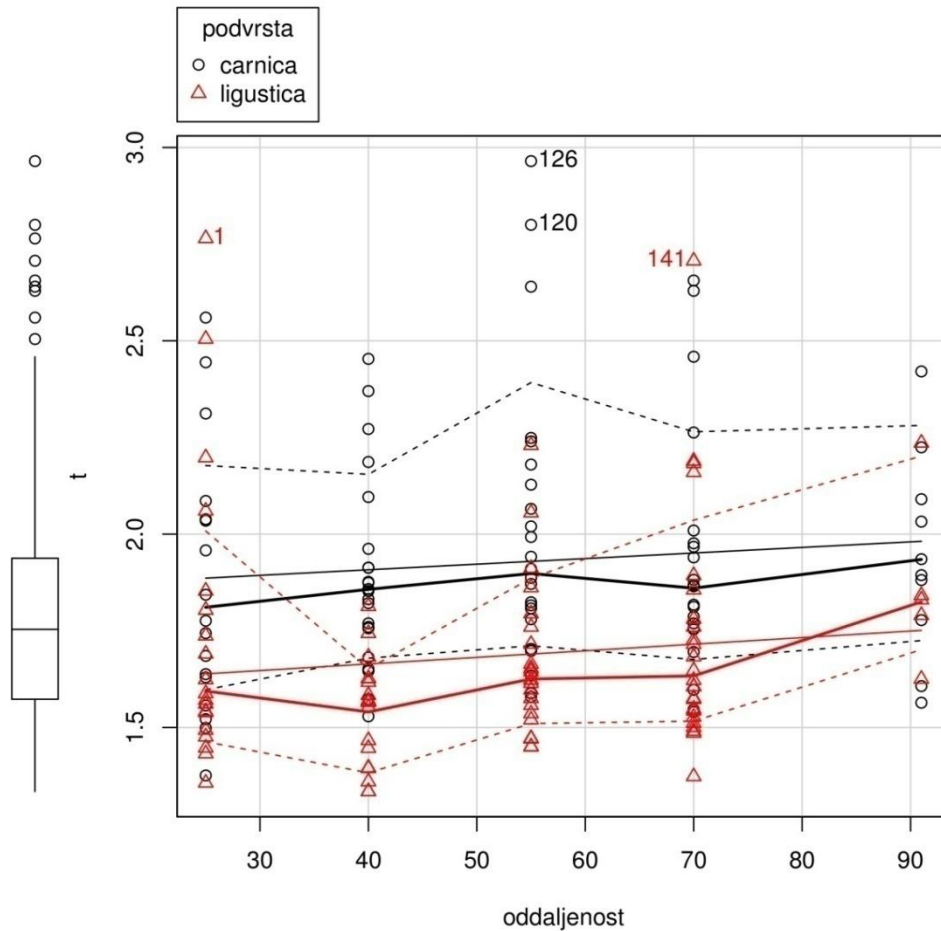
$t > t_{(tabelirani)}$, $P < 0,01$

Razlika bi bila še bolj prepričljiva, če pri izračunu ne bi upoštevali tudi najdaljše opazovane razdalje, to je 91 metrov.

Iz preglednice (1) je razvidno, da je povprečni čas obrata telesa za en poln krog pri vsaki od opazovanih razdalj krajši pri italijanki, kot pri kranjki. Enako pa velja tudi za skupni čas oziroma za povprečje vsote posameznih (ne-povprečnih) časov vseh razdalj.

3.2 Odvisnost časa obrata telesa od oddaljenosti krmišča

Upoštevanih je vseh 187 plesov, od tega 92 plesov *A. m. ligustica* in 95 plesov *A. m. carnica*. Glede na to, da naj bi se pri razdalji 40 metrov pri podvrsti *A. m. ligustica* pričel prehod iz ene plesne forme v drugo, sem regresijo računal dvakrat, prvič z upoštevanjem vseh razdalj, drugič pa le z upoštevanjem razdalj 40, 55, 70 in 91 metrov.



Slika 20: Grafični prikaz izračunanih regresijskih vrednosti glede na čas plesnega obrata (Močnik in Božič, 2015) Primerjava med *A. m. carnica* (črno) – 95 plesov in med *A. m. ligustica* (rdeče) – 92 plesov. Na (y) osi so navedeni časi obrata telesa za 360 stopinj, na (x) osi pa oddaljenost od panja do krmišča (v metrih).

Upoštrevane vse merjene razdalje od panja (od 25 do 91 metrov):

$$\hat{Y} \text{ čas obrata za 360 stopinj (sek.)} = 1,596 \text{ (sek.)} + 0,0017 \text{ (sek.)} * X \text{ (metrov)} \quad (A. m. ligustica)$$

$$t = 1,121, \quad p = 0,265 \quad SE_{\text{smernega koefic.}} \pm 0,0016 \text{ (sek.)} \quad \text{pri 90 df. (p ni značilna)}$$

$$\hat{Y} \text{ čas obrata za 360 stopinj (sek.)} = 1,850 \text{ (sek.)} + 0,0014 \text{ (sek.)} * X \text{ (metrov.)} \quad (A. m. carnica)$$

$$t = 0,895, \quad p = 0,373 \quad SE_{\text{smernega koefic.}} \pm 0,0015 \text{ (sek.)} \quad \text{pri 93 df. (p ni značilna)}$$

Upoštevane le razdalje 40 do 91 metrov od panja, prva razdalja (25 metrov) ni upoštevana:

$$\hat{Y} \text{ čas obrata za 360 stopinj (sek.)} = 1,305 \text{ (sek.)} + 0,0062 \text{ (sek.)} * X \text{ (metrov)} \quad (A.m.ligustica)$$

$$t = 3,459, \quad p = 0.0009 \quad SE_{\text{smernege koefic.}} \pm 0,0018 \text{ (sek.)} \quad \text{pri 71 df. (} p < 0.001)$$

$$\hat{Y} \text{ čas obrata za 360 stopinj (sek.)} = 1,889 \text{ (sek.)} + 0,0009 \text{ (sek.)} * X \text{ (metrov)} \quad (A.m.carnica)$$

$$t = 0,41, \quad p = 0,683 \quad SE_{\text{smernege koefic.}} \pm 0,0021 \text{ (sek.)} \quad \text{pri 76 df. (} p \text{ ni značilna)}$$

Primerjava izračunanih regresijskih vrednosti za obe podvrsti pri oddaljenostih od 40 metrov dalje (razdalja 25 m. ni upoštevana) ; Sečišče regresijskih premic :

