

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Adam RASPOR

**MOŽNOST VZORČENJA MEDIČINE IN
CVETNEGA PRAHU S PAŠNEGA OBMOČJA
ČEBELJE DRUŽINE S POMOČJO ČEBEL
PLESALK**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA ZOOTEHNIKO

Adam RASPOR

**MOŽNOST VZORČENJA MEDIČINE IN CVETNEGA PRAHU S
PAŠNEGA OBMOČJA ČEBELJE DRUŽINE S POMOČJO ČEBEL
PLESALK**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**POSSIBILITY FOR NECTAR AND POLLEN SAMPLING IN THE
FORAGGING AREA OF HONEYBEE COLONIES USING BEE
DANCERS**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2014

Z diplomskim delom končujem Univerzitetni študij kmetijstvo – zootehnika. Naloga je bila opravljena na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete. Za obdelavo podatkov smo uporabili rezultate poskusa opazovanja čebeljega plesa v poskusnem čebelnjaku na Oddelku za biologijo Biotehniške fakultete in v poskusnem čebelnjaku v Dolgi Poljani.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za zootehniko je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Janka Božiča.

Recenzent: prof. dr. Peter DOVČ

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Ivan ŠTUHEC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko

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

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

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Adam Raspor

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 638.1(043.2)=163.6
KG	čebele plesalke/varstvo okolja/kemična onesnaženost/medicina/cvetni prah
KK	AGRIS L01/7110
AV	RASPOR, Adam
SA	BOŽIČ Janko (mentor)
KZ	SI-1230 Domžale, Groblje 3
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za zootehniko
LI	2014
IN	MOŽNOST VZORČENJA MEDICINE IN CVETNEGA PRAHU S PAŠNEGA OBMOČJA ČEBELJE DRUŽINE S POMOJO ČEBEL PLESALK
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XII, 72 str., 12 pregl., 21 sl., 17 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	S pomočjo prepoznavanja plesnega sporočila in vzorčenja plesalk smo ovrednotili možnost vzorčenja okolja s pomočjo čebel. Kemična onesnaženost okolja se lahko kaže s smrtnostjo in prisotnostjo onesnažil v telesu čebel ali v zbranih vzorcih čebeljih pridelkov. Raziskali smo načine in razlike med vzorčenjem okolja s pomočjo čebel z namenom pridobivanja vzorcev za raziskave o kontaminaciji okolja s specifičnih lokacij v okolici panja. Preučili smo razlike pri vzorčenju med posameznimi dnevi, deli dneva ter med posameznimi parcelami in med čebelami, ki so imele cvetni prah in tistimi brez njega. S pomočjo obdelave posnetkov čebeljega plesa v opazovalnih panjih smo prišli do podatkov o smeri in trajanju posameznega čebeljega plesa. Na ta način smo določili smer in razdaljo od koder je posamezna čebela prišla ter ali je imela cvetni prah ali ne. Dokazali smo, da se intenzivnost plesnega sporočanja spreminja med dnevi in da se spreminja s stopnjo razvoja rastlin na posameznih lokacijah. Spreminja se tudi tekom dneva v dopoldanskem delu dneva je intenzivnost plesnega sporočanja največja, ko je temperatura najvišja in je močno odvisna od bujnosti cvetenja in količine izločene medicine. Tekom dneva se aktivnost čebel spreminja enako intenzivno ne glede na to ali nabirajo medicino ali cvetni prah.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dn
DC	UDC 638.1(043.2)=163.6
CX	dancer bees/environmental protection/chemical pollution/nectar/pollen
CC	AGRIS L01/7110
AU	RASPOR, Adam
AA	BOŽIČ Janko (supervisor)
PP	SI-1230 Domžale, Groblje 3
PB	University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Animal Science
PY	2014
TI	POSSIBILITY FOR NECTAR AND POLLEN SAMPLING IN THE FORAGING AREA OF HONEYBEE COLONIES USING BEE DANCERS
DT	Graduation Thesis (University studies)
NO	XII, 72 p., 12 tab., 21 fig., 17 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	Through the identification of dancer bees communication in a colony, we evaluated the possibility of environmental sampling using bees. Chemical pollution of the environment can be reflected in mortality rates of the bee population, the presence of pollutants on and in the bodies of the bees, or the presence of pollutants in bee products collected from the sampled hive area. We have explored different ways of sampling the environmental contamination using bees to obtain specimen, from specific areas around the hive. We examined various sampling methods and timings, sampling at different days and different times of the day, at individual locations and the difference between bees carrying pollen and those who were without pollen. Using image processing of dancing bees in observation hives we got the data about dances which, when duration and direction were decoded, contained information about the direction and the distance from which an individual bee had collected pollen and returned to the hive, and also whether the bee had pollen or not. We have demonstrated that the intensity of the dance communication varies between days, and varies with the stage of development of plants at each location. The intensity of the bees dance also changed during the day. The intensity is the highest, when the temperature is the highest and it strongly depends on the exuberance of flowering, and quantity of extracted nectar. During the day, the activity of bees varies with equal intensity, no matter if they collect nectar or pollen.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VIII
Kazalo slik	IX
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 ŽIVLJENJE ČEBEL	2
2.2 PLESNO SPORAZUMEVANJE ČEBEL	2
2.2.1 Opis čebeljega plesa	6
2.2.2 Opis sledenja čebel med plesom	9
2.2.3 Tresajoči ples	10
2.3 MONITORING OKOLJA S ČEBELAMI	10
3 MATERIAL IN METODE	13
3.1 UMERJANJE ČEBELJEGA PLESA S POMOČJO UMETNIH KRMIŠČ	16
3.1.1 Opis poskusa	16
3.1.2 Priprava na poskus	17
3.1.3 Izvajanje poskusa	18

3.1.4	Obdelava zbranih podatkov	18
3.2	UPORABA ČEBELJEGA PLESA ZA DOLOČANJE LOKACIJE VIRA ČEBELJE PAŠE	20
3.2.1	Opis poskusa	20
3.2.2	Izvajanje poskusa	20
3.2.3	Obdelava zbranih podatkov	22
4	REZULTATI IN RAZPRAVA	23
4.1	POSKUS UMERJANJA ČEBELJEGA PLESA S POMOČJO UMETNIH KRMIŠČ	23
4.2	REZULTATI POSKUSA V POSKUSNEM ČEBELNJAKU NA BIOTEHNIŠKI FAKULTETI	26
4.2.1	Določitev lokacije paše s pomočjo čebeljega plesa	26
4.2.1.1	Prikaz števila čebel plesalk po oddaljenosti od panja	31
4.2.1.2	Prikaz števila čebel na površino po razredih oddaljenosti od panja	36
4.2.2	Zračni posnetek s prikazom lokacij posameznih čebel	40
4.2.3	Rezultati analize s χ^2 testom	42
4.3	REZULTATI POSKUSA V POSKUSNEM ČEBELNJAKU V DOLGI POLJANI	45
4.3.1	Določitev lokacije paše s pomočjo čebeljega plesa	45
4.3.1.1	Prikaz števila čebel po oddaljenosti od panja	50
4.3.1.2	Prikaz števila čebel na površino po razredih oddaljenosti od panja	55
4.3.2	Zračni posnetek s prikazom lokacije posameznih čebel	60

4.3.3	Rezultati analize s χ^2 testom	61
5	SKLEPI	64
6	POVZETEK	65
7	VIRI	67
	ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Analiza posnetkov poskusa umerjanja čebel obeh lokacij skupaj	23
Preglednica 2: Trajanje obhoda, zibanja in povratnega hoda pri različni razdalji med panjem in pašnikom (prirejeno po von Frisch, 1967)	24
Preglednica 3: Število čebel plesalk brez cvetnega prahu na posameznih parcelah in v določenih dnevih poskusa	43
Preglednica 4: Število čebel plesalk s cvetnim prahom na posameznih parcelah in v določenih dnevih poskusa	43
Preglednica 5: Število čebel plesalk brez cvetnega prahu na posamezni parceli in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva	44
Preglednica 6: Število čebel plesalk s cvetnim prahom na posamezni parceli in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva	44
Preglednica 7: Število čebel plesalk s cvetnim prahom in brez njega in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva	44
Preglednica 8: Število čebel plesalk s cvetnim prahom in brez njega na posameznih parcelah in v mesecu juliju in avgustu	45
Preglednica 9: Število čebel plesalk brez cvetnega prahu na posameznih parcelah in v določenih dnevih poskusa	61
Preglednica 10: Število čebel plesalk s cvetnim prahom na posameznih parcelah in v določenih dnevih poskusa	62
Preglednica 11: Število čebel plesalk brez cvetnega prahu na posamezni parceli in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva	62
Preglednica 12: Število čebel plesalk s cvetnim prahom na posamezni parceli in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva	63
Preglednica 13: Število čebel plesalk s cvetnim prahom in brez njega in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva	63

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Možni prehodi v pašnem obdobju čebele. Prehodi (puščice) na desni strani predstavljajo dogajanje po sledenju zibajočega plesa, prehodi na levi polovici slike pa kažejo dogajanje brez sledenja zibajočega plesa (prirejeno po Biesmeijer in Seeley, 2005: 140)	5
Slika 2: Krožni ples (na levi) in zibajoči ples (na desni) (prirejeno po von Frisch, 1956: 515)	6
Slika 3: Plesno sporazumevanje, sposobnost čebel za spremljanje spremembe sončnega azimuta (prirejeno po Dyer, 2002: 924)	7
Slika 4: Število obhodov na četrt minute v odvisnosti od razdalje (prirejeno po von Frisch, 1956: 516)	8
Slika 5a: Slika območja plesa okrog plesalke (prirejeno po Božič in Valentinčič, 1991)	10
Slika 5b: Slika plesalke med zibanjem ter sledenje sledilk in spremljanje spremljevalk (Božič, 2012)	10
Slika 6: Zračni posnetek lokacije opazovalnega panja v Dolgi poljani (Najdi.si zemljevidi, 2012)	14
Slika 7: Zračni posnetek lokacije opazovalnega panja na Biotehniški fakulteti (Najdi.si zemljevidi, 2012)	15
Slika 8: V stopinjah označene smeri sonca tekom dneva	16
Slika 9: Označena čebela med izvajanjem čebeljega plesa	18
Slika 10: Povezava med trajanjem proizvodnje zvoka in oddaljenostjo do krmišča (prirejeno po Wenner, 1964)	19
Slika 11: Snemanje čebeljih plesov z digitalno kamero v opazovalnem panju	21
Slika 12: Razlike v trajanju obhoda med različnimi podvrstami čebel (prirejeno po von Frisch, 1967)	25
Slika 13a: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 292	27
Slika 13b: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 194	27

Slika 13c: Smer in oddaljenost paše za čebele brez cvetnega prahu med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h.	
Skupno število čebel je 74	28
Slika 13č: Smer in oddaljenost paše za čebele brez cvetnega prahu med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h.	
Skupno število čebel je 49	28
Slika 13d: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h.	
Skupno število čebel je 218	29
Slika 13e: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h.	
Skupno število čebel je 145	29
Slika 14a: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom in brez njega 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 292	32
Slika 14b: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 194	32
Slika 14c: Število čebel po posameznih razredih za čebele brez cvetnega prahu med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 74	33
Slika 14č: Število čebel po posameznih razredih za čebele brez cvetnega prahu med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 49	33
Slika 14d: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 218	34
Slika 14e: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 145	34
Slika 15a: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 292	37
Slika 15b: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 194	37
Slika 15c: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele brez cvetnega prahu med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 74	38
Slika 15č: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele brez cvetnega prahu med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 49	38
Slika 15d: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 218	39
Slika 15e: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 145	39

Slika 16: Zračni posnetek lokacij posameznih čebel, ki smo jih določili na osnovi plesnih sporočil (Najdi.si zemljevidi, 2012)	41
Slika 17a: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 180	46
Slika 17b: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 83	46
Slika 17c: Smer in oddaljenost paše za čebele brez cvetnega prahu med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 56	47
Slika 17č: Smer in oddaljenost paše za čebele brez cvetnega prahu med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 22	47
Slika 17d: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 124	48
Slika 17e: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 61	48
Slika 18a: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 180	51
Slika 18b: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 83	51
Slika 18c: Število čebel po posameznih razredih za čebele brez cvetnega prahu med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 56	52
Slika 18č: Število čebel po posameznih razredih za čebele brez cvetnega prahu med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 22	52
Slika 18d: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 124	53
Slika 18e: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 61	53
Slika 19a: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 180	56
Slika 19b: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 83	56
Slika 19c: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele brez cvetnega prahu med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 56	57

Slika 19č: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele brez cvetnega prahu med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 22	57
Slika 19d: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom med 10. ⁰⁰ in 13. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 124	58
Slika 19e: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom med 13. ⁰⁰ in 16. ⁰⁰ h. Skupno število čebel je 61	58
Slika 20: Zračni posnetek poskusa, s prikazom lokacije posameznih čebel pridobljenih na osnovi plesnih sporočil (Najdi.si zemljevidi, 2012)	60

1 UVOD

Primarna vloga čebel v naravi je predvsem opraševanje rastlin, človek pa spretno pobira čebelje pridelke iz panjev kot funkcionalna živila. Poznavanje življenja čebel in pobiranje čebeljih pridelkov nam omogočata, da lahko s čebelami vzpostavimo celovit sistem monitoringa okolja. Ta sistem zajema zagotavljanje neoporečnosti čebeljih pridelkov, možnost uporabe čebel za sledenje onesnaženosti okolja in spremljanja biodiverzitete medonosnih rastlin. S čebelami lahko spremljamo različna onesnaževanja, kot tista na kmetijsko obdelovalnih površinah, onesnaženja na mokriščih in v gozdovih ter na neobdelanih zaraščenih površinah. Pri spremljanju onesnaženja s pomočjo čebel moramo biti pazljivi, da je zbiranje vzorcev sistematično in da je zbrano zadostno število vzorcev. Referenčni vzorci omogočajo sledenje onesnažil od vira onesnaženja do končnega pridelka. Vse to prispeva k boljši sledljivosti onesnažil v okolju ter možnosti preprečevanja vnosa le teh v telo (Božič, 2010).

Namen naloge je preučiti eno od možnosti spremljanja onesnaževanja okolja preko vzorčenja. Izvedli smo poskuse za testiranje uporabnosti vzorčenja posameznih čebel plesalk s cvetnim prahom in brez, ter primerjali razlike med posameznimi dnevi, deli dneva in med določenimi parcelami, ki so bile vključene v poskus. Podatke smo pridobili s pomočjo opazovanja in interpretacije čebeljega plesa, s katerim si čebele izmenjujejo sporočila o oddaljenosti in lokaciji vira medicine, cvetnega prahu, propolisa in vode, ki jih čebela prinaša v panj in nam služijo kot vzorci za kemično analizo za raziskave o morebitni kontaminaciji okolja z različnimi polutanti.

2 PREGLED OBJAV

2.1 ŽIVLJENJE ČEBEL

Čebele so socialne žuželke, ki gnezdijo v družinah. Vsaka družina je običajno sestavljena iz ene matice, trotoev in številnih delavk (Perugini in sod., 2009). Matica je edina reproduktivna samica v družini in leže jajčeca delavk in trotoev. Troti se zalegajo le v delu sezone, ko se lahko pojavlja rojenje čebel. Odrasli troti poletavajo na zbirališča trotoev, kjer iščejo priložnost za oprašitev matice. Čebele delavke imajo v svojem življenju različno vlogo v čebelji družini. Sem sodi nega zalege, paša, graditev satja in urejanje gnezda, straženje panja, predelava hrane in drugo (Babnik in sod., 1998).

Na veliko plastičnost razvoja pašnega vedenja pri čebelah vplivajo pašne razmere in socialni stiki v čebelji družini. Del teh stikov je tudi prenašanje matičnih feromonov pa tudi drugih snovi, ki jih izločajo delavke, troti in ličinke. Te snovi uravnavajo razvoj posameznih delavk prek njihovega hormonskega in živčnega sistema. Matični feromon zmanjša izločanje juvenilnega hormona v hemolimfo čebel. Znano je, da povečano izločanje juvenilnega hormona pospeši razvoj panjskih čebel v pašne (Babnik in sod., 1998).

Dražljaji, ki vzbujajo čebele k pašni aktivnosti, so nova medicina in cvetni prah v panju, stiki s pašnimi čebelami, vzorci medicine, dobljeni pri medsebojni izmenjavi hrane, pobrenčavanje pašnih čebel in drugih pašno vznemirjenih čebel, brenčanje plesalk in njihov zibajoč ples pa morda še kaj. Ob zadostni vzbujenosti lahko ključni dražljaj, na primer vzorec medicine ali pašni vonj, v čebeli sproži vedenjska vzorca iskanja panjskega izhoda in v nadaljevanju iskanje paše. Ustajene pašne čebele začno nabirati, ko se pojavi notranji dražljaj v živčevju na račun vtisnjene dnevne ritmike pašne aktivnosti iz prejšnjih dni (Babnik in sod., 1998).

2.2 PLESNO SPORAZUMEVANJE ČEBEL

Za sporazumevanje je bistveno, da en osebek odda dražljaj, ki ga drugi osebek sprejme in nanj nato tudi odgovori. Dražljaji so lahko zelo različni; v panju so najpomembnejši

mehanski in kemični dražljaji, zunaj panja pa tudi vidni. Mehanski dražljaj je lahko preprosto dotikanje med živalmi, oddajanje različnih tresljajev s katerikoli delom telesa ali pa celo oddajanje zvočnih dražljajev. Kemični dražljaji so lahko feromoni, ki jih izločajo živali ali pa snovi, ki jih dobijo zunaj panja, na primer vonj paše (Babnik in sod., 1998).