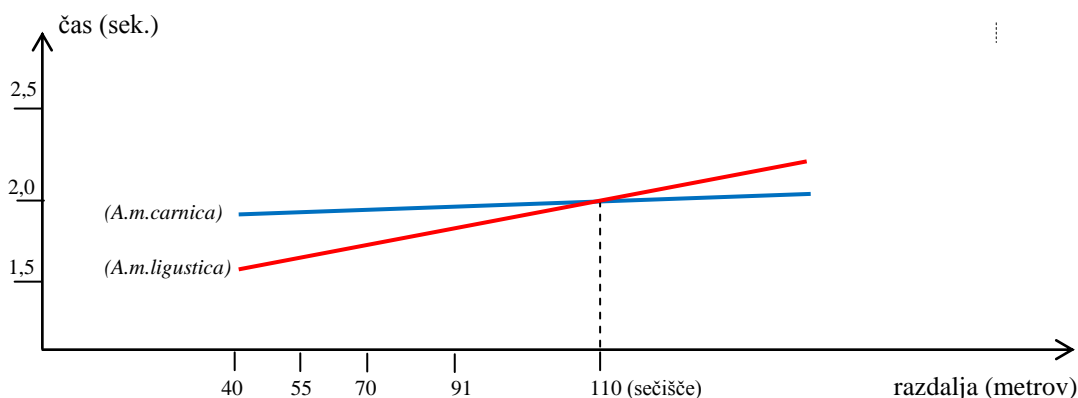
$$\hat{Y} \text{ čas obrata za 360 stopinj (sek.)} = 1,305 \text{ (sek.)} + 0,0062 \text{ (sek.)} * 110,2 \text{ (metrov)} = 1,988 \text{ (sek.)} \quad (A.m.ligustica)$$

$$\hat{Y} \text{ čas obrata za 360 stopinj (sek.)} = 1,889 \text{ (sek.)} + 0,0009 \text{ (sek.)} * 110,2 \text{ (metrov)} = 1,988 \text{ (sek.)} \quad (A.m.carnica)$$

Preglednica 2: Primerjava opaženih časov sprememb smeri telesa z regresijskimi vrednostmi

razdalja	<i>A.m. ligustica</i> opažene vr.	\hat{Y}	<i>A.m.carnica</i> opažene vr.	\hat{Y}
40 metrov	1.542	1,553	1,882	1,925
55 metrov	1,664	1,646	2,001	1,939
70 metrov	1,731	1,739	1,932	1,952
91 metrov	1,865	1,869	1,943	1,971
110,2 metrov		1,988		1,988
300 metrov		3,165		2,159

Primerjava opaženih povprečij hitrosti sprememb smeri telesa med potekom plesa na posameznih razdaljah z izračunanimi regresijskimi vrednostmi (\hat{Y}) za te razdalje in pa regresijske vrednosti, izračunane za nekatere daljše razdalje (110 in 300 metrov).



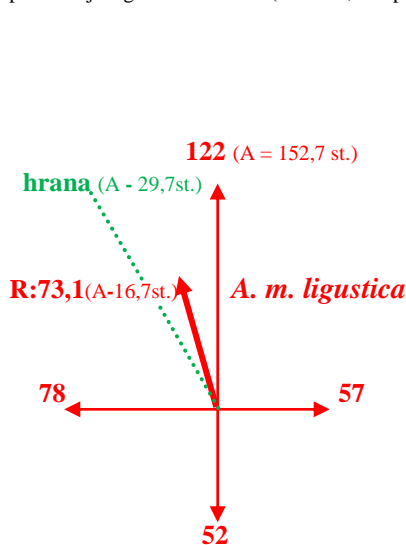
Slika 21: Grafična primerjava izračunanih vrednosti regresijskih enačb

Iz regresijskih grafov (Sliki 20 in 21) ter iz preglednice (2) je razvidno, da so izračunane regresijske vrednosti za vse opazovane razdalje večje pri kranjki, kot pri italijanki, da pa je ta razlika pri večjih razdaljah vse manjša in to predvsem na račun rasti regresijskih vrednosti pri italijanki, rasti regresijskih vrednosti pri kranjki pa ni bilo mogoče statistično potrditi. Opazovanj pri razdaljah > 91 m. ni bilo, podan pa je izračun regresije, kot teoretična napoved dogajanja na velikih oddaljenostih, na katerih terenskih meritev sicer nisem opravljal.

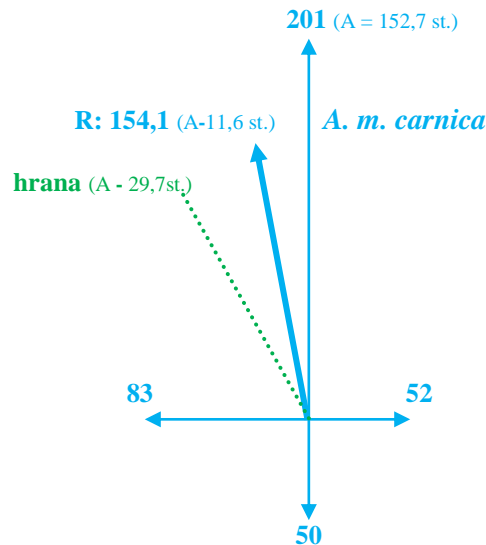
3.3 Smer in usmerjenost plesnih sporočil

Povprečni azimut sonca (pri zemljepisni širini 46:03:57, zemljepisni dolžini 14:31:2) in za opazovano obdobje od 9.6. do 23.9. 2014 v času opazovanja med 8.30 do 14.30, je 152,7 kotnih stopinj, smer lokacije hrane pa je 123,0 kotnih stopinj.

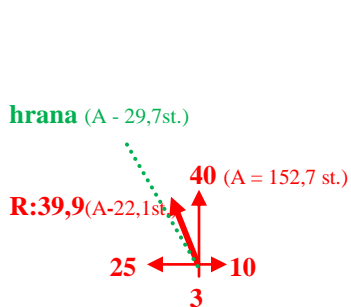
Usmerjenost plesov v notranjosti panja: vertikala je usmerjena proti vrhu satovja. Usmerjenost »osmic« pa je glede na vertikalo, ki hkrati predstavlja lego-azimut sonca ($A = 152,7$ stopinj)



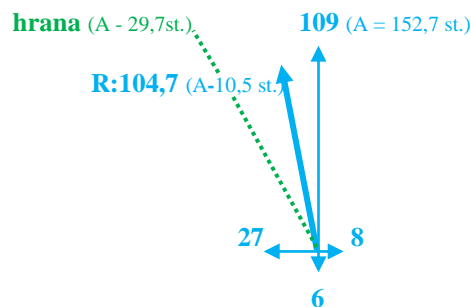
Slika 22



Slika 23



Sliki 24



Slika 25 .

Pojasnilo k slikam 22 do 25: Usmerjenost plesov predstavljena z vektorji

Usmerjenost poletov je predstavljena z vektorji. Dolžine vektorjev pomenijo število »osmic« usmerjenih v vsako od štirih smeri, rezultanta vektorjev (R) pa je približek prave smeri lokacije hrane glede na lego sonca. Podani sta usmerjenost (dolžina vektorja) in smer vektorja v kotnih stopinjah (v oklepaju—odklon od vertikale, ki predstavlja smer sonca) za vsa opažena gibanja v obliki »osmice« in za vsako od obeh podvrst posebej. Smer hrane (zeleno) ni dolžinski vektor, opisuje le smer lokacije hrane glede na lego sonca. Sliki 22 in 23 predstavljata smer in usmerjenost gibanj v obliki »osmice« ne glede na (ne)potresavanje v sredini »osmice«, sliki 24 in 25 pa smer in usmerjenost gibanj v obliki »osmice«, pri plesih, pri katerih je bilo mogoče tresenje v sredini »osmice« jasno ločiti od ostalih gibov (= šuma). **Za prikaz smeri na zemljevidu je potrebno celotni koordinatni sistem zasukatati za vrednost (A) v smer urinega kazalca (gl. orto foto zemljevid, sl. 26)**