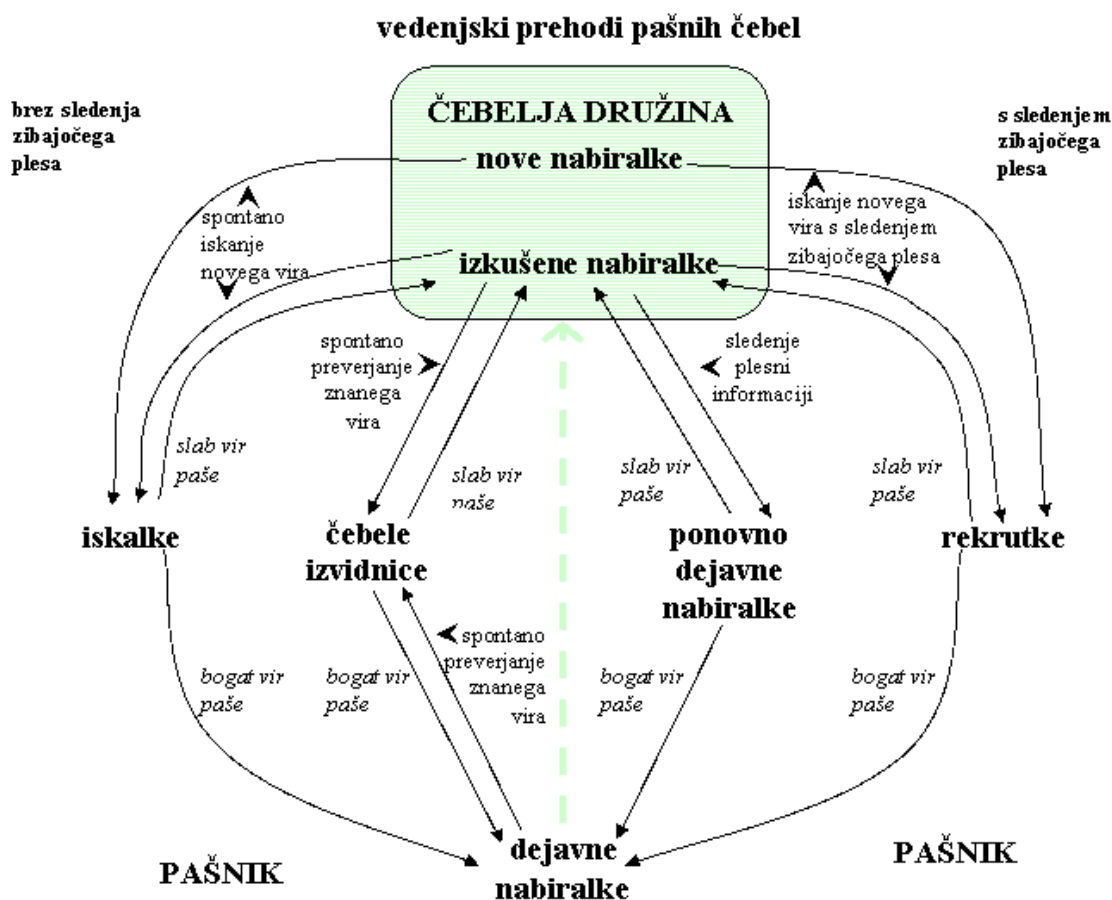
Majhno število starejših čebel delujejo kot izvidnice (skavtke), ki iščejo nove cvetove. Cvetice, na katere bodo pozorne te iskalke, bodo obiskale številne čebele minuto do pol ure po tem, ko jih bodo odkrile. Porast v številu čebel je prehitel, da bi bil lahko le rezultat iskanja posamezne čebele. Na novo prispele čebele so dobile plesno sporočilo o odkritju paše v panju in bile rekrutirane za pašo. Sporazumevanje med »informiranimi« in »neinformiranimi« čebelami je zelo zapleteno in še vedno ni dovolj razumljeno. Sestavljeno je iz niza vedenjskih vzorcev, ki jih opravljajo čebele v panju in zunaj njega. Le eden izmed takšnih povezovalnih elementov je tako imenovano plesno sporazumevanje, ples čebel, ki ga je odkril Karl von Frisch in je bil eden izmed najbolj raziskanih oblik sporazumevanja pri živalih (Tautz, 2010).

Pri sporazumevanju v čebelji družini je na razpolago široka paleta signalov, večina med temi so plesni. Nekateri od teh plesov, kot so zibajoči ples in tresajoči ples, so dobro raziskani in jih dobro razumemo, medtem ko so drugi še neraziskani in nepoznani, čeprav verjetno nič manj pomembni za delovanje čebelje družine (von Frisch, 1967). Ustaljeni vzorci vedenja, ki jih opravljajo zibajoče plesalke, vsebujejo sporočilo, povezano z lokacijo iskanja hrane. Predlagane so bile različne teorije, ki predstavljajo prenos plesnih sporočil med plesalko in sledilko. Te teorije vključujejo akustično teorijo, vohalno teorijo in taktilno teorijo (Abramson in Božič, 2004). Akustična in taktilna teorija predlagata, da čebele uporabljajo specifična plesna sporočila zibajočega plesa o smeri in oddaljenosti lokacije hrane. Vohalna teorija predlaga alternativno stališče, da so kemični signali iz hrane dovolj za uspešno iskanje hrane. Večina študij v zvezi z iskanjem hrane je uspešno preizkušena s hipotezami o prenosu plesnih sporočil in njihovi točnosti (Abramson in Božič, 2004).

Študije kažejo, da čebele nabiralke pridobivajo sporočila z zibajočim plesom. Ko mlade nabiralke najdejo svoj prvi vir hrane, se v 60% vsaj deloma odzivajo na pridobljena

sporočila iz zibajočega plesa, namesto da iščejo naključno. Sedemintrideset odstotkov izkušenih nabiralk, katerih nabiranje je bilo prekinjeno, nadaljujejo nabiranje s ponovnim sledenjem zibajočega plesa in same ponovno ne preučujejo lokacije novih virov hrane. Sedemnajst odstotkov izkušenih nabiralk je začelo pašo z upoštevanjem zibajočega plesa. Po neuspelem nabiralnem izletu, se je sledenje zibajočemu plesu povečalo. Uspešne nabiralke pogosto spremljajo ples samo na hitro, zgolj za potrditev, če določeni cvetovi še proizvajajo medicino. Na splošno, po odkritju paše, predstavlja zibajoči ples 12-25% interakcij s čebelami plesalkami (9% z novimi nabiralkami in 3-16% z izkušenimi nabiralkami) medtem ko ples predstavlja 75-80% interakcij za ponovno aktivacijo in potrditv lokacije paše (26% za ponovno aktivacijo in 49-62% za potrditve). Sklepamo, da pašne čebele ne uporabljajo zibajočega plesa samo za začetek dela, ko najdejo nov vir paše, temveč tudi za nadaljevanje paše na že znanih lokacijah (Biesmeijer in Seeley, 2005).

Da pojasnimo v kolikšni meri čebele sledijo zibajočemu plesu in tako izkoriščajo sporočilo komunikacijskega sistema, v obdobju življenja, ko opravljajo vlogo nabiralk, moramo razumeti tri kontekste: (1.) nove nabiralke, ki so našle svoj prvi vir hrane, (2.) izkušene nabiralke, katerih iskanje hrane je bilo prekinjeno in (3.) izkušene nabiralke, ki se ukvarjajo s pašo (Biesmeijer in Seeley, 2005).



Slika 1: Možni prehodi v pašnem obdobju čebele. Prehodi (puščice) na desni strani predstavljajo dogajanje po sledenju zibajočega plesa, prehodi na levi polovici slike pa kažejo dogajanje brez sledenja zibajočega plesa (prirejeno po Biesmeijer in Seeley, 2005: 140)

Nove nabiralke morajo najti svoj prvi vir hrane bodisi s sledenjem zibajočega plesa in na ta način usmerjati svoje iskanje (postati sledilka) ali pa samostojno iskati, brez sledenja plesu (postati iskalka). Izkušene nabiralke, katerih paša je bila prekinjena zaradi mraka, nevihte ali padca izločanja medicinskega iz cvetov, lahko nadaljujejo svoje iskanje s ponovnim sledenjem zibajočega plesa (ponovna sledilka) ali pa s samostojnim iskanjem (ponovna iskalka). Izkušene nabiralke, ki se že ukvarjajo s pašo in morajo poiskati nov vir hrane, ponovno sledijo plesu (sledilke) ali pa kot iskalke samostojno iščejo nov vir (Slika 1).

2.2.1 Opis čebeljega plesa

Nekatere čebele takoj po prihodu v panj plešejo ples. Za bližnjo pašo zibajoča plesalka pleše krožni ples, pri bolj oddaljeni paši pa je ples v obliki sploščene osmice in ga imenujemo zibajoči ples. Če je vir paše odkrit na razdalji več kot 50 do 100 metrov od panja, začno čebele namesto krožnega plesa uporabljati zibajoči ples. Pri zibajočem plesu čebela med gibanjem v ravni liniji močno ziba z zadkom, nato polkrožno teče v eno smer in se vrne na izhodiščno mesto ter ponovno začne z zibanjem v ravni liniji in spet polkrožno teče v drugi smeri ter se vrne v izhodišče (Slika 2). V prehodnem delu osmice, kjer plesalka spremeni smer obračanja, se ziba z zadkom in hkrati brenči z oprsjem in krili. Zibanje je praviloma po levem in desnem obračanju v isti smeri (Babnik in sod., 1998).

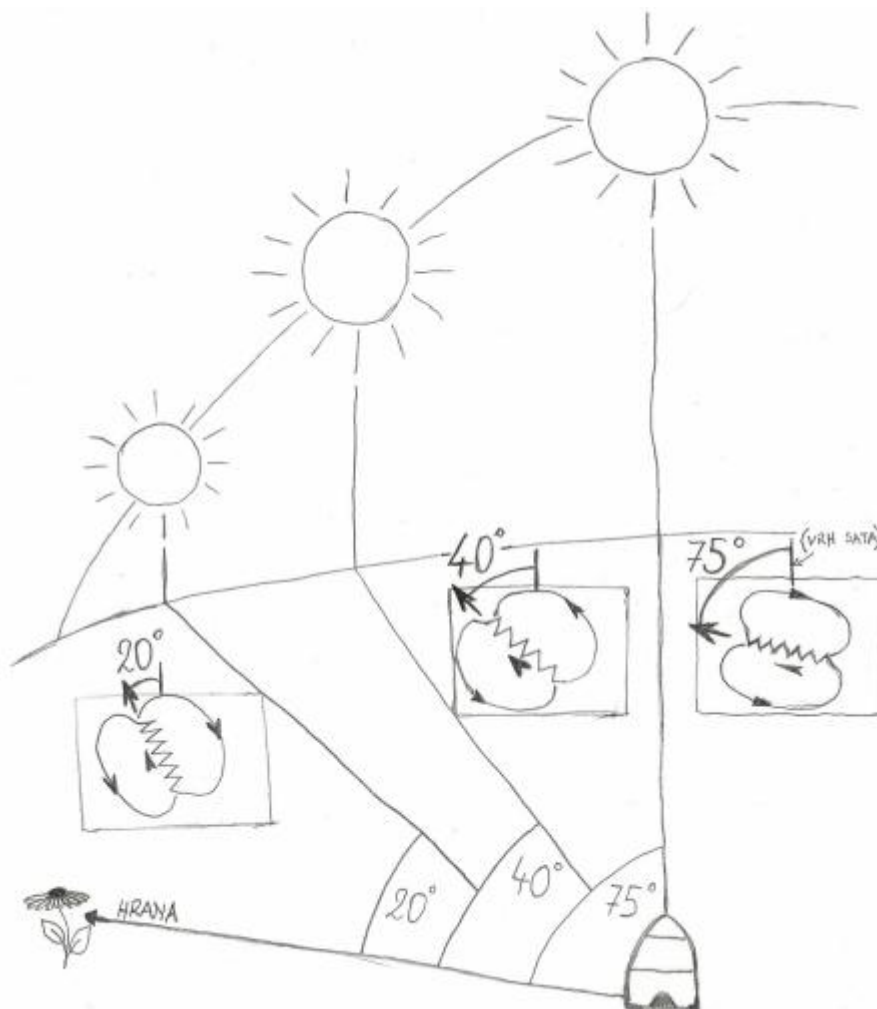


Slika 2: Krožni ples (na levi) in zibajoči ples (na desni) (prirejeno po von Frisch, 1956: 515)

Tako zibajoč kot krožni ples posredujeta sporočilo o tem, da se zunaj nekaj nahaja. Vrsto paše prepoznavajo po vonju med trajanjem plesa. Poleg tega ta oblika plesa prinaša še sporočilo o oddaljenosti paše in smeri v kateri se nahaja (von Frisch, 1956).

Živali, ki prinašajo hrano v gnezda se soočajo s problemom pri iskanju poti med svojim gnezdrom in mestom, kjer se vir paše, ki je lahko oddaljen več sto ali tisoč metrov, nahaja. Pri premagovanju takšnih razdalj, bi bilo za iskalke malo verjetno, da bi našle svoj cilj. Da se iskalke izognejo temu, da bi se izgubile, morajo spominsko določiti svoj položaj glede na cilj in nato ustrezno izbrati pravo smer. Vizualen spomin in položaj sonca zagotavljajo zanesljiv vir informacij za vrnitev v pravi smeri (Dyer, 1996).

Smer zibanja glede na navpičnico se ujema s smerjo paše in sonca (Slika 3). Tudi v oblačnem vremenu čebele ohranijo smer sonca. Na podlagi naučenih orientirjev v okolici panja in na pašnih poteh ter njihove notranje fiziološke ure čebelam uspe najti smer sonca tudi v oblačnem vremenu. Neizkušene pašne čebele morajo imeti na voljo vsaj košček jasnega neba, če že ne samega sonca (Babnik in sod., 1998).



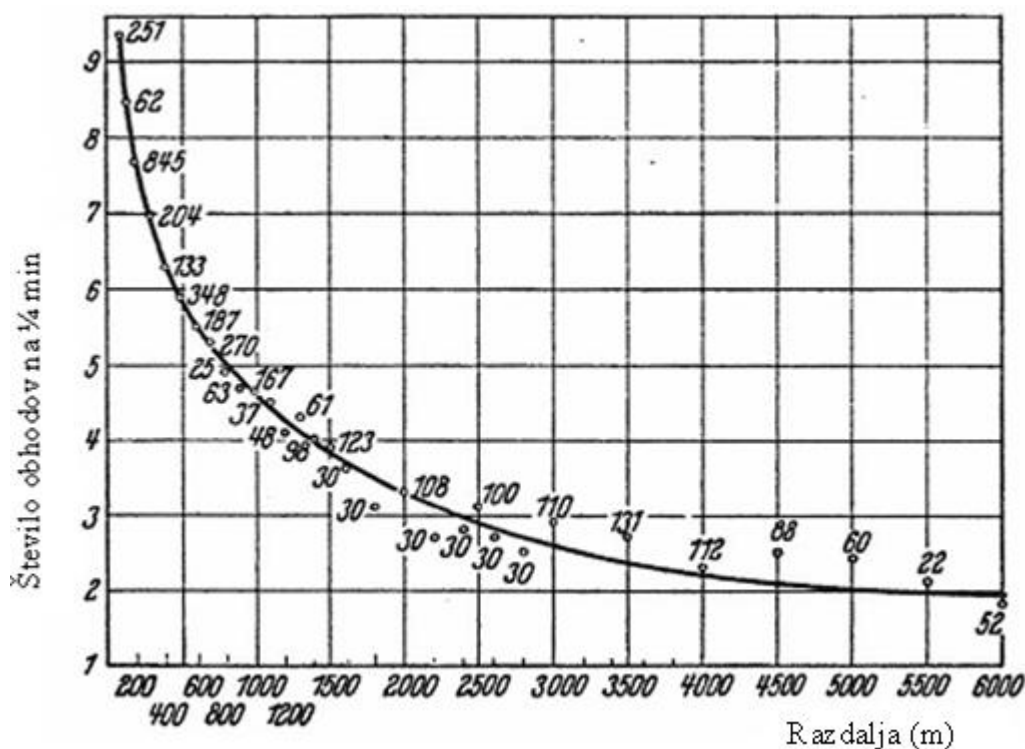
Slika 3: Plesno sporazumevanje, sposobnost čebel za spremljanje spremembe sončnega azimuta (prirejeno po Dyer, 2002: 924)

V vzorcu zibajočega plesa so tudi signali za oddaljenost paše. Kolikor daljše je zibanje, toliko bolj oddaljena je paša, in čim pogostejša sta potresavanje in pobrenčavanje med zibanjem, tem bližje je paša. Poleg signalov o kraju paše čebele dobijo od plesalke vzorec medicnine in pašnih vonjav. Vonj paše je lahko že zadosten signal za uspešno

iskanje paše. Na plesno sporazumevanje ne vplivata le oddaljenost in smer paše, močan vpliv imata tudi kakovost in fiziološko stanje čebel (Babnik in sod., 1998).

Po čebeljem plesu se čebele sledilke, ki so prepoznale smer glede na sonce, odpravijo na pašo proti cilju. Večino čebeljega plesa opravljajo čebele, ko se vrnejo s paše, v temnem delu panja na navpično postavljenem satovju. Potem je kot glede na položaj sonca preveden v kot glede na delovanje gravitacijske sile v skladu z naslednjim pravilom: s plesom je označena smer proti soncu navpično navzgor. Smer 75° na levo od sonca je prikazana s čebeljim plesom tako, da čebela pleše pod kotom 75° na levo glede na vrh sata (von Frisch, 1956).

Razdalja do paše je prikazana z ritmi plesa (Slika 4). Bolj kot je paša oddaljena, bolj počasna so obračanja pri plesu, posledično se pojavi manj obhodov v določenem času (von Frisch, 1956).

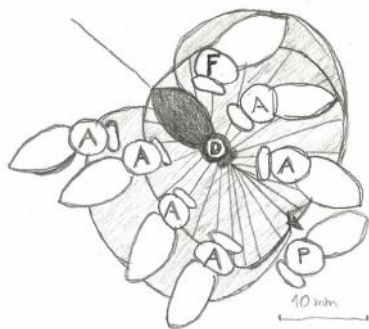


Slika 4: Število obhodov na četrt minute v odvisnosti od razdalje (prirejeno po von Frisch, 1956: 516)

Na abscisi je predstavljena razdalja, ki so jo čebele opravile na poti iskanja hrane do panja, na ordinatni osi pa število obhodov na četrt minute. Točke na krivulji so povprečne vrednosti, dajejo podatke o številu posameznih opazovanj.

2.2.2 Opis sledenja čebel med plesom

Za razumevanje prenosa plesnih signalov je pomemben pristop spremljevalk k plesoči čebeli (Babnik in sod., 1998). Opisani sta dve različni vedenji: o sledilkah in o spremljevalkah. Sledilke stojijo okoli plesnega polja in stegujejo tipalke proti plesalki ter se le občasno gibljejo s plesalko. Spremljevalke neprestano tečejo s plesalko in držijo glave ob plesalki v vsakem trenutku med delanjem osmic. Kot med sledilko in plesalko je večino plesa 90° , razen ob izhodu iz zibanja. Takrat mora sledilka preiti nazaj na nasprotno stran plesalke. Razdalja med glavo sledilke in telesom plesalke je skoraj ves čas trajanja plesa manjša od dolžine tipalk. Med obhodnim delom plesa se sledilka ves čas dotika plesalke s tipalkami, med zibanjem pa le občasno. V večini primerov (81%) sledi istočasno samo ena čebela v 18% pa po dve čebeli istočasno, ostale čebele so odrinjene iz položaja zaradi pomanjkanja prostora okrog plesalke (Božič in Valentinčič, 1991).



Slika 5a: Slika območja plesa okrog plesalke (prirejeno po Božič in Valentinčič, 1991)



Slika 5b: Slika plesalke med zibanjem ter sledenje sledilk in spremljanje spremljevalk (Božič, 2012)

Zibajoč ples ponavadi spremlja več čebel (Slika 5a). Le nekaj čebel (F) sledilk neprestano sledi plesalki (D). Spremljevalke (A) le opazujejo in skušajo slediti. Telo plesalke je prikazano na sredini osenčene površine, telo sledilk pa na površju osenčene površine. Obe polji skupaj poimenujemo plesna površina. (P) pomeni mimoidoča čebela.

2.2.3 Tresajoči ples

Med običajnim pregledom čebel lahko na satju opazimo čebele, ki grabijo svoje vrstnice in jih močno stresajo. Če smo malo pozornejši, lahko opazimo še, da so te čebele zadovoljne tudi s satjem in celo satnim okvirjem. Glavni dražljaj za čebele je tresenje, ki se prenaša na podlago in razširja po panju. Prave sporočilne vloge tega vedenja še niso pojasnili. Znano je, da je v panju več stresajočih čebel in več stresanja tik pred rojenjem. Zdi se, da se je to vedenje razvilo kot nadomestno v položaju nasprotovanja dveh različnih motivacij čebel: iskanje paše oziroma zunaj panjska aktivnost in zadrževanje pri panjskih opravilih (Babnik in sod., 1998).

2.3 MONITORING OKOLJA S ČEBELAMI

Čebela je dober biološki pokazatelj, in hitro odraža negativne kemične spremembe v delovanju okolja s svojo visoko smrtnostjo in prisotnostjo onesnažil v telesu, izdelkih in

v panju. Več ekoloških, etoloških in morfoloških značilnosti medonosne čebele (*Apis mellifera*) je zanesljiv ekološki detektor, ki ga lahko uporabimo za določanje ravni antropogenih kontaminacij na velikih področjih. Čebele so znane zbirateljice onesnažil iz naravnega okolja, vzorčijo z rastlinja, iz vode in iz zraka. Čebele nam dajejo podatke s površine, ki je zajeta pri njihovem iskanju hrane. Imajo veliko mobilnost in so nenehno izpostavljene škodljivim snovem v okolju iz onesnaženega zraka prisotnega v okolici panjev. Pašne čebele pogosto letijo v območju 1,5 km od panja, vendar njihovi poleti lahko segajo tudi do 10 km oddaljenih virov paše, to je odvisno od potrebe po hrani in njene dostopnosti. Pašne čebele prinesejo vzorce snovi v panj z zbiranjem medicnine, cvetnega prahu, mane od listnih uši, vode iz različnih virov ter nekaj snovi na dlačicah, na katere se primejo med poletom. Vsaka čebela naredi 12-15 pašnih potovanj na dan in ob vrnitvi v panj čebele z ventiliranjem zraka sproščajo onesnažila v panj. Nekaj ostankov strupenih snovi se kopiči tudi v telesu čebel, ki so bile neposredno izpostavljene ostankom pesticidov. Te žuželke so nepristranski vzorčevalci, ki jih lahko uporabljamo za odkrivanje organskih in anorganskih onesnažil v okolju. Čebelje družine so praktične za uporabo, saj imajo visoko reprodukcijo, so številne, tako da je enostavno zbrati zadostno število vzorcev (Perugini in sod., 2009).

Z uporabo čebel kot bioindikatorjev je onesnaženje s pesticidi mogoče zaznati takoj in neprestano z zelo majhnimi stroški. Kakorkoli, nekateri novi insekticidi ne izzovejo smrtnosti čebel, ampak tudi že pri zelo majhnih odmerkih lahko povzročijo večje vedenjske spremembe, ki lahko škodujejo celotni čebelji družini. Pogosto jih je celo težko odkriti s pomočjo kemičnih analiz. Monitoring okolja s čebelami je zelo pomembna tehnika za dokazovanje morebitnih tveganj zastrupitve čebel zaradi uporabe pesticidov, pa tudi za določitev stopnje onesnaženosti okolja zaradi fitofarmaceutskih sredstev in ostalih onesnažil v okolju. Dejstvo je, da čebele zaradi njihovih morfoloških in vedenjskih značilnosti uporabljamo kot zelo dobre bioindikatorje. V mnogih primerih brez čebel ne bi mogli dokazati zlorabe ali napačne uporabe pesticidov. Razširjena je uporaba opazovalnih postaj z dvema panjema, ki sta opremljena z lovilcem mrtvih čebel. Ko število mrtvih čebel preseže 250 čebel na teden, začnejo izvajati laboratorijske analize. Kemijske in palinološke analize in obdelave podatkov (s pomočjo indeksa okoljske nevarnosti), nam omogočajo opredelitev območij, na katerih

je povečano tveganje zastrupitve čebel, ter identifikacijo najpogostejše uporabljenih pesticidov (tudi takih, ki so prepovedani) za zaščito rastlin (Porrini in sod., 2002).

3 MATERIAL IN METODE

Poskus za pridobitev podatkov je potekal na dveh lokacijah; v opazovalnem panju na Biotehniški fakulteti, na Oddelku za biologijo v Ljubljani in v opazovalnem panju v Dolgi Poljani, vasi v zgornji Vipavski dolini. Poskus je bil na dveh lokacijah zaradi primerjanja rezultatov in ocenjevanj natančnosti izvedbe meritev in opazovanj. Poskus v Dolgi Poljani je potekal v poletnih dneh 4.8.2010, 7.8.2010, 9.8.2010 in 17.8.2010, na fakulteti pa 27.7.2010, 28.7.2010, 10.8.2010 in 11.8.2010. S pomočjo čebeljega plesa smo ocenili lokacijo čebelje paše in pridobili podatke za oceno razlike pri vzorčenju med posameznimi dnevi, deli dneva (dopoldan in popoldan), med posameznimi parcelami in med čebelami, ki so imele cvetni prah in tistimi, ki so bile brez njega. Pred poskusom smo opravili še umeritev in preverjali natančnost čebeljega plesa preko vnaprej predvidenega umetnega krmišča.

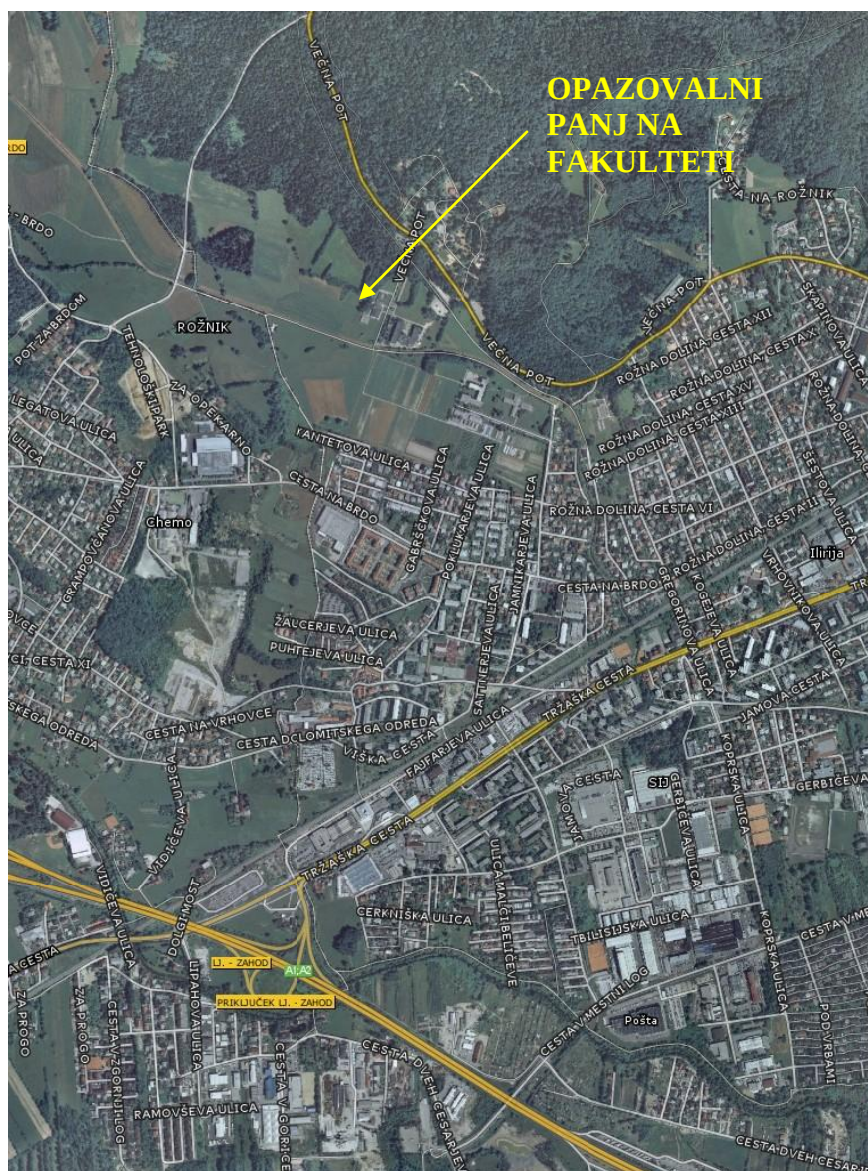
V poskus sta bili vključeni čebelji družini slovenske avtohtone rase Kranjska sivka (*Apis mellifera carnica* Poll.), ki sta bili naseljeni v opazovalna panja. Poskus je bil izveden v opazovalnih panjih, ker bi v navadnih panjih s premikanjem satov vznemirjali čebele. Velikosti panjev sta bili različni, kar pa ni vplivalo na rezultate, le število čebel v družini na fakulteti je bilo večje in tam smo zbrali več podatkov.

Opazovalni panj v Dolgi Poljani je bil sestavljen iz dveh AŽ satov, medtem ko opazovalni panj na fakulteti iz štirih, položenih drug na drugega. Sati so bili prek plastičnih distančnikov vpeti v lesen okvir in na vsaki strani zaprti s steklom. Opazovalna panja sta bila iz zunanje strani toplotno zaščitena s plastično peno. Toplotna izolacija je bila še bolj pomembna pri panju v Dolgi Poljani, saj je bil postavljen v senci pod drevesom, medtem ko je bil opazovalni panj na fakulteti v poskusnem čebelnjaku z narejenim izhodom za čebele. Ta izolacija je služila tudi zatemnitvi opazovalnih panjev, saj le tako ostanejo čebele mirne in jim je omogočeno normalno bivanje. Ker opazovalni panj v Dolgi Poljani ni imel zaščite čebelnjaka, sem moral pred odstranitvijo toplotne in svetlobne izolacije okolico panja zasenčiti, da sem preprečil vpliv sončne svetlobe, ki bi moteče delovala na vedenje čebel. Pri tem je pomembno, da preprečimo vidno polje čebel tako, da jim onemogočimo videnje delov modrega neba in usmerjanje plesa neposredno na sonce.



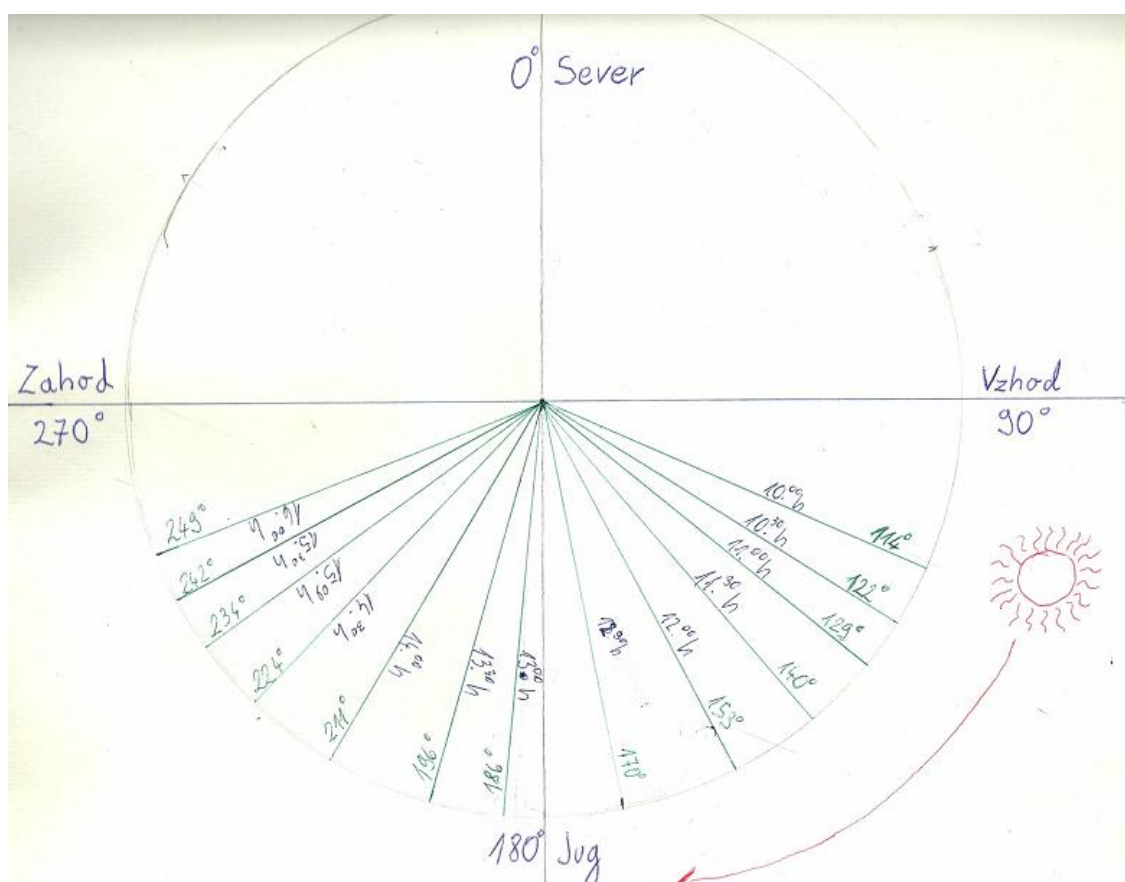
Slika 6: Zračni posnetek lokacije opazovalnega panja v Dolgi poljani (Najdi.si zemljevidi, 2012)

Opazovalni panj na domu je bil lociran pod sadnim drevjem v vasi Dolga Poljana (Slika 6). Vas leži na pobočju pod robom Trnovskega gozda. Gozd za vasjo sestavljajo predvsem: gaber, jesen, divja češnja, robinja, bor, hrast, ... Okrog vasi je posajeno sadno drevje in vinska trta, po dolini pod vasjo pa so njive in travniki. V vasi je več manjših izvirov vode in potočkov. Opazovalni panj je bil orientiran v smeri jugovzhoda, postavljen je bil pod drevo in med opazovanjem zasenčen.



Slika 7: Zračni posnetek lokacije opazovalnega panja na Biotehniški fakulteti (Najdi.si zemljevidi, 2012)

Opazovanje na Biotehniški fakulteti na Oddelku za biologijo je potekalo v opazovalnem panju, ki je bil postavljen v poskusnem čebelnjaku ob fakulteti (Slika 7). Z zadnje strani ga obdaja gozd in grmovje, spredaj in v okolici so obdelani travniki, v bližini je tudi poskusno polje in sadovnjak Biotehniške fakultete. V bližini je tudi potok, ki služi kot dober vir pitne vode za čebele. Pred poskusnim čebelnjakom sem spremljal in zabeležil smeri sonca vsake pol ure od 10.⁰⁰ do 16.⁰⁰ ure vsak opazovalni dan in sestavil skico (Slika 8), ki mi je služila za določitev smeri čebeljega plesa.



Slika 8: V stopinjah označene smeri sonca tekom dneva

Smeri sonca sem risal s pomočjo grezila nad belim listom papirja ter zarisal črto po senci od niti grezila, ki je padala na papir. S pomočjo slik iz zračnih posnetkov lokacije poskusnega čebelnjaka sem skušal čim bolj natančno postaviti papir v smeri sever jug, kar omogoča, da je merjena smer sonca čim bolj natančno zabeležena.

3.1 UMERJANJE ČEBELJEGA PLESA S POMOČJO UMETNIH KRMIŠČ

3.1.1 Opis poskusa

S pomočjo umetnih krmišč smo poskušali pridobiti podatke, ki so nam služili za umerjanje razdalj sporočenih s čebeljim plesom. Umetno krmišče nam je služilo kot znana lokacija na znani oddaljenosti od panja in na ta način smo dobili podatke, ki so nam služili za izračun in primerjavo kasneje zbranih podatkov pri snemanju čebeljega plesa. Umerjanje smo izvedli samo v opazovalnem panju na fakulteti. Dobljene razdalje smo uporabili kot standard za določanje razdalje do paše pri čebeljem plesu pri obdelavi

podatkov poskusa narejenega v opazovalnem panju na fakulteti in za podatke dobljene pri poskusu v Dolgi Poljani.

3.1.2 Priprava na poskus

V poskusnem čebelnjaku smo ob opazovalni panj postavili kamero v višini satov pravokotno na podlago, tako kot je bil postavljen poskusni čebelnjak. Pripravili smo sladkorno raztopino, ki smo jo uporabili za dražilno krmljenje. Sladkorna raztopina je bila pripravljena v razmerju 1:1 in sicer smo uporabili 2 dl vode in 20 dag jedilnega sladkorja. Raztopino smo dali v plastični kozarec, ga poveznili na pokrovček za vlaganje, med kovinski pokrovček in plastični kozarec smo dali lesene distančnike, ki so omogočali, da je sladkorna raztopina sama iztekala iz plastičnega kozarca, tako smo dobili vakuumski krmilnik. Za vsako testno razdaljo smo pripravili določeno barvo. Čebele smo označili z izbrano barvo, ko so priletele na umetno krmišče. Tako smo v panju prepoznavali čebele plesalke z znane smeri in oddaljenosti iz našega krmilnika.

Zaradi hitrejšega poteka poskusa smo morali najprej čebele privabiti na naš krmilnik. Pred vhod v panj smo postavljali lesene palčke namočene v sladkorno raztopino in ko so čebele na palčki lizale sladkorno raztopino, smo jih počasi prenesli do krmilnika in postavili palčko na kovinski pokrovček. Čebele so na ta način zaznale nov vir hrane in že v kratkem času se jih je čedalje več zbiralo na krmilniku. Krmilnik smo postopoma prenašali najprej do lokacije ob potoku, ki je bila oddaljena od panja 112 m, kasneje pa smo isto ponovili in krmilnik postavili še na lokacijo ob opečnatem zidu, ki je bil oddaljen od panja 258 m. Poskus smo izvajali na dveh različno oddaljenih lokacijah, da smo pridobili večje število podatkov in tako pridobili bolj točne rezultate. Prenos krmišča do ciljne lokacije je trajal nekaj ur, saj so čebele porabile precej časa, da so ob vsakem premiku nazaj našle krmilnik in to sporočile ostalim čebelam in se tako v večjem številu vračale. Ko smo prišli do znane lokacije, smo čebele označili z barvo, da smo jih v panju prepoznali in posneli čebelji ples, ko so sporočale ostalim čebelam v panju smer in oddaljenost. Čebele na lokaciji ob potoku smo označili tako, da smo pobarvali oprsje čebel z belo in modro barvo, na lokaciji ob opečnatem zidu pa z oranžno barvo (Slika 9).