Primerjava prostorske usmerjenosti plesov (»osmic«), obeh podvrst, izražena kot razmerje rezultant (R / R_{max}) in za vsa gibanja v obliki »osmice« :

Preglednica 3: Primerjava smeri in usmerjenosti plesov (osmic) obeh podvrst pri vseh opazovanih plesih

	<i>A.m.ligustica</i> :	<i>A.m.carnica</i> :	(z) test
Smer R (kotnih stopinj) :	136,0	141,1	
Odstop.smeri R od smeri hrane (k.s.) :	13,0	18,1	
Odstop.smeri R od smeri hrane (%) :	7,2	10,1	
Plesov :	70	68	
Število.osmic (vsi plesi) :	309	386	
(R) :	73,08	154,15	
(R _{max}) :	248,16	326,93	
R / R _{max} (%) :	29,45	47,15	
Primerjava R / R _{max} obeh podvrst :			4,30

Prostorska usmerjenost plesov (»osmic«) obeh podvrst ni enaka ($H \neq H_0$) ; usmerjenost pri *A.m.ligustica* je 29,45 % in je manjša od 47,15 % usmerjenosti pri *A.m.carnica*

$$z > 4,0 \quad ; \quad P < 0,0001$$

Primerjava prostorske usmerjenosti plesov (»osmic«) obeh podvrst, izražena kot razmerje rezultant vektorjev (R / R_{max}), v tistih plesih in za tista gibanja v obliki »osmice«, pri katerih je bilo mogoče jasno razločiti potresavanje v sredini »osmice« :

Preglednica 4: Primerjava smeri in usmerjenosti plesov (osmic) obeh podvrst pri plesih, pri katerih je bila opaženo dovolj izrazito potresavanje telesa v sredini poti osmice

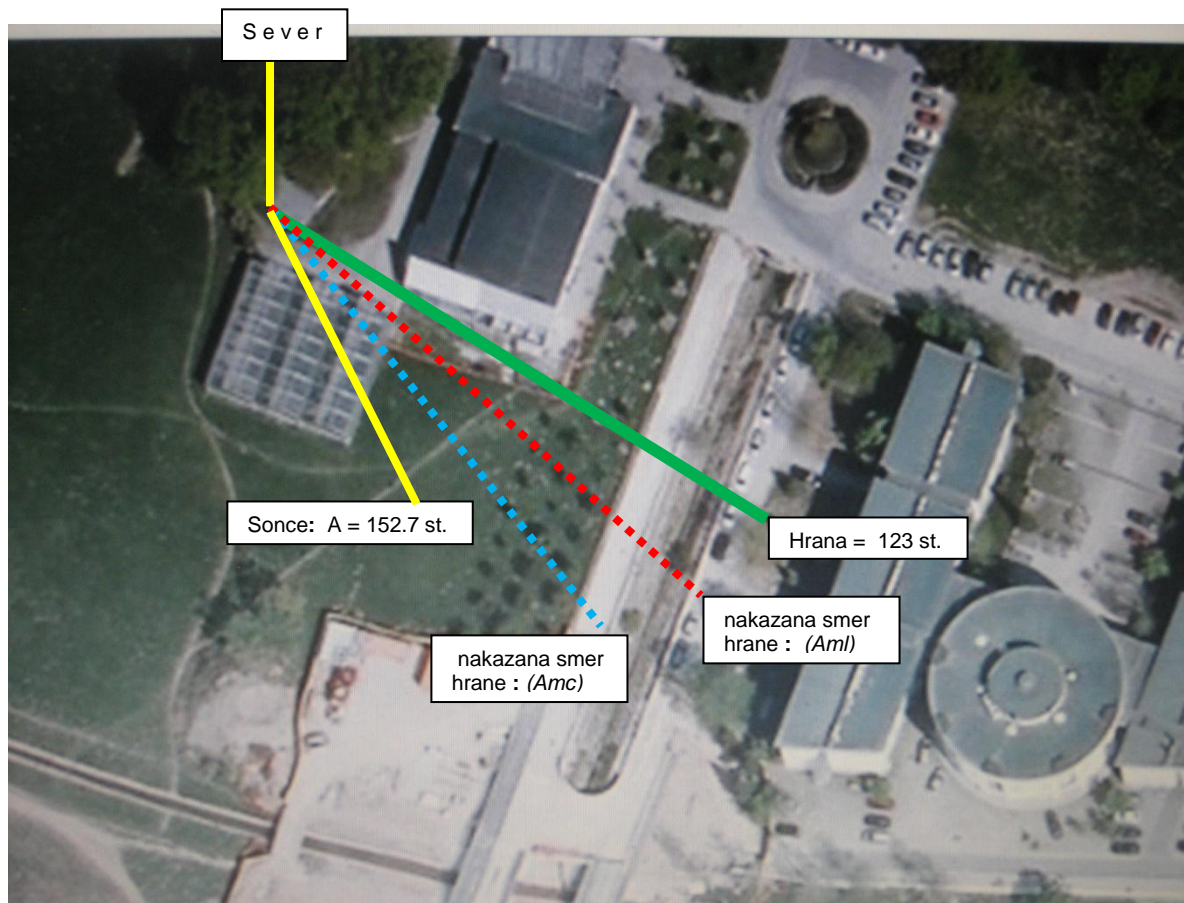
	<i>A.m.ligustica</i> :	<i>A.m.carnica</i> :	(z) test
Smer R (kotnih stopinj) :	130,6	142,2	
Odstop.smeri R od smeri hrane (k.s.) :	7,6	19,2	
Odstop.smeri R od smeri hrane (%) :	4,2	10,7	
Plesov :	37	39	
Število osmic (vsi plesi) :	78	150	
(R) :	39,92	104,74	
(R _{max}) :	59,89	128,78	
R / R _{max} (%) :	66,66	81,33	
Primerjava R / R _{max} obeh podvrst :			2,22

Prostorska usmerjenost plesov (»osmic«) obeh podvrst ni enaka ($H \neq H_0$) ; usmerjenost pri *A.m.ligustica* je 66,66 % in je manjša od 81,33 % usmerjenosti pri *A.m.carnica*

$$z > 2,17 \quad ; \quad P < 0,015$$

Iz slik (22 do 25), ter iz preglednic (3 in 4) je razvidno, da je usmerjenost plesov v vseh primerih bistveno večja pri kranjki, kot pri italijanki, kar velja tako za plese, kjer je bila »osmica« sicer nakazana, a brez pozibavanja v sredini (sliki 22, 23) in preglednica (3), kot tudi za plese, pri katerih je bila osmica v celoti izvedena (slike 24 in 25), ter preglednica (4).

Največja (teoretično) možna usmerjenost, ob upoštevanju izračunanega kota (Q) ni popolnoma enaka največji (teoretično) možni rezultanti (kjer bi bili vsi plesi, oz. osmice usmerjeni v isto smer), kar je razvidno iz preglednic (3 in 4), - primerjaj »Število osmic (vsi plesi)« in » R_{\max} «. To sicer vpliva zgolj na % usmerjenosti (R/R_{\max}), pri vsaki posamezni podvrsti, vendar pa ne more vplivati na razmerje usmerjenosti med obema podvrstama, ki se ne spremeni, ne glede na to, katero od obeh vrednosti uporabim pri izračunu.



Slika 26: Primerjava smeri lokacij čebelje paše, smeri iskanja paše, in smeri sonca.

(Vir fotografije- www.geopedia.si, November 2014, dodatki in obdelava fotografije, Močnik, 2015)

Smeri kmišča (zelená črta), povprečne smeri (azimut) sonca v času opazovanja (rumena polna črta), ter s plesi nakazane (povprečne) smeri nakazovanja hrane na terenu, ki so jo nakazovale kranjske (A_{mc}) ter italijanske (A_{ml}) čebele.

Iz slike (26) so razvidni dejanski rezultati ; smeri nakazane s plesi na terenu, oziroma povprečne vrednosti vseh nakazanih smeri (v kotnih stopinjah). Koordinatni sistem (slike 22 do 25), je zasukan za vrednost azimuta (152,7 kotnih st.) v smeri urinega kazalca, ter preslikan na orto foto posnetek. Kljub grobi uporabljeni metodi (ugotavljanje smeri ni bila prioriteta), sta obe odstopanji nakazovanja smeri hrane (modra in rdeča črta) prepričljivo znotraj intervala +/-30 kotnih stopinj od dejanske smeri vira hrane, zato sta obe odstopanji glede na podatke iz strokovne literature (Towne in Gould 1987, Okada in sod., 205) zanesljivo v mejah normalnega odstopanja.

RAZPRAVA

Rezultati mojega poskusa ne temeljijo na ocenjevanju sporočilnega plesa kot celote, ampak na podlagi posameznih merljivih parametrov tega plesa, kot sta čas plesnega obrata za en poln krog, oziroma spremembe smeri telesa med potekom plesa, ter usmerjenost telesa v sredini gibalnega vzorca »osmice«. Menim namreč, da je ocena plesa kot celote tako kompleksna, oziroma vsebuje tolikšno količino informacij, ki bi jih bilo potrebno upoštevati in uskladiti, da je ples kot eno samo celoto izredno težko in dolgotrajno pravilno opisati z merljivimi statističnimi metodami, zato bi bila tovrstna ocena v veliki meri odvisna tudi od subjektivnih lastnosti opazovalca, ki pa se pri različnih opazovalcih vedno vsaj nekoliko razlikujejo. Taka ocena torej pogosto temelji bolj na subjektivnem opisu, kot na meritvah in je zato po mojem mnenju manj zanesljiva.

Rezultati poskusa so pokazali, da se plesna sporočila o oddaljenosti vira hrane od panja pri obeh podvrstah razlikujejo tudi pri sporočanju relativno kratkih oddaljenosti od 25 do 91 metrov, pri katerih sem opazovanje izvajal. Lahko torej potrdim obstoj dialektov - narečij čebeljega sporočilnega plesa na nivoju podvrst tudi pri sporočanju kratkih oddaljenosti vira hrane od panja. To se najmanj delno ujema z ugotovitvami raziskav drugih avtorjev, kot so von Frisch (1967), Towne in Gould (1987), Johnson in sodelavci (2002), Songkun in sodelavci (2008) in drugi, ki potrjujejo obstoj dialektov čebeljega plesa pri sporočanju oddaljenosti vira hrane od panja.

Večina omenjenih raziskav sicer navaja razlike v sporočanju za srednje in za velike razdalje (od nekaj 100 metrov, pa do nekaj kilometrov), razlike na kratkih razdaljah (manj kot 100 metrov), pa ugotavljajo Johnson in sodelavci (2002). Slednji navajajo, da naj bi prehod iz krožnega plesa v zibajoči ples pri italijanski podvrsti medonosne čebele *A. m. ligustica* sporočal krajšo razdaljo hrane od panja, kot enak prehod pri kranjski medonosni čebeli *A. m. carnica*. Tu je potrebno omeniti, da rezultati mojega poskusa to nakazujejo na nekoliko drugačen način in sicer, da pri oddaljenostih 40 metrov in več nakazujejo na hitrejšo naraščanje časa plesnega obrata italijanke, kar pa še ne pomeni nujno tudi prenehanja krožnega plesa in začetka zibajočega plesa, ampak nakazuje zgolj hitrost prehoda iz ene forme v drugo. Moja opažanja namreč kažejo tudi na to, da je skupni čas plesnega obrata na kratkih razdaljah (do 91 metrov) izrazito daljši pri kranjski kot pri italijanki, kar pomeni, da ne moremo zanesljivo govoriti o tem, kje je konec krožnega in kje začetek zibajočega plesa; lahko govorimo le o tem, kako hitro poteka prehod iz ene v drugo formo. Le v kolikor se časa obrata ne bi bistveno razlikovala, hitrost prehoda pa bi bila taka, kot je bilo ugotovljeno, pa bi lahko potrdil, da prehod iz krožnega plesa v zibajoči ples pri italijanski podvrsti medonosne čebele *A. m. ligustica* sporoča krajšo razdaljo vira hrane od panja, kot enak prehod pri kranjski medonosni čebeli *A. m. carnica*. Lahko torej govorim le o tem, kako hitro poteka prehod iz ene v drugo formo. Hitrost prehoda sem ocenil na podlagi primerjave naklonov premic regresijske zveze med časom plesnega obrata telesa in med povečevanjem razdalje panj-hrana. Upošteva meritve na razdaljah 40 metrov in več, ne pa tudi na najkrajši razdalji 25 metrov, lahko trdim, da je naklon regresijske premice pri italijanski podvrsti bistveno bolj strm kot pri kranjski podvrsti, kar pomeni, da se čas enega plesnega obrata, oziroma spremembe smeri telesa, s povečevanjem razdalje pri italijanki podaljšuje hitreje kot pri kranjski. Ta sprememba se torej ne prične dogajati na prvih 25 metrih, ampak šele pri 40 metrih, torej na razdalji, ki jo Johnson in sodelavci (2002) navajajo kot začetek prehoda iz ene oblike plesa v drugo.

Posledično se razmerje dolžin časov plesnega obrata obeh podvrst bistveno spremeni, oziroma se obrne s prehodom iz kratkih na dolge razdalje, saj se na razdalji 110 metrov čas obrata italijanke izenači s časom obrata kranjke, na razdaljah več kot 110 metrov pa ga preseže. Da se razmerje med dolžinami časov plesnega obrata bistveno razlikuje tudi na dolgih razdaljah, in da je ta čas tedaj bistveno daljši pri italijanki kot pri kranjki, pa navaja, oziroma grafično predstavlja tudi von Frisch (1967), s tem, da njegova raziskava vsebuje le podatke za daljše razdalje.

Čas plesnega obrata je dovolj dober pokazatelj tipa, oziroma forme plesa, saj se podaljšuje predvsem na račun potresavanja (zibanja) telesa v sredini »osmice«, ki pa ga pri krožnem plesu ni, zato na podlagi hitrosti, oziroma časa plesnih obratov posredno sklepam, kako poteka prehod iz ene plesne forme v drugo. Menim torej, da bi opaženo razliko sporočilnih plesov obeh podvrst lahko opisali tudi z dvema jasno ločenima fazama in sicer faza plesa na kratkih razdaljah (do približno 110 metrov), do katere so plesni obrati italijanske podvrste opazno hitrejši od plesnih obratov kranjske podvrste, ter faza plesa na dolgih razdaljah (razdalje daljše od 110 metrov), pri katerih se razmerje hitrosti plesnih obratov obrne in so plesni obrati italijanske podvrste počasnejši od plesnih obratov kranjske podvrste.