Slika 9: Označena čebela med izvajanjem čebeljega plesa

3.1.3 Izvajanje poskusa

Snemanje čebeljega plesa smo izvajali 19. avgusta med 13.⁰⁰ h in 15.⁰⁰ h, ko so bile čebele najbolj aktivne. Snemali smo s prenosno kamero Sony DCR-TRV 140 E, video posnetke pa zapisovali na digitalne videokasete DVM60 (60 min). Kamera je bila usmerjena na sat, ki je bil najbližje vhodu v panj v spodnji desni del, saj so tam čebele največ plesale.

3.1.4 Obdelava zbranih podatkov

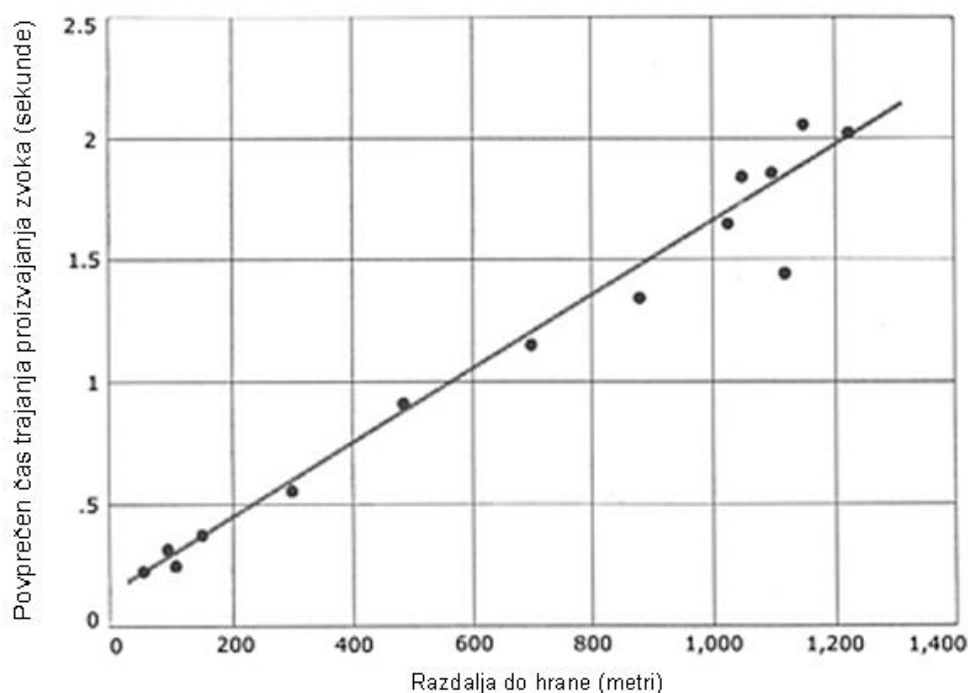
Zbrane podatke smo pretvorili v računalniško obliko s pomočjo računalniškega programa Windows Movie Maker in jih urejali s pomočjo računalniškega programa Microsoft Office Excel 2003.

Podatki pridobljeni s snemanjem so vsebovali podatke o barvi označene čebele, smeri paše in o oddaljenosti krmilnika. Za vsako čebelo, ki je izvajala čebelji ples, smo zabeležili smer čebeljega plesa in izmerili čas trajanja vsakega zibanja ter izračunali povprečen čas štirih zibanj pri vsaki označeni čebeli. S pomočjo barvne oznake smo prepoznali iz katere lokacije z znano oddaljenostjo je čebela priletela v panj, tako smo

lahko primerjali povprečen čas zibanja s preleteno razdaljo in dobili podatek, ki nam je služil za preračunavanja vseh razdalj v nadaljevanju poskusa.

Dokazano je, da spektrografično sliko zvoka sestavljajo serije, pri čemer ima vsaka serija frekvenco približno 32 impulzov na sekundo (Slika 10). Čebela oddaja serijo zvokov med zibajočim plesom ob zibanju v ravninskem delu. Povprečen čas trajanja serije zvokov v zibajočem plesu (in tudi število impulzov med serijo) je sorazmeren z oddaljenostjo vira paše od panja (Wenner, 1964).

Dolžina oddajanja zvoka med zibanjem je enaka trajanju zibanja pri enem zibajočem plesu. Pri primerjavi trajanja zibanja s preleteno razdaljo smo dobili podatek za oddaljenost od panja, pri našem poskusu 258 metrov. S slike je razvidno, da se čas trajanja oddajanja zvoka pri zibanju sorazmerno spreminja z oddaljenostjo nekega vira hrane, zato smo lahko na podlagi trajanja zibanja na znani oddaljenosti preračunali oddaljenost vira paše v nadaljevanju poskusa.



Slika 10: Povezava med trajanjem proizvajanja zvoka in oddaljenostjo do krmišča (prirejeno po Wenner, 1964)

3.2 UPORABA ČEBELJEGA PLESA ZA DOLOČANJE LOKACIJE VIRA ČEBELJE PAŠE

3.2.1 Opis poskusa

Z uporabo kamere in kasnejšo analizo posnetkov smo analizirali čebelji ples. Zabeležili smo smeri plesa, da smo lahko na podlagi skice o položaju sonca določili smer od kje je posamezna čebela priletela v panj in z meritvijo trajanja zibanja izračunali razdaljo do vira čebelje paše. Podatke smo pretvorili v grafično obliko in tako dobili slike, ki nam prikazujejo na satelitskih posnetkih lokacije od koder so čebele nosile določen vir paše v panj.

3.2.2 Izvajanje poskusa

Snemanje čebeljega plesa smo izvajali na dveh lokacijah, v Dolgi Poljani in na Biotehniški fakulteti, na Oddelku za biologijo. Slika 11 kaže snemanja čebel plesalk.



Slika 11: Snemanje čebeljih plesov z digitalno kamero v opazovalnem panju

Na obeh lokacijah je snemanje trajalo vsak opazovalni dan od 10.⁰⁰ h do 16.⁰⁰ h. V tem terminu so bili posneti vsi plesi in tudi obdelani, da smo dobili podatke o smeri in oddaljenosti pašnih virov za vse čebele. Za vsako čebelo smo označili zaporedno številko posnetka, datum, čas, zaporedno številko čebel, ki so plesale ob enakem času, določili smer plesa s pomočjo skice (slike 8), izračunali s pomočjo računalniškega programa Microsoft Office Excel 2003 povprečni čas zibanja in na podlagi tega podatka izračunali oddaljenost pašnega vira od panja, izračunali koordinate za ponazoritev lokacij pašnih virov na satelitskih posnetkih in pogledali, če je čebela imela cvetni prah ali ne. S pomočjo funkcije if-stavkov v računalniškem programu Microsoft Office Excel 2003 smo s pomočjo satelitskega posnetka razdelili pašne površine na štiri

parcele na podlagi tega kje so se paše približno nahajale: v gozdu, na robu gozda, na njivi, posejani z določeno kulturo, na travniku, v naselju, ob določenemu viru vode itd.

3.2.3 Obdelava zbranih podatkov

Podatke zbrane s snemanjem smo pretvorili v računalniško obliko, jih večkrat pregledali in uredili v preglednice in slike. Podatke smo ločeno urejali za poskus, ki se je izvajal v Dolgi Poljani in za poskus na fakulteti. Najprej smo s pomočjo urejenih podatkov v preglednice podatke preuredili v slikovno obliko in ločeno prikazali lokacije plesočih pašnih čebel, ki so imele cvetni prah in tiste brez cvetnega prahu ter za vse skupaj. Vse podatke o lokacijah čebel smo ločeno prikazovali za dve obdobji dneva: (1.) med 10.⁰⁰ h in 13.⁰⁰ h in (2.) med 13.⁰⁰ h in 16.⁰⁰ h. Za iste skupine čebel in opazovana obdobja dneva smo še ločeno prikazali število čebel in gostoto čebel (čebel/ha) glede na oddaljenost od panja v 50 m razredih.

Čebele s cvetnim prahom in tiste brez smo skupaj prikazali na sliki satelitskega posnetka ločeno za termin med 10.⁰⁰ h in 13.⁰⁰ h in 13.⁰⁰ h in 16.⁰⁰ h ter prikazali razdelitev na parcele. S pomočjo te slike smo ponazorili uporabnost našega poskusa za vzorčenje in dokazovanje s katere lokacije je točno določena čebela prinesla v panj določen vir, ki je lahko pokazatelj nekega polutanta v okolju.

χ^2 test, test statistične značilnosti je serija matematičnih formul, ki primerjajo opazovane frekvence nekega dogodka v vzorcu s frekvencami, ki bi jih pričakovali, če ne bi bilo nobene povezave med spremenljivkama v populaciji. χ^2 testira naše trenutne rezultate proti ničelni hipotezi in pove ali so rezultati dovolj različni, da padejo pod določeno verjetnost, da so nastali zaradi odvisnosti dveh spremenljivk (Test hi-kvadrat, 2010).

Preden smo podatke pregledali s χ^2 testom, smo jih obdelali s funkcijo vrtilnih tabel s pomočjo računalniškega programa Microsoft Office Excel 2003. S pomočjo te funkcije smo zbrane podatke prešteli, ločili po datumih, po delih dneva dopoldne in popoldne posebej, po tem ali so čebele imele cvetni prah ali ne in po posameznih parcelah. Na ta način smo dobili rezultate, ki smo jih lahko analizirali in primerjali s pomočjo χ^2 testa. Statistično analizo smo opravili s pomočjo on-line orodja (Arsham, 2012).

4 REZULTATI IN RAZPRAVA

4.1 POSKUS UMERJANJA ČEBELJEGA PLESA S POMOČJO UMETNIH KRMIŠČ

Umerjanje smo zaradi večje natančnosti in primerjanja izvajali na dveh prej omenjenih lokacijah 19. avgusta 2010 med 13.⁰⁰ h in 15.⁰⁰ h, ko so poletni dnevi najtoplejši in so čebele najbolj aktivne. Na lokaciji pri potoku smo čebele, ki so prišle na krmilnik obarvali z modro in belo barvo. Ta lokacija je bila oddaljena 112 m. Pri analizi posnetkov za čebele obarvane z belo barvo nismo opazili niti ene plesalke, modre čebele so precej nejasno plesale in vibrirale, kar je bil znak, da je razdalja premajhna saj čebele začno zibajoče plesati pri razdalji nad 100 m. Izmerjeni čas modro obarvanih plesalk se je razlikoval za 0,27 s, ta razlika je prevelika in bi z uporabo teh rezultatov dobili podatke o razdalji, ki bi se razlikovala za 95 m, kar je popolnoma neuporaben podatek. Čebele, ki so priletele od krmilnika, ki je bil lociran pri opečnatem zidu, oddaljenem 258 m, smo označili z oranžno barvo. Število modro obarvanih plesalk je bilo sicer večje in bi dalo bolj natančen izračun, uporabili smo čas oranžnih plesalk saj je bili njihov ples bolj natančno izražen in smo lahko precej natančneje izmerili povprečen čas trajanja zibanja pri čebeljem plesu.

Preglednica 1: Analiza posnetkov poskusa umerjanja čebel obeh lokacij skupaj

Datum	Oznaka poskusne čebele	Čas čebeljega plesa (h)	Trajanje čebeljega plesa (s)	Oddaljenost krmišča od panja (m)
19.8.2010	MODRA 1	13. ⁴⁴	0,58	112
	MODRA 2	14. ¹⁴	0,35	112
	MODRA 3	14. ²³	0,50	112
	MODRA 4	14. ²³	0,52	112
	MODRA 5	14. ²³	0,59	112
	MODRA 6	14. ²³	0,45	112
	MODRA 7	14. ³⁰	0,45	112
	MODRA 8	14. ⁴⁴	0,42	112
	ORANŽNA 1	14. ⁰⁸	0,67	258
	ORANŽNA 2	14. ¹⁰	0,64	258
	ORANŽNA 3	14. ²²	0,67	258

h= ura, s= sekunda, m=meter

Iz zbranih meritev smo izračunali povprečen čas trajanja zibanja, s katerim so čebele, označene z oranžno barvo sporočale oddaljenost paše 258 m od panja. Izmerjeni čas za zibanja oranžnih čebel se je razlikoval za 0,03 s, to pomeni 11 m razlike v razdalji, kar je dovolj natančna meritev, da so podatki uporabni za določitev razdalje do pašnega vira. Do razlik v izmerjenem času najverjetneje pride zaradi človeškega dejavnika pri nenatančnosti merjenja. Tako smo dobili podatek, da za razdaljo 258 m je čas trajanja zibanja 0,66 s in ta podatek uporabili za vse izračune o oddaljenosti pašnih čebel od panja v nadaljnji raziskavi.

V prvem stolpcu preglednice 2 iz knjige Karla von Frischa so razdalje, ki so jih čebele preletele tekom iskanja hrane v poskusu. V drugem stolpcu so podatki o trajanju obhodov, v tretjem stolpcu trajanje zibanja in v zadnjem stolpcu trajanje obhodnega dela v čebeljem plesu.

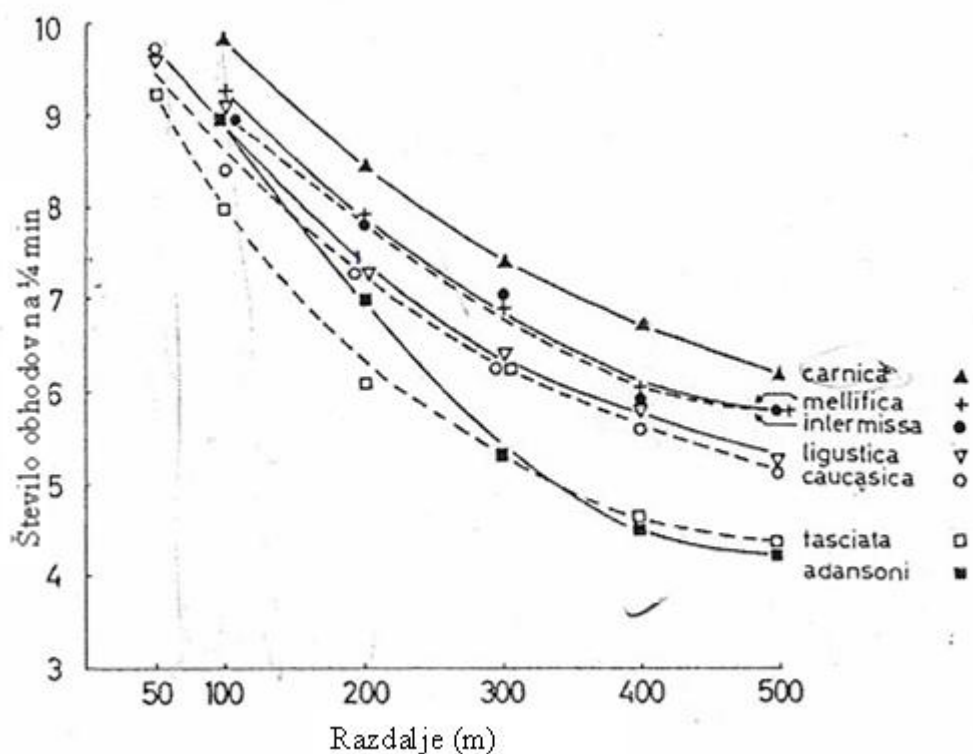
Preglednica 2: Trajanje obhoda, zibanja in povratnega hoda pri različni razdalji med panjem in pašnikom (prirejeno po von Frisch, 1967)

Oddaljenost pašnega vira od panja (m)	Trajanje obhoda (s)		Trajanje zibanja (s)		Trajanje povratnega hoda (s)	
	Srednja vrednost	n	Srednja vrednost	n	Srednja vrednost	n
200	2,09±0,03	123	0,45±0,01	123	1,64±0,02	123
300	2,12±0,03	89	0,50±0,02	89	1,62±0,02	89
500	2,53±0,02	354	0,95±0,01	357	1,58±0,02	354
1000	3,32±0,04	114	1,34±0,03	114	1,98±0,04	114
2000	3,78±0,06	53	2,08±0,06	55	1,70±0,04	53
3500	5,59±0,22	16	3,12±0,14	16	2,47±0,12	16
4500	6,30±0,11	75	3,98±0,09	70	2,32±0,07	67

n= število meritev, s= sekunda, m=meter

Če primerjamo trajanje zibanja vidimo, da prihaja do razlik. V von Frischovem poskusu vidimo, da trajanje zibanja 0,50 pomeni razdaljo 300 m, v našem poskusu pa bi čebela za enako razdaljo zibala 0,76 s. V von Frischovem poskusu so bile uporabljene čebele podvrste *Apis mellilifera carnica*. Ta razlika nakazuje možnost, da gre v našem poskusu za križanke med čebelami *Apis mellilifera carnica* in *Apis mellilifera ligustica*. Razlike v trajanju obhodov pri čebeljem plesu za različne podvrste čebel so prikazane v sliki 12. V Sloveniji živijo predvsem čebele podvrste *Apis mellilifera carnica*, ki se čedalje bolj

križajo z čebelami iz bližnje Italije podvrste *Apis mellifera ligustica*. S slike lahko vidimo, kako se razlikuje trajanje obhodov za ti dve podvrsti, ki nas še posebej zanimata. Čebele podvrste *Apis mellifera carnica* naredijo za isto razdaljo večje število obhodov pri čebeljem plesu na četrto minute, kar pomeni, da je njihovo trajanje zibanja krajše, medtem ko čebele podvrste *Apis mellifera ligustica* naredijo za isto razdaljo manjše število obhodov in to pomeni, da so njihov čas zibanja daljši. To bi lahko pojasnilo, zakaj so pri našem poskusu za isto razdaljo čebele porabile daljši čas zibanja kot pri von Frischovem poskusu. Na to temo še ni bilo narejenih dovolj preiskav, da bi s sigurnostjo pojasnili zakaj prihaja do razlik.



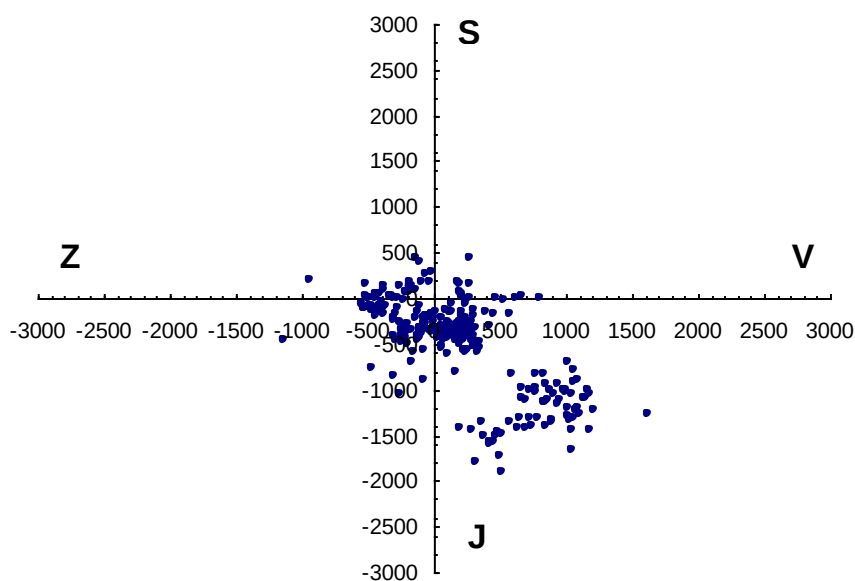
Slika 12: Razlike v trajanju obhoda med različnimi podvrstami čebel (prirejeno po von Frisch, 1967)

4.2 REZULTATI POSKUSA, V POSKUSNEM ČEBELNJAKU NA BIOTEHNIŠKI FAKULTETI

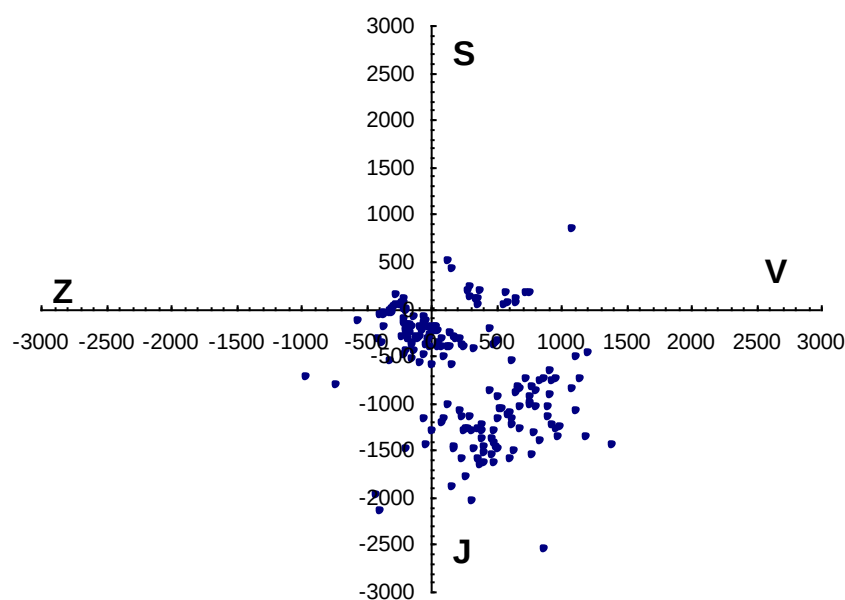
4.2.1 Določitev lokacije paše s pomočjo čebeljega plesa

Analizirali smo posnetke z digitalne kamere. Vsaki čebeli, ki je plesala zibajoči ples, smo določili smer, od koder je prinesla pašo, zabeležili, če je imela obnožino in izmerili štiri meritve trajanja zibanja in izračunali povprečen čas zibanja. S pomočjo podatka o povprečnem času zibanja smo izračunali razdaljo od kraja, kjer je čebela bila na paši. Z dobljeno razdaljo smo izračunali koordinati na x in y osi, da smo lahko na koordinatnem sistemu prikazali smer in razdaljo od koder je posamezna čebela priletela (Slike 13). S pomočjo teh podatkov smo lokacije razdelili na štiri parcele in s pomočjo funkcije *if* v računalniškem programu posamezno čebelo označili s številko parcele od koder je nabirala pašo. Dobljene podatke smo uredili v preglednice. Poskus se je izvajal v štirih dneh 27.7.2010, 28.7.2010, 10.8.2010 in 11.8.2010. Skupno število čebel, ki smo jih uspeli posneti in analizirati je bilo 486. Vsak opazovalni dan smo razdelili na dva dela, v dopoldanski del, ki je trajal od 10.⁰⁰ do 13.⁰⁰ ure in popoldanski del, ki je trajal od 13.⁰⁰ do 16.⁰⁰ ure in podatke smo ločeno uredili. Vsaka čebela je v preglednici označena z zaporedno številko posnetka, datumom, uro in z zaporedno številko izmerjenega časa.

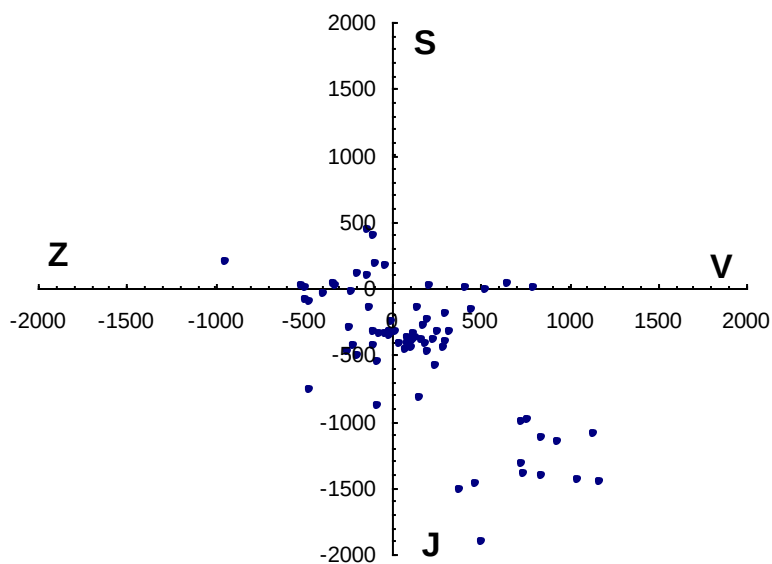
Razpon v trajanju pozibavanja je bil od najkrajšega, ki je trajal 0,24 s, kar pomeni preračunano v razdaljo 94 metrov in najdaljšega, ki je trajal 6,94 s kar pomeni 2713 metrov oddaljeno pašo od panjev. Med opazovanimi čebelami je bilo nekaj takih, ki so nejasno potresavale in zibale, take smo iz analize izključili. Pri merjenju trajanja posameznega zibanja pride tudi do napak zaradi človeškega dejavnika, a to v naravi pomeni približno odstopanje do nekje 50 metrov, kar pa ne predstavlja pomembnejše razlike.



Slika 13a: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 292

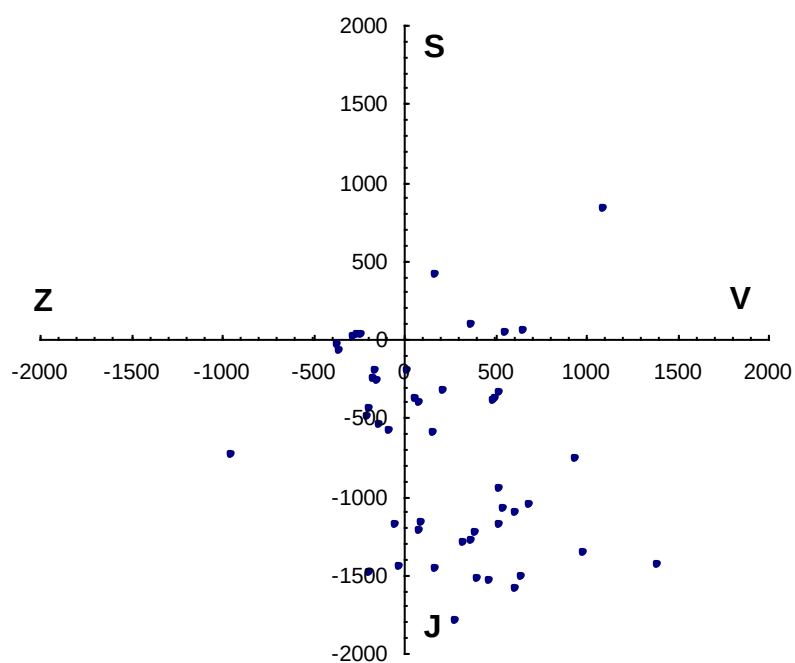


Slika 13b: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 194



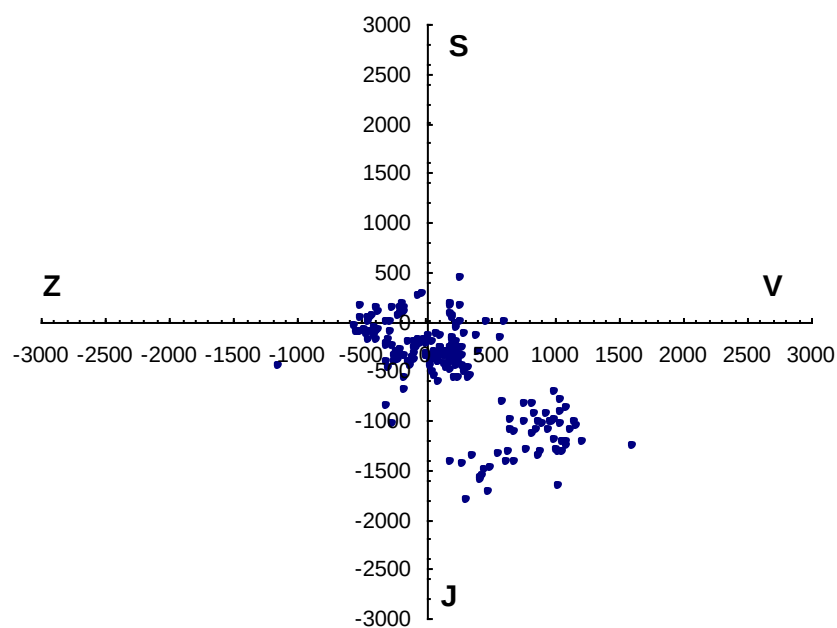
Slika 13c: Smer in oddaljenost paše za čebele brez cvetnega prahu med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h.

Skupno število čebel je 74



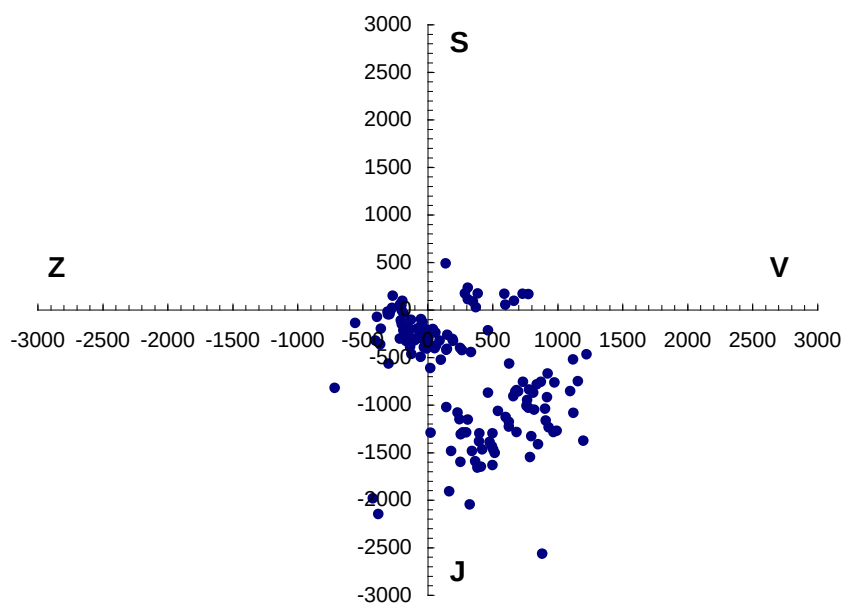
Slika 13č: Smer in oddaljenost paše za čebele brez cvetnega prahu med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h.

Skupno število čebel je 49



Slika 13d: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h.

Skupno število čebel je 218



Slika 13e: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h.

Skupno število čebel je 145

Na slikah 13a do 13e so prikazane razdalje in smeri od koder so čebele prinašale pašo. V središču koordinatnega sistema v točki nič je območje, kjer se nahaja panj in od tam so čebele vzletale na pašo in se z nje vračale. Slike smo razdelili na skupine, kjer so prikazane vse čebele skupaj, tiste s cvetnim prahom in tiste brez na slikah a in b, ločeno so prikazane čebele brez cvetnega prahu na slikah c in č, ter nazadnje še čebele s cvetnim prahom na slikah d in e. Za vsako od teh kategorij sta prikazani dve sliki, na prvi so čebele v dopoldanskem času med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ uro, na drugi pa čebele v popoldanskem času med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ uro. Lokacijo paše smo prikazali v koordinatnem sistemu saj si na ta način lažje vidno predstavljamo s katere smeri in s kakšne razdalje so čebele prihajale.

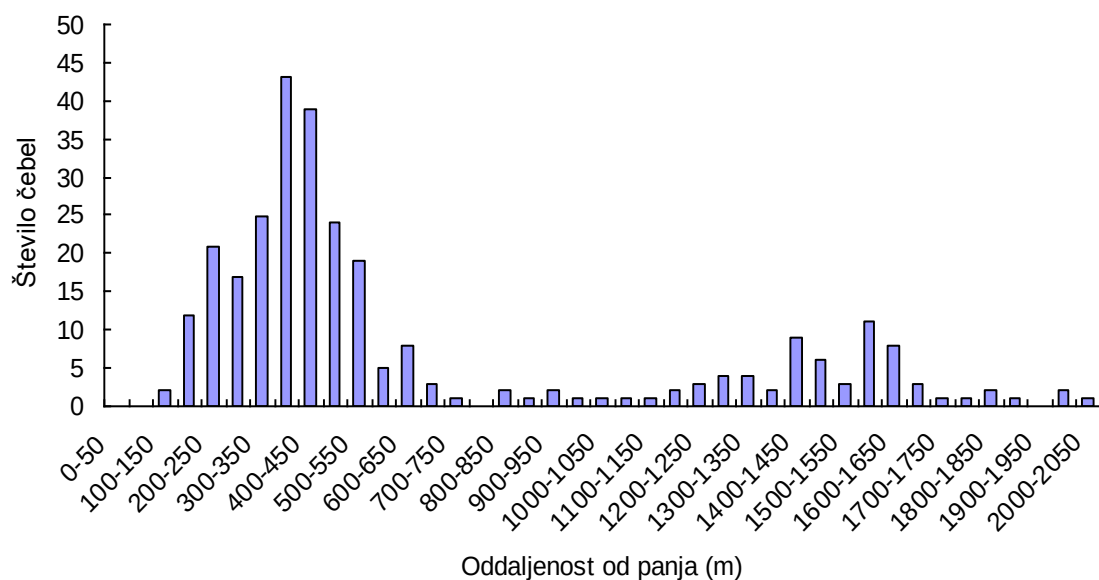
Na sliki 13a že opazimo, kako so čebele razdeljene v štiri skupine. To so območja, kjer se je nahajal dober vir paše in so čebele nabirale ter na ta način oblikovale lokacije. Na tej sliki še ne vidimo ali so nabirale cvetni prah ali kaj drugega, saj so prikazane vse čebele skupaj. Večina čebel se je v dopoldanskem času zadrževala na območju oddaljenem od panja do šeststo metrov, porazdelitev je približno enakomerna v vse smeri, le ena skupina se je vidno oddaljila na razdalji približno od 1500 m do 2000 m v jugovzhodni smeri. Če primerjamo dogajanje v dopoldanskem času z dogajanjem v popoldanskem času opazimo, da je v popoldanskem času hodilo na pašo manj čebel in tudi njihova oddaljenost od panja se je zmanjševala.

Na paši je število čebel brez cvetnega prahu manjše od števila čebel s cvetnim prahom, to je razvidno pri primerjavi slik 13c in 13č ter 13d in 13e. Če se najprej osredotočimo na sliki 13c in 13č opazimo, da so se čebele brez cvetnega prahu nahajale v dopoldanskem času bolj vzhodno, južno in zahodno od panja, to je predvsem zaradi poraščenosti severne lokacije z gozdom in posledično je dopoldne tam bolj senčno in hladno. Čebele so se nahajale bolj strnjeno na oddaljenosti nekje do 600 metrov in ponovno je bila ena skupina na oddaljenosti okrog 1000 do 1500 metrov na jugovzhodni strani od panja. V popoldanskem času se je število čebel na paši zmanjšalo, so pa letele bolj razkropljeno na večje razdalje in v več smeri, tudi severovzhodno od panja. Kot kaže, so popoldne bolj iskale nove vire paše na večji oddaljenosti in v več smereh.

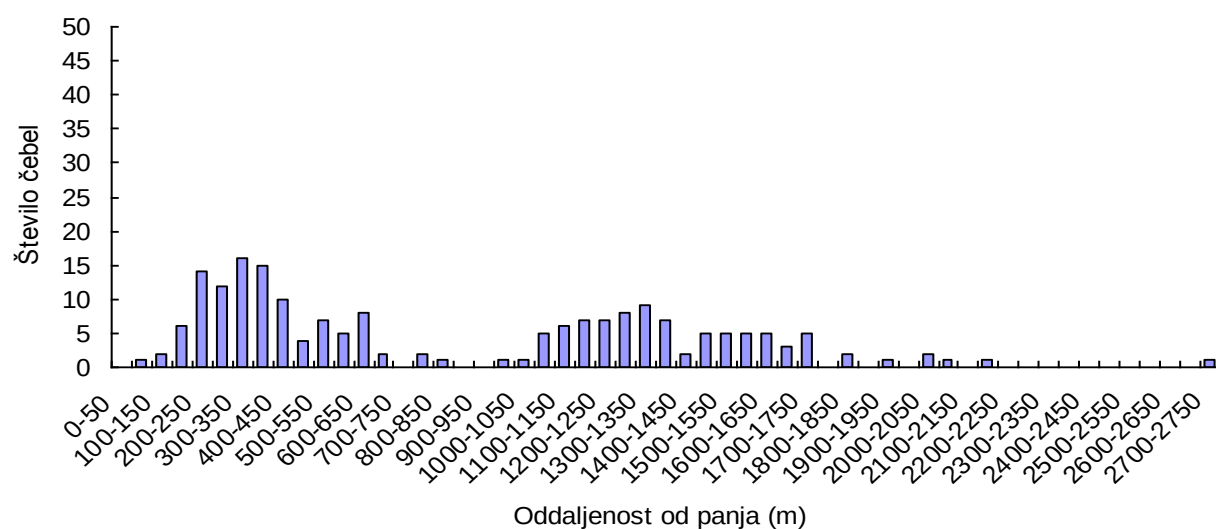
Na slikah 13d in 13e so čebele, ki so imele obnožino. Takih čebel je bilo precej več kot tistih brez cvetnega prahu. V dopoldanskem času so čebele prinašale cvetni prah večinoma iz jugovzhodne in jugozahodne smeri. Enakomerno so bile porazdeljene okrog panja na razdalji do 700 metrov z izjemo ene skupine, ki se je ponovno zadrževala na pašniku oddaljenem približno 1000 do 1500 metrov od panja. V popoldanskem času se je oddaljenost od panja zmanjševala. Čebele so prihajale iz treh smeri, ena manjša skupina iz severovzhodne smeri, ena skupina iz jugozahodne smeri in še tretja skupina iz jugovzhodne smeri, le da se je oddaljenost tudi v tej smeri zmanjšala.