Na natančnost, s katero so čebele merile oddaljenost vira hrane od panja na terenu, bi lahko delno vplivalo dejstvo, da sem si pri delu včasih pomagal tako, da sem čebele sam prinesel na krmišče. Tautz (2008) v zvezi s tem namreč trdi, da naj bi poskusi s »tunelom prevar« (cev z optičnimi vzorci na notranji strani) pokazali, da čebela razdaljo meri na poti od panja do vira hrane, ne pa ob vrnitvi v panj. Vendar pa sem ta »taksi« prenos za posamezne osebkke praviloma opravil le po enkrat, pri naslednjih izletih pa so iste čebele na krmišče prišle same. Poleg tega sem osebkke obeh vrst obravnaval popolnoma enakovredno, zato taka metoda dela ni mogla bistveno vplivati na ugotovljene razlike v dialektih obeh podvrst.

Usmerjenost sporočilnih plesov, oziroma pogostost poletov v določeno smer, katero sem ugotavljal pri svojem poskusu, je skladna s prej opisanimi razlikami v hitrosti plesnih obratov. Ta usmerjenost (izražena v %) je bila na opazovanih razdaljah opazno manjša pri italijanski podvrsti, kot pri kranjski podvrsti, oziroma rezultanta vektorja poletov v določeno smer je bila v primerjavi z največjo možno rezultanto, pri italijanki opazno krajša kot pri kranjki. Ker je zibajoči ples, oziroma gibanje v vzorcu »osmice« namenjen natančnemu spročanju smeri in oddaljenosti vira hrane, lahko trdim, da je bilo na opazovanih kratkih razdaljah to sporočanje bolj izrazito pri kranjski kot pri italijanski podvrsti. To se v celoti ujema s prej opisano ugotovitvijo o časih plesnih obratov, saj izrazitejše gibanje v vzorcu »osmice« zaradi potresavanja telesa v sredini osmice pomeni daljši čas plesnega obrata, hkrati pa izrazitejše »osmice« pomenijo večjo usmerjenost proti viru hrane. V mojem poskusu sem torej ugotovil, da je bil na opazovanih kratkih razdaljah zibajoči ples bolj izrazit pri kranjski podvrsti, kot pri italijanski podvrsti, vendar pa se je po drugi strani to razmerje tudi pričelo spreminjati v korist italijanke.

Moji rezultati torej ugotovitve Johnsona in sodelavcev (2002) o tem, da naj bi prehod iz krožnega plesa v zibajoči ples pri italijanski podvrsti sporočal krajšo razdaljo hrane od panja kot pri kranjski podvrsti, oziroma posredno, da naj bi bile na kratkih razdaljah »osmice« pri italijanki opazne prej kot pri kranjki, razlaga nekoliko drugače. Po mojih ugotovitvah ne gre za to, do katere razdalje traja krožni ples in kje se prične zibajoči ples, ampak gre za to, kako hitro in pri kateri podvrsti hitreje poteka prehod iz ene forme v drugo. Možno je tudi to, da

so razlike v plesnem dijalektu na kratkih razdaljah tako majhne (čeprav so statistično značilne), da jih genski in okoljski dejavniki popolnoma zasenčijo in te razlike postanejo res pomembne, oziroma izrazite šele na večjih razdaljah, na kar bi se dalo posredno sklepati tudi iz ugotovitev drugih avtorjev. Vsaj po von Frischu (1967) sodeč, naj bi se razlike v časih plesnega obrata in v številu zibov z naraščanjem oddaljenosti povečevale divergentno, oziroma postajale vedno bolj izrazite (glej von Frisch, 1967). - glej tudi Gould in Towne, (1987 - graf). To seveda pomeni, da na začetku, oz. na kratkih razdaljah lahko pričakujemo male razlike, ki se zaradi divergence opazno povečajo šele kasneje.

O majhnosti razlike se da sklepati tudi na podlagi raziskave (Sarma in sod. 2004), ki so primerjali hitrost prehoda pri *A. mellifera carnica* in *A. florea*, razlik v prehodu iz ene plesne forme v drugo pa niso ugotovili in to kljub temu, da go za različni vrsti, ne le podvrsti, kot v mojem primeru, zato bi bilo smiselno pričakovati večje razlike v dialektih, kot v primeru podvrst.

Povprečno odstopanje s plesom nakazane smeri vira hrane je od prave smeri vira hrane določene glede na (povprečni) azimut sonca, odstopalo za 7,2 do 13,0 kotnih stopinj (4,2 do 7,2 %) pri italijanki, ter za 18,1 do 19,1 kotnih stopinj (10,0 do 10,6 %) pri kranjki, s tem, da je največje mogoče odstopanje 180 kotnih stopinj, tj. smer, ki je nasprotna azimutu sonca. Ugotovljeno odstopanje ni pretirano veliko glede na to, da Towne in Gould (1987) za vrsto *A. mellifera* za oddaljenosti 100 metrov navajata odstopanja +/- 30,9 kotnih stopinj, kar je 17,16 % od maksimalnega odstopanja. Glede na rezultate njunih meritev se nato odstopanje od smeri hrane z oddaljenostjo le še zmanjšuje, tako da pri oddaljenosti 700 metrov znaša le še +/- 7,4 kotne stopinje, oziroma 4,1 %. Okada in sodelavci (2015) pa ugotavljajo, da sporočanje smeri lokacije vira hrane ni uspešno, oziroma ni koristno v primerih, ko napaka oziroma odstopanje od prave smeri znaša več kot 30 kotnih stopinj. Ocena smeri je bila v mojem poskusu sicer relativno grobo določena, (smer-rezultanto sem izračunal zgolj na osnovi meritev števila poletov oziroma plesov, usmerjenih v štiri glavne smeri). Določanje smeri v tem poskusu namreč ni bila glavna naloga, je pa kljub temu pripomoglo k splošni oceni pravilnosti izvedbe poskusa. Pri tako majhnih oddaljenostih vira hrane od panja in pri naravnih virih hrane prisotnih v okolici, bi lahko bila odstopanja tudi bistveno večja, kar bi pomenilo, da čebele plesalke niso sporočale zgolj lokacije umetne hrane, ki sem jo pripravil jaz, ampak tudi lokacije kakih drugih virov hrane, ki se je nahajala v okolici.

Sicer pa so tudi napake določanja smeri glede na azimut sonca pričakovane in sicer posebno okoli poldneva, oziroma ko je lega sonca +/- tri kotne stopinje od zenita, kar čebele delno dezorientira. Lindauer (1956 a,b) ta problem ugotavlja pri vrsti *A. mellifera*, New in New (1962) pa to potrjujeta in ugotavljata anomalije tudi pri +/- štiri kotne stopinje na tropskih zemljepisnih širinah. Problem naj bi bil posledica spreminjanja lege sonca na horizontu, sprememba pa je večja in hitrejša v tropih.

Ob tem pa je potrebno poudariti tudi to, da bi lahko bila odstopanja od natančne smeri vira hrane namerna, oziroma bi lahko bila normalen sestavni del plesne komunikacije. Haldane in Spurway (1954) sta postavila hipotezo, po kateri naj bi bilo nesmiselno, da bi čebela nabiralka ob vrnitvi v panj čebelarom sporočala lokacijo natanko tistega cveta, kjer je sama pravkar nabrala hrano, saj je bolj smiselno, da nove rekrutke ob prihodu v neposredno bližino vira hrane raziščejo neposredno okolico, tj. velikost, oziroma razprostranjenost vira hrane (tudi drugi cvetovi in ne le tisti cvet, na katerem je bila nabrana hrana), konfiguracijo terena, vegetacijo, meje površine, kjer se hrana nahaja, in drugo. Deneubourg in sod. (1983) pa so za

preizkušanje te hipoteze izdelali tudi matematični model. Količinsko obilnejši viri hrane v naravi pogosto niso točkovni, ampak so praviloma bolj »krpasti« oziroma prostorski, kot so travniki, zelenice, sadovnjaki in skupine dreves, kjer gre lahko tudi za zelo velike površine. Zato bi lahko bila hipoteza o »vgrajeni« oziroma »namerni« napaki pri določanju smeri pravilna. Obsežni preizkusi (Towne, 1985b) to potrjujejo in sicer vsaj za *Apis mellifera*, še vedno pa ni jasno, ali enako velja tudi za tropske vrste, saj majhna divergentnost njihovih plesov nakazuje bolj izrazito točkovnost virov hrane, oziroma posamezna bogato cvetoča tropska drevesa, namesto hrane razpršene po večji površini. (Gould in Towne, 1987). Okada in sodelavci (2015) ugotavljajo, da napake pri določanju smeri v rangi 0 do 5 kotnih stopinj sicer pomenijo uspeh pri iskanju enega vira, vendar pa hkrati zmanjšujejo uspeh pri iskanju drugih virov v okolici, kar opredeljujejo kot strategijo velikega tveganja in velikega prihodka.

ZAKLJUČEK

Na podlagi rezultatov izvedenega poskusa lahko potrdim razlike v plesnih dialektih, oziroma v plesnem sporočanju oddaljenosti vira hrane od panja, za podvrsti *A.m.carnica*, ter *A.m.ligustica* tudi v primeru, ko osebk obeh podvrst dejansko izvirajo iz območja naravne razširjenosti obeh populacij in ko gre za male oddaljenosti vira hrane od panja. Moje ugotovitve se logično ujemajo, oziroma so skladne z ugotovitvami drugih raziskav, katere so ugotovile obstoj razlik v dialektih *A.m.carnica*, ter *A.m.ligustica* pri velikih oddaljenostih. Ugotovil sem namreč, da se razlike v posameznih parametrih čebeljega plesa (čas plesnega obrata) pri obeh podvrstah pojavijo že pri razdalji 25 metrov, pri razdaljah 40 metrov in več, pa so spremembe plesnih parametrov bolj ali manj predvidljive (glede na dosedanje strokovne reference) in zato vodijo do razlik v dialektih obeh podvrst, kakršno so že prej ugotovili drugi avtorji pri sporočanju večjih oddaljenosti vira hrane od panja. Kranjska čebela namreč po njihovih ugotovitvah, pri sporočanju velikih oddaljenosti vira hrane izvaja bistveno hitrejši plesni tempo kot italijanska čebela (in večina drugih podvrst, ter vrst rodu *Apis*). Ker pa sem jaz ugotovil počasnejši plesni tempo kranjke za kratke oddaljenosti, hkrati pa spremembo razmerij časov, oziroma počasnejši plesni tempo italijanke s povečevanju oddaljenosti, se ta razlika, oziroma obrnjeno razmerje plesnega tempa očitno nadaljuje tudi pri sporočanju velikih oddaljenosti tako, kot to izhaja tudi iz strokovne literature.

POVZETEK

Na Območju Biološkega središča v Ljubljani sem poleti 2014 izvajal poskus z mešano čebeljo družino kranjskih in italijanskih čebel. Ugotavljal sem obstoj morebitnih razlik narečij čebeljega plesa pri sporočanju oddaljenosti vira hrane od čebeljega panja in sicer pri majhnih oddaljenostih med 25 in 91 metri. Krmišče z umetno hrano sem postavljaj na razdalje 25, 40, 55, 70 in 91 metrov in tam čakal na prihod barvno označenih čebel iz mojega opazovalnega panja. Ko sem opazil, da je ena ali več čebel prišlo po hrano na krmišče, sem kar se da naglo pohitel k opazovalnem panju in tam čakal na vrnitev označenih čebel, katere sem predhodno opazil na krmišču. V panju sem z digitalno videokamero snemal vedenje opazovanih osebkov in sicer njihov sporočilni ples, s katerim so ostalim čebelam v panju sporočale smer in oddaljenost krmišča od panja. Zbrane posnetke sem po koncu terenskega opazovanja ponovno predvajal tako z normalno hitrostjo, kot tudi vsak posnetek posebej. Meril, oziroma ocenjeval sem posamezne parametre plesnega gibanja, kot so čas spremembe smeri telesa osebkov med izvajanjem plesa (čas enega plesnega obrata za poln krog), ter usmerjenost, to je odstotek plesov, usmerjenih v smer krmišča in sicer pri vsaki od razdalj, na katerih sem opazovanja izvajal. Ugotovil sem, da je povprečni čas spremembe smeri telesa med plesi, kateri spročajo kratke oddaljenosti vira hrane od panja, bistveno krajši pri italijanski kot pri kranjski čebeli, da pa se s povečevanjem oddaljenosti to razmerje časov prične spreminjati in sicer se čas spremembe smeri telesa pri italijanki z oddaljenostjo povečuje bistveno hitreje kot pri kranjki, tako da se razmerje časov pri večjih oddaljenostih spremeni in je tedaj čas spremembe smeri telesa daljši pri italijanki, kot pri kranjki. Ker je čas spremembe smeri telesa v dobri korelaciji z formo, oziroma s tipom plesa (krožni ples, zibajoči ples), na podlagi opisanih meritev sklepam, da je na kratkih oddaljenostih vira hrane od panja pri italijanki sicer bolj izrazit krožni ples, ki pa s povečevanjem oddaljenosti prehaja v zibajoči ples hitreje, kot se enak prehod dogaja pri kranjski čebeli, tako da postane pri sporočanju velikih oddaljenosti zibajoči ples italijanke bolj izrazit, kot ples kranjke. Ta ugotovitev je skladna z ugotovitvami večine raziskav, po katerih je na velikih oddaljenostih in pri izvedbi zibajočega plesa, čas spremembe smeri telesa, oziroma število zibov bistveno večje pri italijanki kot pri kranjki, vendar pa ne more v celoti potrditi ugotovitev nekaterih drugih raziskav, po katerih naj bi prehod iz krožnega plesa v zibajoči ples pri italijanki sporočal manjšo oddaljenost (40 do 60 m) vira hrane od panja, kot pri kranjki. Gre bolj zato, da se ta prehod pri italijanki dogodi v krajšem času, oz. hitreje, kot pri kranjki. Razlogi za to neskladje so lahko različni, bodisi da gre za bistveno drugačne pogoje pri izvedbi poskusa, za razlike v metodi izvedbe poskusa, mogoče pa je tudi, da so opisane razlike v dialektih čebeljega plesa pri majhnih oddaljenostih tako majhne, oziroma neizrazite, da nanje lahko bistveno vpliva mnogo »šumov«, oziroma mnogi drugi dejavniki izvedbe poskusa. Tudi usmerjenost, oz. odstotek plesov, ki kažejo v smer vira hrane, je po mojih ugotovitvah na kratkih oddaljenostih pri italijanki bistveno manjša kot pri kranjki, kar se ujema s prej opisanimi razlikami časov spremembe smeri telesa med izvedbo plesa. Čeprav je usmerjenost plesa do neke mere prisotna tudi pri krožnih plesih, ki sporočajo hrano na zelo kratkih oddaljenostih od panja, pa postane usmerjenost res izrazita šele pri zibajočih plesih, kateri sporočajo hrano na večjih oddaljenostih. Tako kot razlike v časih spremembe smeri telesa med plesom, tudi usmerjenost plesov potrjuje, da je bil v mojem poskusu pri kratkih oddaljenostih krožni, ples bolj pogost, zibajoči ples pa manj pogost pri italijanki, kot pri kranjki.