4.2.1.1 Prikaz števila čebel plesalk po oddaljenosti od panja

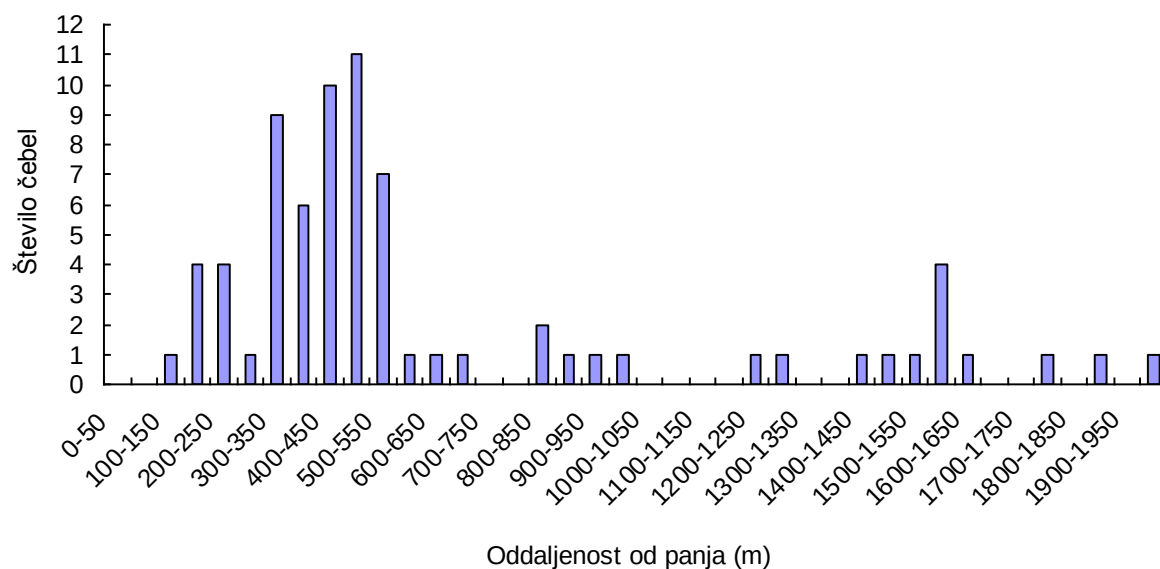
Slike smo razdelili na razrede po oddaljenosti od panja, ki so prikazovale število čebel v posameznih razredih, ki se je od predhodnega razlikoval za petdeset metrov. Število čebel je ločeno prikazano za čebele s cvetnim prahom in brez njega, ločeno za dopoldanski in popoldanski čas, podobno kot na slikah (Slike 13), za čebele brez cvetnega prahu in za čebele s cvetnim prahom, ločeno za dopoldanski in popoldanski čas.



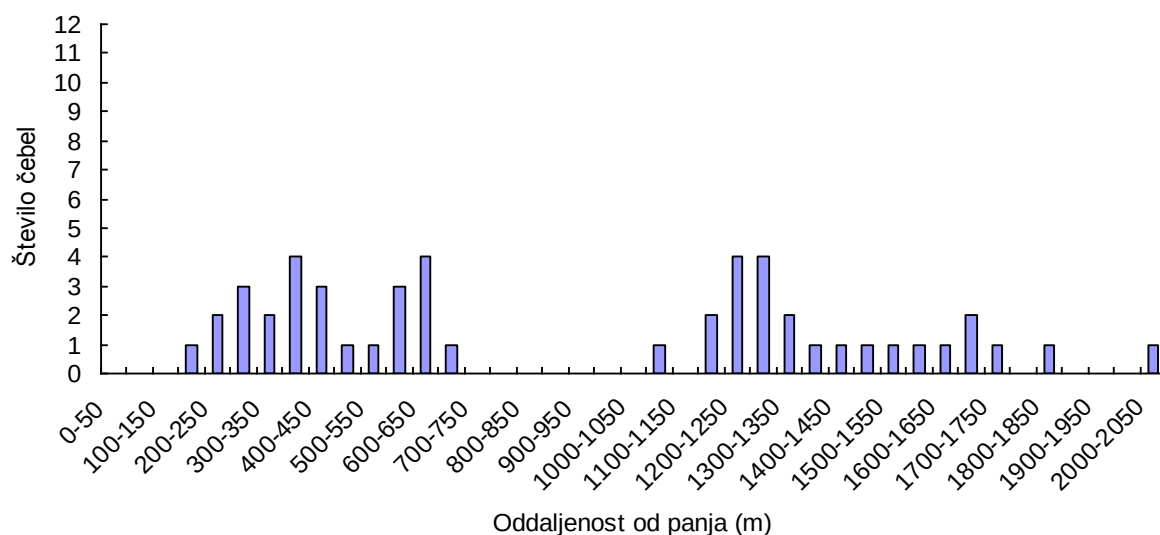
Slika 14a: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom in brez njega 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 292



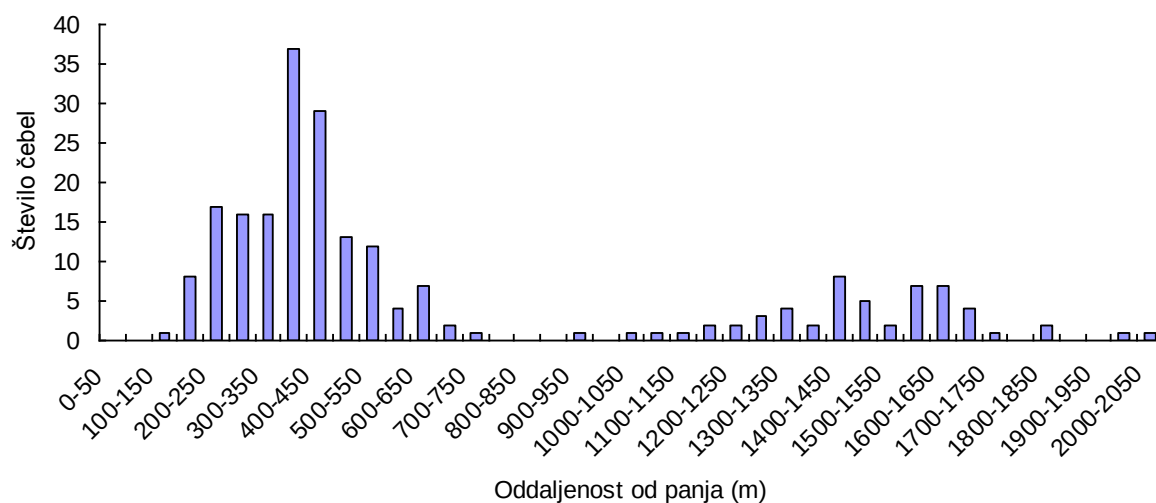
Slika 14b: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 194



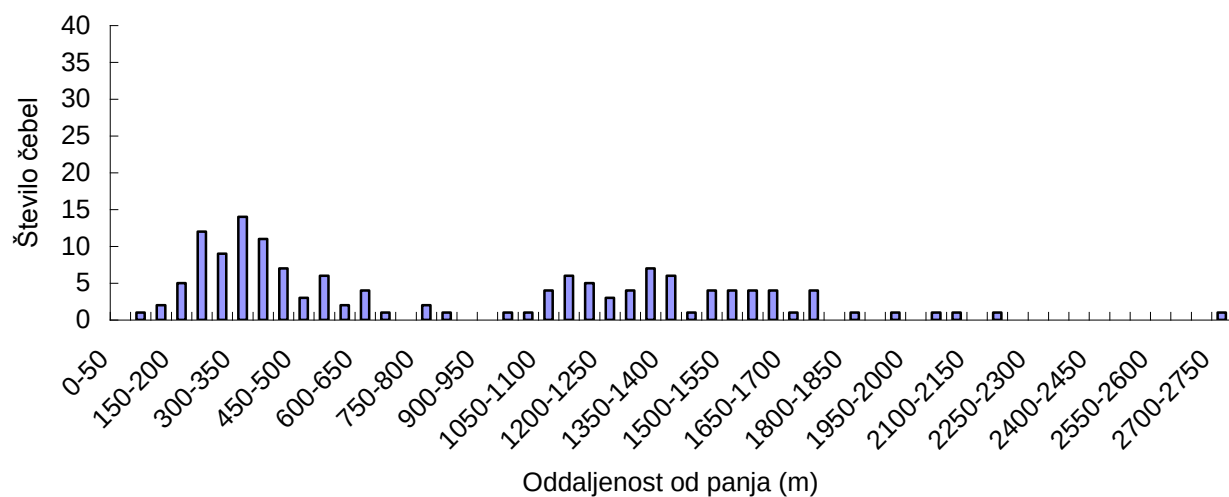
Slika 14c: Število čebel po posameznih razredih za čebele brez cvetnega prahu med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 74



Slika 14č: Število čebel po posameznih razredih za čebele brez cvetnega prahu med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 49



Slika 14d: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 218



Slika 14e: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 145

Oddaljenost od panja smo razdelili v razrede v obliki krožnih pasov, ki so se enakomerno večali za petdeset metrov od panja (Slike 14). Začeli smo pri panju, kjer je bilo izhodišče nič do razdalje do katere so čebele še letale. Ponovno smo razdelili čebele po skupinah, kjer so prikazane vse čebele skupaj, tiste s cvetnim prahom in tiste brez na slikah 14 a in b, ločeno so prikazane čebele brez cvetnega prahu na slikah 14 c in č, ter nazadnje še čebele s cvetnim prahom na slikah 14 d in e. Za vsako od teh kategorij sta prikazani dve sliki, na prvi so čebele v dopoldanskem času med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ uro na drugi pa čebele v popoldanskem času med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ uro. Pri vseh skupinah je razvidno, da se je število čebel na paši v popoldanskem času zmanjševalo in če podrobno pogledamo, vidimo, da na nobeni sliki ni čebele, ki bi pozibavala za oddaljenost manjšo od stotih metrov, kar potrjuje dejstvo, da čebele, ki se vračajo z manjših razdalj od sto metrov ne plešejo zibajočega plesa.

Na sliki 14 a je razvidno, da je največje število plesalk prihajalo s pašnika oddaljenega 350-400 metrov, tudi do 45 čebel iz posameznega razreda oddaljenosti, sledil je pašnik oddaljen 1550-1600 metrov, s katerega je prišlo do 20 čebel. V primerjavi s sliko 14 b, ki prikazuje plesalke v popoldanskem času, vidimo očitno zmanjšanje števila čebel na paši ter povečano razkropljenost po pašniku. Čebele se niso več tako strnjeno pasle na dveh lokacijah ampak so se razkropile, njihova oddaljenost od panja pa se je zmanjševala.

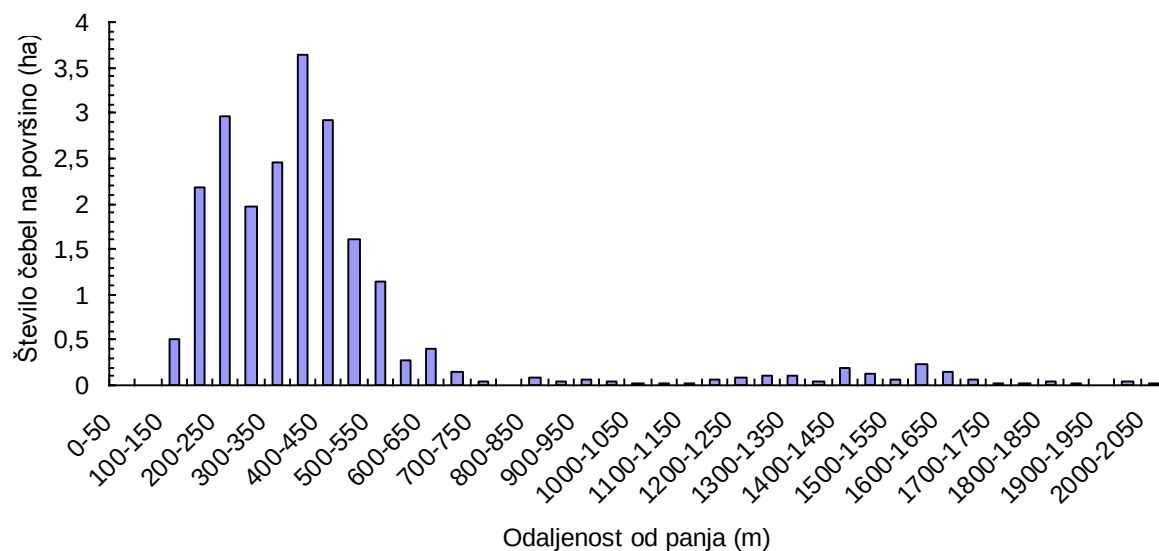
Čebele brez cvetnega prahu so bolj razpršeno iskale pašo po različnih lokacijah. Njihovo število je bilo precej manjše. V dopoldanskem času se je vrnilo največ čebel s pašnika oddaljenega od panja 450 do 500 metrov, največ, 12 čebel, medtem ko se je v primerjavi s popoldanskim časom na oddaljenem pašniku paslo manj čebel. V popoldanskem času so čebele bolj raziskovale in prinašale pašne vire z bolj oddaljenih lokacij, je pa bilo njihovo število manjše, največ do pet čebel iz posameznega razreda oddaljenosti.

Tudi število plesalk z obnožino se je razlikovalo med dopoldanskim in popoldanskim časom. Dopoldne so se vračale z razdalje 350 do 400 metrov, do največ 40 čebel na posamezen razred oddaljenosti, iz večje razdalje pa je bilo največ do 10 plesalk na oddaljenosti od 1400 do 1450 metrov od panja. Popoldne se je število čebel na pašnikih

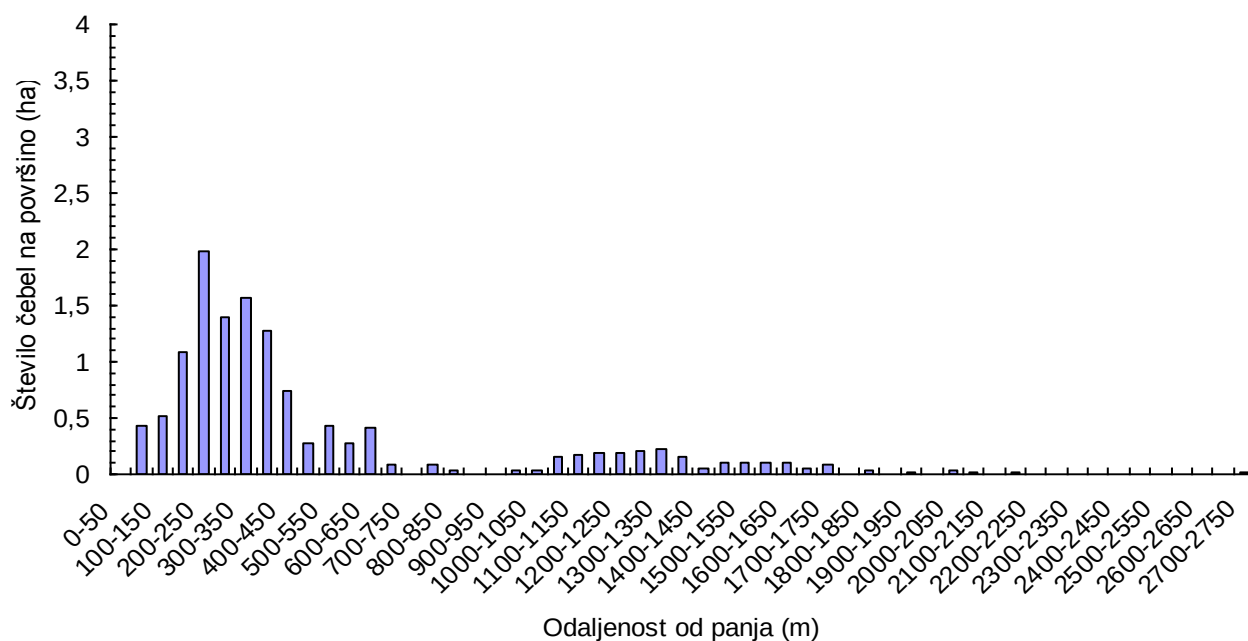
zmanjšalo in bolj so se razkropile po različnih lokacijah. Na posameznem razredu je bilo največ do 15 čebel na oddaljenosti od panja 300 do 350 metrov in do največ 10 čebel plesalk na lokaciji 1300 do 1350 metrov od panja. Za plesalke s cvetnim prahom je razvidno, da se je njihova oddaljenost od panja v popoldanskem času zmanjševala in ravno tako tudi število čebel na paši.

4.2.1.2 Prikaz števila čebel na površino po razredih oddaljenosti od panja

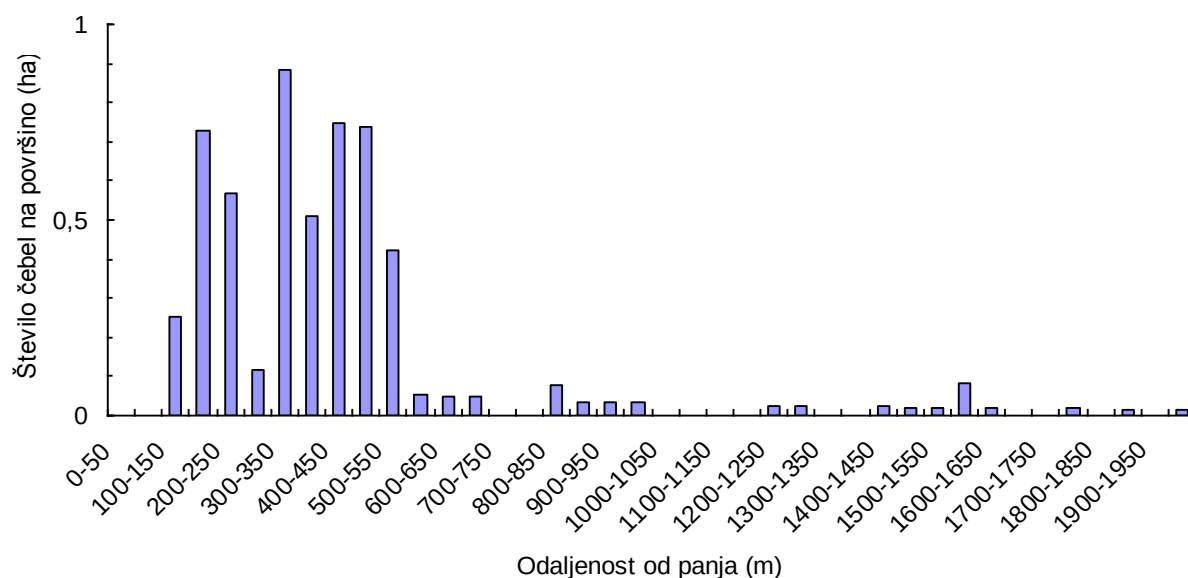
Za vsak razred oddaljenosti, ki se od predhodnega razlikuje za petdeset metrov, smo izračunali površino, ki jo predstavlja v naravi in izračunali število čebel na površino v hektarjih. Ponovno smo ločeno prikazali za čebele s cvetnim prahom in brez njega, ločeno za dopoldanski in popoldanski čas, podobno kot na prejšnjih slikah (Slike 13 in Slike 14), za čebele brez cvetnega prahu in za čebele s cvetnim prahom ločeno za dopoldanski in popoldanski čas. Ta način prikaza nam daje jasno sliko, na kateri razdalji od panja je bilo število čebel, ki so se vračale v panj in plesale zibajoči ples, največje in kako se je njihovo število spreminjalo tekom dneva ter kako je vplivalo na število vrnjenih čebel, če so imele obnožino ali so bile brez nje.



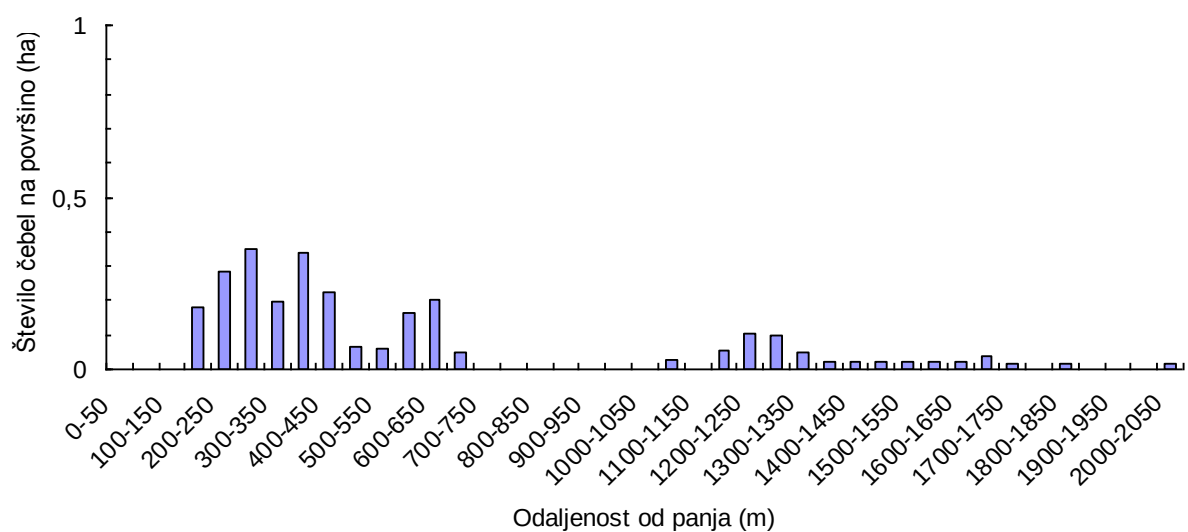
Slika 15a: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 292



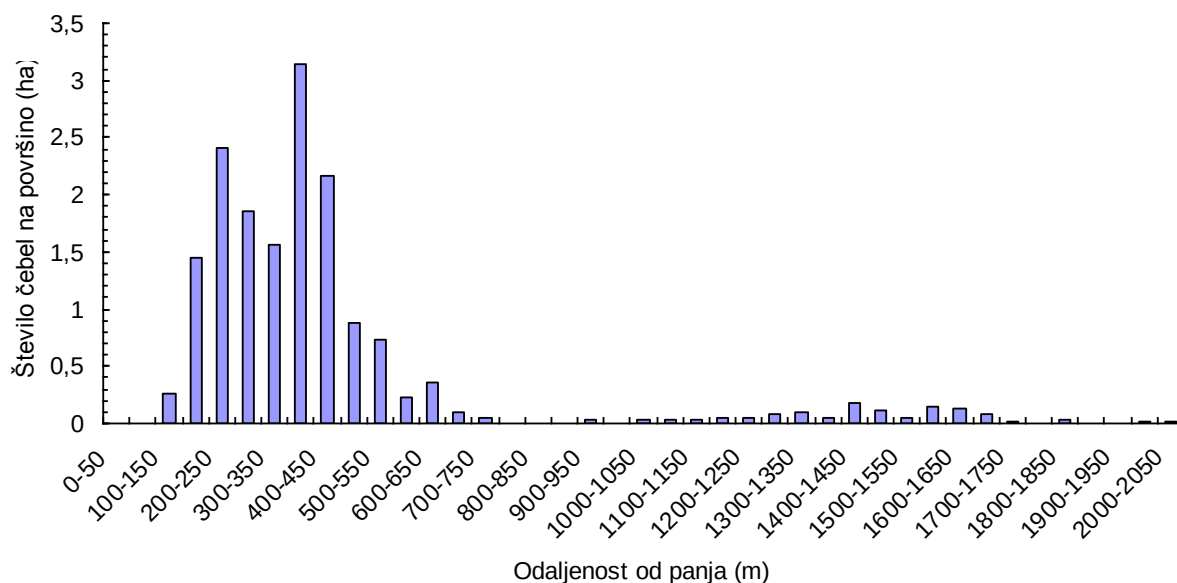
Slika 15b: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 194



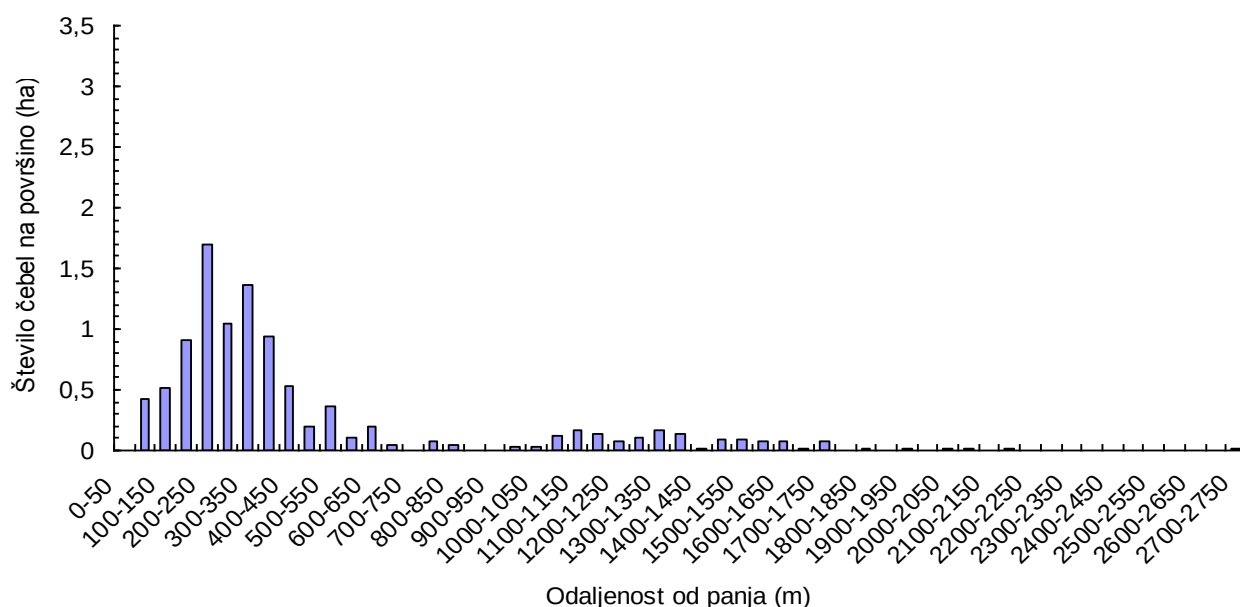
Slika 15c: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele brez cvetnega prahu med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 74



Slika 15č: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele brez cvetnega prahu med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 49



Slika 15d: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 218



Slika 15e: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 145

Skupno vsem slikam (Slike 15) je, da se je število čebel, ki so se vračale s paše in plesale zibajoči ples, popoldne zmanjšalo. Na slikah 15 a in b se je v dopoldanskem

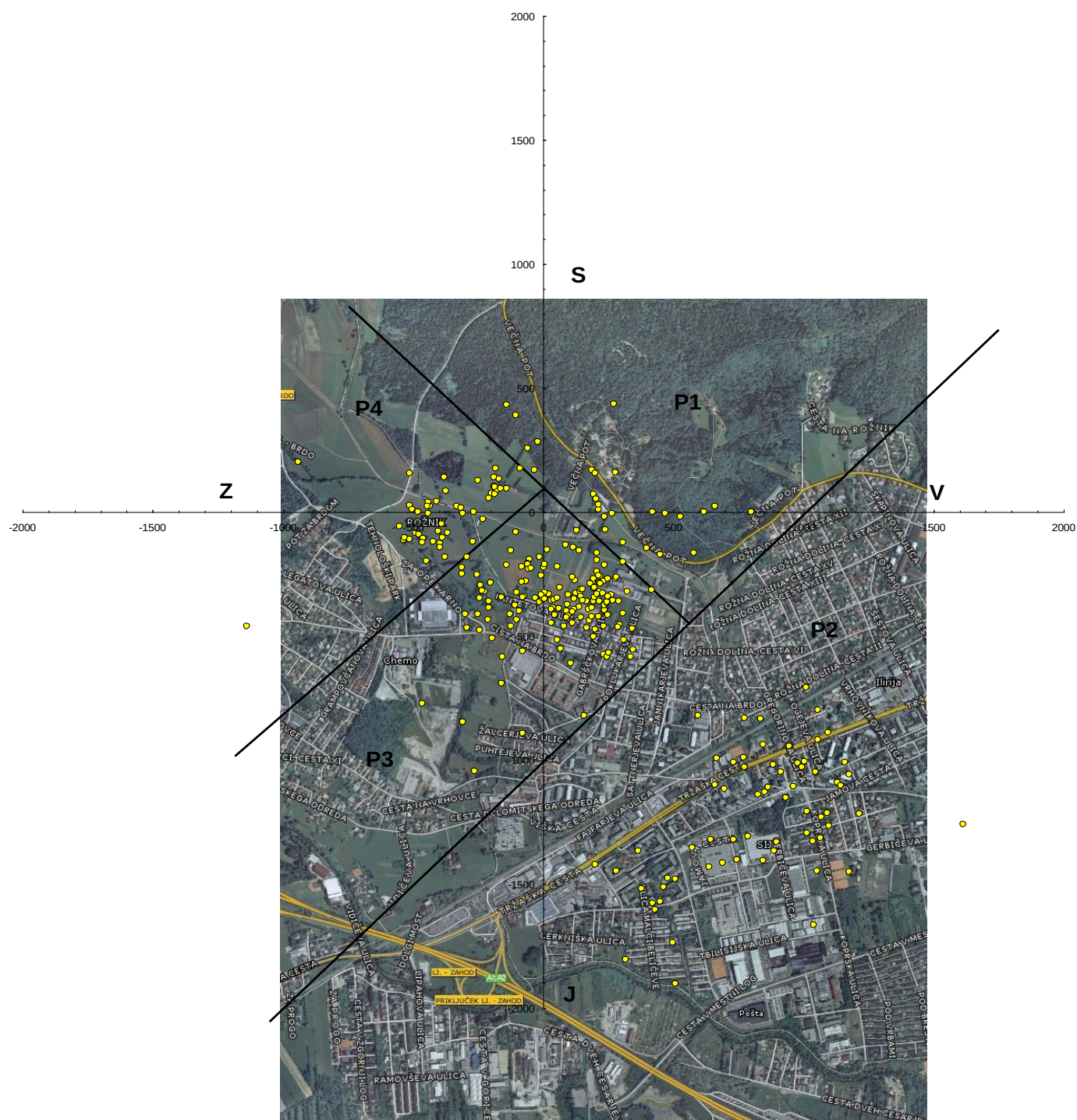
času vračalo s prve manj oddaljene lokacije največ od 3 do 4 čebele na hektar z razdalje okrog 350 do 400 metrov in z druge bolj oddaljene lokacije pa manj kot ena čebela na hektar z razdalje 1550 do 1600 metrov. V popoldanskem času se je število vrnjenih čebel plesalk zmanjšalo in prav tako njihovo oddaljevanje od panja. Tako sta se vrnili z bližnje lokacije največ do 2 čebeli na hektar z razdalje 250 do 300 metrov in z druge bolj oddaljene lokacije pa manj kot ena čebela na hektar iz oddaljenosti 1300 do 1350 metrov.

Iz skupine čebel brez cvetnega prahu na slikah 15 c in č je razvidno, da se je število z največ 0,9 čebele na hektar z bližnje lokacije, oddaljene od panja 350 do 400 metrov zmanjšalo na največ 0,4 čebele na hektar, njihova oddaljenost pa se je zmanjšala na 250-300 metrov. V dopoldanskem času se je oblikovala še ena skupina, ki se je vračala z oddaljenosti od 850 do 900 metrov, največ do 0,1 čebele na hektar. Z druge bolj oddaljene lokacije se je v dopoldanskem času vračalo največ do 0,1 čebele na hektar z oddaljenosti 1550 do 1600 metrov in se v popoldanskem delu ni bistveno spremenilo, le oddaljenost se je zmanjšala na 1300 do 1350 metrov. Čebele brez cvetnega prahu so v popoldanskem času bolj razkropljeno iskale nove vire paše.

Čebele, ki so imele cvetni prah, so se ravno tako v dopoldanskem času pasle v večjem številu kot v popoldanskem času. Dopoldne se jih je vračalo od 3 do 4 na hektar z oddaljenosti 350 do 400 metrov in v popoldanskem času le še največ 2 čebeli na hektar z oddaljenosti 200 do 250 metrov. Z bolj oddaljene lokacije je v dopoldanskem času priletelo največ do 0,3 čebele na hektar z oddaljenosti 1400 do 1450 metrov in v popoldanskem času še vedno do 0,3 čebele na hektar z oddaljenosti 1300 do 1350 metrov, in z drugih mest le zmanjšano število. Čebele s cvetnim prahom so v dopoldanskem času bolj razpršeno iskale nove vire paše.

4.2.2 Zračni posnetek s prikazom lokacij posameznih čebel

Slika 16 kaže mesta paše posameznih čebel, ki smo jih določili s pomočjo njihovega zibajočega plesa.



Slika 16: Zračni posnetek lokacij posameznih čebel, ki smo jih določili na osnovi plesnih sporočil (Najdi.si zemljevidi, 2012)

S pomočjo satelitskih posnetkov in zbranih podatkov o čebelah plesalkah smo sestavili sliko na kateri smo določili lokacijo paše posamezne čebele plesalke (Slika 16). Prikazano je območje okrog Biotehniške fakultete, Oddelka za biologijo. Slika 16 prikazuje mesto paše, ki so plesale čebele zibajoč ples v dopoldanskem času. Na sliki so združena mesta paše čebel s cvetnim prahom in brez njega za vse štiri opazovalne dni skupaj. Na sliki so označene smeri neba in posamezne parcele, ki smo jih določili na podlagi skupin, ki so jih oblikovale čebele. Večja skupina, označena s P3, se je oblikovala na območju poskusnega polja Biotehniške fakultete, saj so tam tekom vegetacije posejane različne rastline in je na voljo obilo paše. Druga večja skupina se je oblikovala na bolj oddaljeni jugovzhodni lokaciji, označeni s P2, tam so čebele nabirale na rastlinju, pretežno na orjaški in kanadski zlati rozgi, ki rasteta ob potokih Glinščica in Gradaščica, manjša skupina, P4 se je oblikovala na zahodni strani, kjer so travniki, ki jih intenzivno obdelujejo in najmanjša skupina P1 se je oblikovala na severni strani, na robu gozda in ob pobočju Rožnika. Slika je postavljena tako, da je na ničli abscisne in ordinatne osi poskusni panj. Vsaka s črno barvo obrobljena rumena pika predstavlja čebelo. Na ta način lahko določimo na kateri lokaciji, lahko tudi natančneje na kateri parceli, je čebela nabirala, iz vzorca cvetnega prahu pa tudi na kateri rastlini. Tako lahko izsledimo vsak vzorec cvetnega prahu ali karkoli je čebela prinesla v panj, ga analiziramo in lahko določimo od kod je prinesla vzorec v panj. Predstavljena je samo ena slika, a na tak način bi lahko naredili slike ločeno za čebele brez in s cvetnim prahom, ločeno po posameznih dnevih in posebej za dopoldanski in popoldanski del dneva, odvisno katera nam bi bolj natančno prikazala iskane podatke.

4.2.3 Rezultati analize s χ^2 testom

Z uporabo χ^2 testa, smo primerjali pogostost dogodkov kot je število čebel plesalk po posameznih dnevih s številom čebel plesalk na določeni parceli. V poskusu smo imeli štiri opazovalne dneve in štiri parcele, tako smo primerjali število čebel plesalk na posamezni dan in na določeni parceli. To analizo smo naredili ločeno za čebele, ki so imele obnožino in za tiste brez nje. S χ^2 testom smo primerjali število čebel plesalk v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva s številom čebel plesalk na določenih parcelah. Primerjali smo še število čebel plesalk z obnožino in tistimi brez nje, s

številom čebel plesalk v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva in preverili tudi razlike v številu čebel plesalk na posameznih parcelah v mesecu juliju in avgustu.

Preglednica 3: Število čebel plesalk brez cvetnega prahu na posameznih parcelah in v določenih dnevih poskusa

	P1	P2	P3	P4
27.7.2010	5	0	2	3
28.7.2010	5	0	27	13
10.8.2010	0	18	9	1
11.8.2010	4	18	13	2
χ^2	64,58			
KORELACIJA	0,59			
P-VREDNOST	$\leq 0,05$			

P1=parcela 1, P2=parcela 2, P3=parcela 3, P4=parcela 4

Na podlagi χ^2 testa (Preglednica 3) lahko sklepamo, da razlike v številu čebel plesalk brez cvetnega prahu na posamezni parceli med opazovalnimi dnevi so. Dobili smo visok korelacijski koeficient, kar nam pove, da sta spremenljivki povezani, to pomeni, da so v določenih opazovalnih dnevih čebele obiskovale določene parcele. Razlike so statistično značilne saj je p-vrednost manjša ali enaka od 0,05.