SUMMARY

During summer months in 2014, I was conducting an experiment with mixed honeybee colony of Italian and Carniolan honeybees in Ljubljana Biology Centre. I was trying to find possible dance dialect differences between these two subspecies, comparing their dance messages, advertising information of food source at short distances (25 to 91 metres) away from their bee-hive. I set up feeding station with artificial bee food, to attract foraging bees from my observation bee-hive. When running an experiment, I was moving feeding station, setting its positions at 25, 40, 55, 70 and 91 metres distances from beehive, waiting there for colour-marked bees from hive, to arrive and fetch the artificial food. As soon as I spotted one or more colour-marked bees arriving at feeding station to collect artificial food, I run to the observation hive with all possible speed, waiting there for previously spotted marked bees, to return from feeding station trip. Then, I was observing behaviour of these individuals inside observation bee-hive, recording their bee-dance with digital camcorder. After concluding field work, I re-run these recordings, measuring some parameters of bee-dance, like average time of body axis direction change (dance circuit time) and orientation tendency (percentage of dances, pointed at food source direction) for every single distance. At observed distances (from 25 to 91 metres), I found average direction time change (dance circuit time) to be significantly shorter in Italian bee, than in Carniolan bee, but on the other hand, with lengthening distances, dance circuit time in Italian bee tends to increase significantly quicker, than dance circuit time in Carniolan bee. So, over long distances, this time ratio is overturned in favor of Italian bee, whose dance circuit time tends to become slower (lengthier), than in Carniolan bee. Since dance circuit time is well correlated with dance form (round dance, waggle dance), my conclusion is, round dance is more frequent dance form in Italian bee than in Carniolan bee over these short distances. But, with lengthening distances, transition from round dance to waggle dance happens quicker in Italian bee, than in Carniolan bee, so over long distances, waggle dance of Italian bee tends to become more pronounced than waggle dance of Carniolan bee. This conclusion matches results of most other studies, concerning dance circuit times at long distances, which tends to be longer and takes higher number of waggles in Italian bee than in Carniolan bee. But on the other hand, it can't completely confirm some other studies, which claims, in Italian bee, transition point from round dance to waggle dance, advertises slightly shorter distance (40 to 60 meters) of food source from bee-hive. I should put this conclusion a bit differently and that is; - transition point takes less time (it happens quicker) in Italian, than in Carniolan bee. This result inconsistency, may be consequence of many different factors, may it be because of different situation in the field during conducting an experiment, may it be because of differences in experimental method used, but it's also quite possible, these dance dialect differences being so small and so tenuous over short distances, they may become masked by many other factors, which are influencing an experiment. Also I found orientation tendency over short distances to be much less pronounced in Italian bee, than in Carniolan bee, which is consistent with my findings, concerning dance circuit time. Although orientation tendency is also present at least to some extent in round dances, advertising information of food nearby hive, this parameter becomes much more pronounced in waggle dances, advertising directional information of food source, distant from bee hive. This leads me to conclusion, round dance may be more frequent dance form and waggle dance may be less frequent dance form in Italian bee than in Carniolan bee, when advertising food source short distances from bee hive.

VIRI

- Beekman M., Lew J.B. 2008. Foraging in Honeybees – When does it pay to dance ? Behavioural Ecology, Sociobiology, 62: 1259-1265
- Beekman M., Makinson J.C., Couvillon M.J., Preece K., Schaerf T.M. 2015. Honeybee linguistic– A comparative analysis of the waggle dance amongst species of *Apis*. Frontiers in Ecology and Evolution, 3: 11, 43 – 53
- Boch R. 1957. Rassenmassige Unterschiede bei den Tanzen der Honigbiene *Apis mellifica* I. Zeitschrift für Vergleichende Physiologie, 40: 289-320
- Božič J., Valentinčič T. 1991. Attendants and followers of honey bee waggle dances. Journal of Apicultural Research, 30, 3/4: 125-131
- Božič J. 1992. Socialne interakcije pašnih čebel v panju. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 78 str.
- Brvar B. 2007. Statistika. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za varnostne vede: 352 str.
- Brockmann A., Robinson G.E., 2007. Central Projections of Sensory Systems Involved in Honeybee Dance Language Communication. Brain, Behavior and Evolution, 70: 125-136
- Deneubourg J.L., J. M. Pasteels and J.C.Verhaeghe 1983. Probabilistic behavior of ants: a strategy or error ? Journal of Theoretic Biology, 105: 259-271
- Dornhaus A., Klugl F., Oechslein F., Puppe F., Chittka L. 2006 Benefits of recruitment in honeybees. Effect of ecology and colony size in an individual based model. Behavioural Ecology, 17: 336-344
- Dyer F.C, Seeley T.D. 1991. Nesting behavior and the evolution of worker tempo in four honey bee species. Behavioural Ecology, Sociobiology, 28: 227-234
- Dyer F.C, Seeley T.D. 1991. Dance dialects and foraging range in three Asian honeybee species. Behavioural Ecology, Sociobiology, 72: 156-170
- Dyer F.C. 2002. The Biology of the Dance Language. Annual Review Entomology, 47: 917-949
- Esch, H.E, Zhang S, Srinivasan M.V, Tautz J. 2001. Honeybee dances communicate distances measured by optic flow. Nature, 411: 581-583
- Engel M.S. 2006 A giant honeybee from the middle Miocene of Japan (Hymenoptera: Apidae). American Museum Novitates, 3504: 1-12

- Gardner K.E., Seeley T.D., Calderone N.W. 2008 Do honeybees have two discrete dances to advertice food sources ? *Animal Behaviour*, 75: 1291-1300
- Gould J.L. 1975(b). Honey bee recruitment: the dance language controversy. *Science*, 189: 685- 693
- Gould J.L. 1976. The Dance-language controversy. *The Quarterly Review of Biololgy*, 51: 211-274
- Gould J.L. 1982. Why do honey bees have dialects ? *Behavioural Ecology Sociobiology*, 10: 53-56
- Gould J.L. 1987. Landmark learning by honey bees. *Animal Behaviour*, 35: 26-34
- Gould J.L., Towne W.F. 1987. Evolution of the Dance Language. *The American Naturalist* 130, 3: 317-338
- Greenleaf S.S., William N.M, Winfree R., Kremen C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153, 589-596
- Haldane J.B.S. and H. Spurway 1954. A statistical analysis of communication in *Apis Mellifera* and a comparison with communication in other animals. *Insectes Sociaux*, 1: 247-283
- l'Anson Price R., Gruter C. 2015 Why, when and where did honeybee dance communication evolve ? *Frontiers in Ecology and Evolution*, 3, 125: 29-35
- Jerman I., Štern A. 1996 *Evolucija s teoretično biologijo in temelji molekularne evolucije*. Ljubljana, študentska organizacija Univerze, Zbirka Scripta: 217 str.
- Johnson R.N., Oldroyd B.P., Barron A.B., Crozier R.H. 2002. Genetic Control of the Honey Bee (*Apis mellifera*) Dance Language: Segregating Dance Forms in a Backcrossed Colony. *The American Genetic Association*, 93: 170-173
- Kirchner W.H., Lindauer M., Michelsen A. 1988. Honeybee Dance Communication *Naturwissenschaften*, 75: 629–630
- Koeniger N. 1976. Neue Aspekte der Philogenie innerhalb der Gattung *Apis*. *Apidologie*, 7: 357-366
- Koeniger G., Koeniger N., Tiesler F.K. 2016. Biologija in nadzorovanje parjenja pri Medonosni čebeli. Brdo pri Lukovici, Čebelarska zveza Slovenije: 310 str.
- Kotthoff U., Wappler T., Engel M.S. 2013. Greater past disparity and diversity hints at ancient migrations of European honeybee into Africa and Asia. *Journal of Biogeography*, 40: 1832-1838

- Lindauer M. 1956. Uber die Verständigung bei indischen Bienen. I. Zeitschrift für Vergleichende Physiologie, 38: 521-557
- Lindauer M. 1956(a). Communication among the honeybees and stingless bees of India. Bee World, 38, 3-14: 34-39
- Lindauer M. 1956(b). On understanding of Asian honeybees. Bee World, 38: 521-557
- Michelsen A., Kirchner W.H., Lindauer M. 1986. Sound and vibrational signals in the dance language of the honeybee *Apis mellifera*. Behavioural Ecology Sociobiology, 18: 207-212
- Neukirch A. 1982. Dependence of the life span of the honeybee *Apis mellifica*, upon flight performance and energy consumption Journal of comparative physiology B, 146: 35-40
- New D.A.T., New J.K. 1962. The dances of honeybees at small zenith distances to the sun. Journal of Experimental Biology, 39, 27: 1-291
- Nieh J.C. 2011. The evolution of honeybee communication – learning from Asian species. Formosan Entomologist: 1-14
- Okada R., Hidetoshi I., Toshifumi K., Mizue O., Hitoshi A., Etsuro I. 2015. Error in the honeybee waggle dance improves foraging flexibility. Scientific Reports, 4, 4175: 1-8
- Oldroyd B.P., Wongsiri S. 2006. Asian honeybees. Biology, conservation and human interactions. Cambridge Massachusetts, Harvard University Press: 360 str.
- Pavlič I. 1971. Statistička teorija i primjena. Zagreb, Tehnička knjiga Zagreb, IV izdanje: 343 str.
- Ratnieks F.L, Shackleton K. 2015. Does the waggle dance help honeybees to forage at greater distances, than expected of their bod size ? Frontiers in Oecology and Evolution 3, 31: 15-21
- Rinderer T.E, Beaman L.D. 1995. Genic control of honey bee dance language dialect. Theoretical and Applied Genetics, 91: 727-732
- Sarma M.S., Esch H., Tautz J. 2004. A comparison of the dance language in *A.mellifera* and *A.florea* reveals striking similarities. Journal of Comparative Physiology, A 190: 49-53
- Schurch R., Gruter S. 2014. Dancing bees improves colony foraging success, as long-term benefits outweigh short-term costs. PLoS One 9: 9 str.
- Seeley T.D. 1985(b). The information-center strategy of honeybee foraging. Fortschritte der Zoologie, 31: 75-90

- Soland-Reckweg G., Heckel G., Neumann P., Fluri P., Excoffier L., 2009. Gene flow in admixed populations and implications for conservation of Western honeybee *Apis mellifera mellifera*. *Journal of insect conservation*, 13: 317-328
- Songkun S, Fang C, Aung S, Shaowu Z, Tautz J, Shenglu C. 2008. East learns from West: Asiatic Honeybees Can Understand Dance Language of European Honeybees. *PLoS ONE* 3, 6: 1-9
- Steche W. 1957. Beitrage zur Analyse der Bientaenzen. *Insectes Sociaux*, 4: 305-318
- Tan K., Yang M.X., Radloff S.E., Hepburn H.R., Zhang Z.Y., Luo L.J., Li H. 2008. Dancing to different tunes: heterospecific deciphering of the honeybee waggle dance. *Naturwissenschaften* 95: 1165-1168
- Tautz J. 2008. Čudežni svet čebel. Ljubljana, Tehniška Založba Slovenije: 277 str.
- Towne W.F., Gould J.L., 1988. The Spatial precision of Honey Bees' Dance language. *Journal of insects Behavior*. 1, 2: 129-155
- von Frisch K. 1923. Über die Sprache den Bienen, eine tierpsychologische Untersuchung. *Zoologische Jahrbucher (Physiologie)*, 40: 1-186
- von Frisch K. 1967. The dance language and orientation of bees. Cambridge Massachutes, London, Harvard University Press (ponatis prve izdaje iz l.1967 je l.1993): 578 str.
- Winston M.L.1987. The biology of honeybee. Cambridge Massachusetts, Harvard University Press: 281 str.
- Lega sonca–Arnes. Splošni kalkulator lege sonca in energije.
http://www2.arnes.si/~gljsentvid10/visina_sonca01a.html (januar-februar 2015)
- Orto foto zračni posnetek območja opazovanja.
Geopedia - interaktivni splet ni atlas in zemljevid Slovenije
<http://www.geopedia.si/> (november 2014)
- Računalniški program za izdelavo regresijskega grafa (slika 20). The R Project for Statistical computing. <https://www.r-project.org/>

ZAHVALA

Svojemu mentorju, Profesorju dr. Janku Božiču za njegov čas, za vse nasvete ter za praktično pomoč pri pripravi poskusa. Prav tako pa tudi za veliko mero potrpljenja pri delu z včasih nekotno svojeglavim študentom.

Strokovni delavki v biološki knjižnici, Gospej Lučki Glavač, za strokovno pomoč in za nasvete pri oblikovanju teksta, ter oblike te naloge.

Čebelarstvu »Lučka« iz Sužida za podarjene čebele, s katerimi sem sestavil čebeljo družino, katera je bila subjekt mojega poskusa.

Para sa aking maliit na prinsesa...