Preglednica 4: Število čebel plesalk s cvetnim prahom na posameznih parcelah in v določenih dnevih poskusa

	P1	P2	P3	P4
27.7.2010	6	0	6	6
28.7.2010	21	0	73	36
10.8.2010	1	29	49	2
11.8.2010	0	87	41	6
χ^2	188,48			
KORELACIJA	0,58			
P-VREDNOST	$\leq 0,05$			

P1=parcela 1, P2=parcela 2, P3=parcela 3, P4=parcela 4

Razlike med čebelami plesalkami s cvetnim prahom (Preglednica 4) med posameznimi parcelami in opazovalnimi dnevi so, korelacijski koeficient je visok kar kaže na povezavo med spremenljivkama. Razlike so statistično značilne.

Preglednica 5: Število čebel plesalk brez cvetnega prahu na posamezni parceli in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva

	P1	P2	P3	P4
Dopoldne	9	14	39	12
Popoldne	8	22	12	7
χ^2	12,90			
KORELACIJA	0,31			
P-VREDNOST	$\leq 0,05$			

P1=parcela 1, P2=parcela 2, P3=parcela 3, P4=parcela 4

Razlike so statistično značilne. Pri čebelah plesalkah brez cvetnega prahu (Preglednica 5) so razlike v opaženem številu med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva po posameznih parcelah. Spremenljivki sta povezani, opažena je razlika v večjem številu čebel plesalk v dopoldanskem času, ker v dopoldanskem času rastline bolj medijo.

Preglednica 6: Število čebel plesalk s cvetnim prahom na posamezni parceli in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva

	P1	P2	P3	P4
Dopoldne	14	51	117	36
Popoldne	14	65	52	14
χ^2	22,60			
KORELACIJA	0,24			
P-VREDNOST	$\leq 0,05$			

P1=parcela 1, P2=parcela 2, P3=parcela 3, P4=parcela 4

Enako kot za čebele plesalke brez cvetnega prahu velja tudi za čebele plesalke s cvetnim prahom (Preglednica 6). Tudi v tem primeru so razlike statistično značilne.

Preglednica 7: Število čebel plesalk s cvetnim prahom in brez njega in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva

	Dopoldne	Popoldne
1	218	145
0	74	49
χ^2	0,00044	
KORELACIJA	0,00095	
P-VREDNOST	0,983	

1=čebele s cvetnim prahom, 0=čebele brez cvetnega prahu

Delitev na nabiralke cvetnega prahu in nabiralke medicinske ni vplivala na število plesalk med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva (Preglednica 7). Korelacije ni, kar

dokazuje nepovezanost med spremenljivkama. Razlike niso statistično značilne. Večje medenje rastlin povzroča, da so čebele v dopoldanskem delu dneva aktivnejše in v tem času naberejo tudi več cvetnega prahu.

Preglednica 8: Število čebel plesalk s cvetnim prahom in brez njega na posameznih parcelah in v mesecu juliju in avgustu

	P1	P2	P3	P4
julij	40	0	108	58
avgust	5	152	112	11
χ^2	204,79			
KORELACIJA	0,54			
P-VREDNOST	$\leq 0,05$			

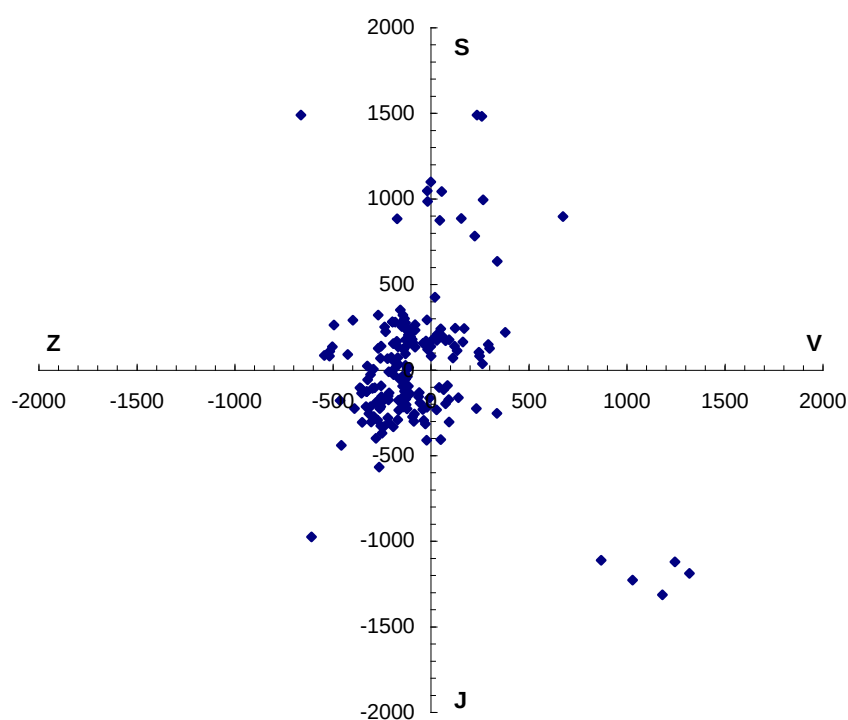
P1=parcela 1, P2=parcela 2, P3=parcela 3, P4=parcela 4

Dokazali smo razlike v številu čebel plesalk med opazovanima mesecema julijem in avgustom na posameznih parcelah (Preglednica 8). Razlike v medenju med mesecema so statistično značilne. V mesecu avgustu so bile čebele plesalke bolj aktivne, kar je povzročalo obilnejše cvetenje in medenje rastlin, ki je bilo v juliju slabše zaradi suše, košnje travnikov, zaradi rastlinja, ki tam raste in drugih dejavnikov.

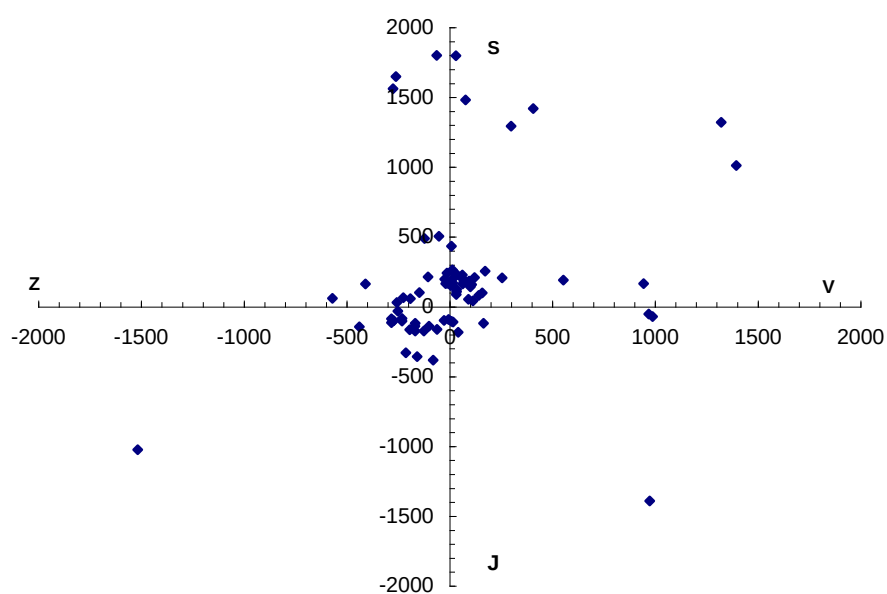
4.3 REZULTATI POSKUSA V POSKUSNEM ČEBELNJAKU V DOLGI POLJANI

4.3.1 Določitev lokacije paše s pomočjo čebeljega plesa

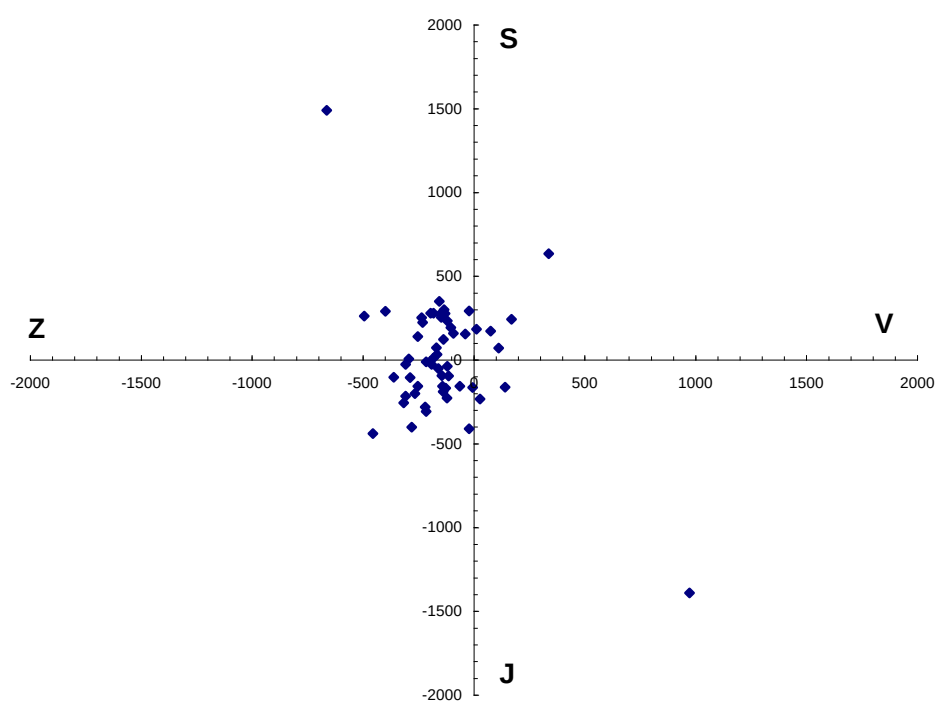
Opazovanja v Dolgi Poljani so potekala v štirih dneh (4.8.2010, 7.8.2010, 9.8.2010 in 17.8.2010). Skupno število čebel, ki smo jih uspeli posneti in analizirati je bilo 263. Razpon v trajanju pozibavanja je bil od najkrajšega, ki je trajal 0,10 s, to pomeni preračunano v razdaljo 39 metrov in najdaljšega, ki je trajal 4.78 s kar pomeni 1869 metrov oddaljene paše od panjev. Med opazovanimi čebelami je bilo nekaj takih, ki so nejasno potresoale in zibale, take smo iz analize izključili. Pri merjenju trajanja posameznega zibanja pride tudi do napak zaradi človeškega dejavnika, a to v naravi pomeni odstopanja nekje do 50 metrov, kar pa ne predstavlja pomembnejše razlike.



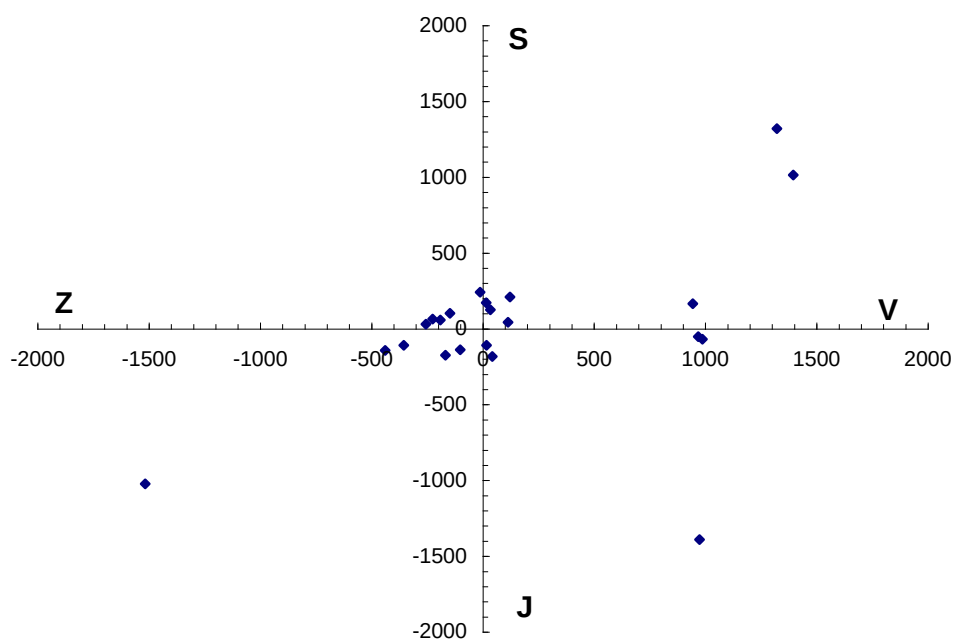
Slika 17a: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 180



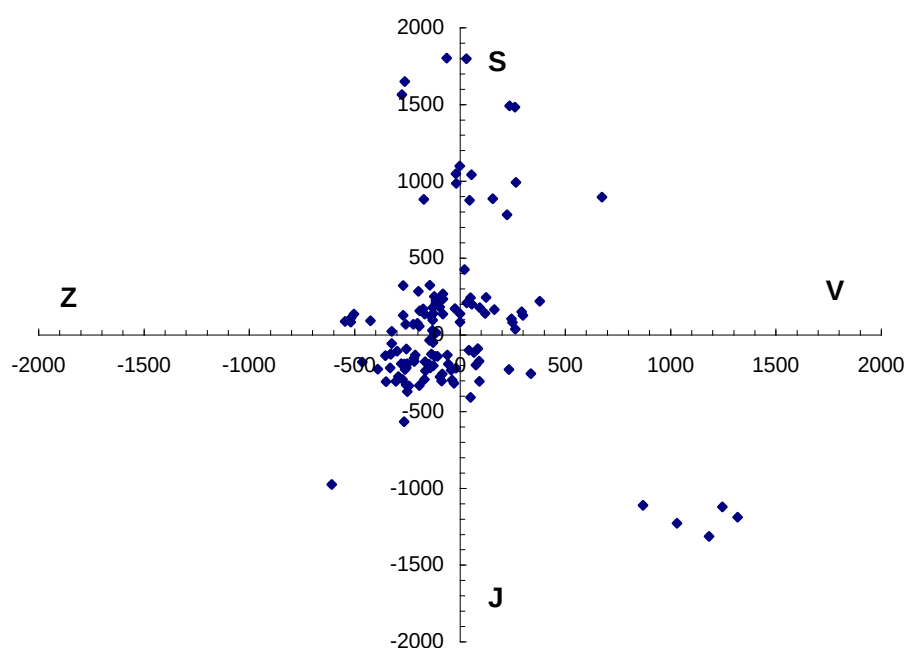
Slika 17b: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 83



Slika 17c: Smer in oddaljenost paše za čebele brez cvetnega prahu med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h.
Skupno število čebel je 56

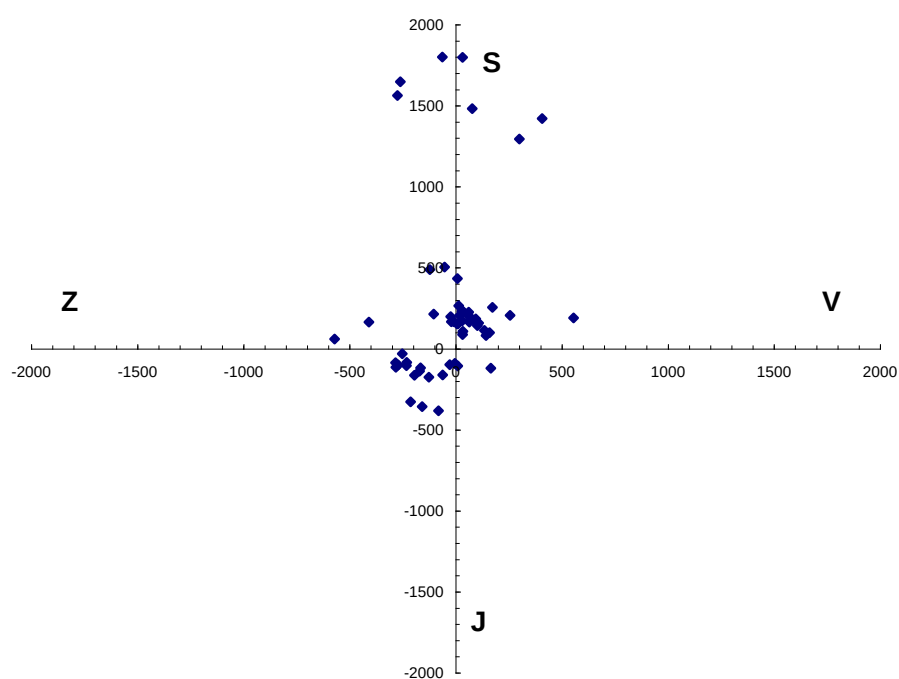


Slika 17č: Smer in oddaljenost paše za čebele brez cvetnega prahu med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h.
Skupno število čebel je 22



Slika 17d: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h.

Skupno število čebel je 124



Slika 17e: Smer in oddaljenost paše za čebele s cvetnim prahom med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h.

Skupno število čebel je 61

Na slikah so prikazane razdalje in smeri od koder so čebele prinašale pašo (Slike 17). Uporabili smo enak način prikaza v koordinatnem sistemu, iz katere smeri so čebele prihajale v panj in s kakšne razdalje, kot v prikazu za poskus na Biotehniški fakulteti. Tudi v tem poskusu smo slike razdelili na skupine, kjer so prikazane vse čebele skupaj, tiste s cvetnim prahom in tiste brez njega na slikah 17 a in b, ločeno so prikazane čebele brez cvetnega prahu na slikah 17 c in č, ter na zadnje še čebele s cvetnim prahom na slikah 17 d in e. Za vsako od teh kategorij sta prikazani dve sliki, na prvi so čebele v dopoldanskem času med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ uro, na drugi pa čebele v popoldanskem času med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ uro.

Na sliki 17 a, že opazimo kako so čebele razdeljene v štiri skupine. To so območja, kjer se je nahajal dober vir paše in so čebele nabirale in na ta način oblikovale lokacije. Na tej sliki še ne vidimo ali so nabirale cvetni prah ali kaj drugega, saj so prikazane vse čebele skupaj. Največ čebel se je v dopoldanskem času zadrževalo v bližini panja na oddaljenosti do približno 500 metrov, sledila je lokacija paše na oddaljenosti približno 1500 metrov v jugo-vzhodni smeri in ena na severni strani v oddaljenosti od približno 500 do 1500 metrov. Če primerjamo dogajanje v dopoldanskem času z dogajanjem v popoldanskem času opazimo, da je v popoldanskem času bilo na paši več čebel plesalk in njihova oddaljenost od panja se je večala.

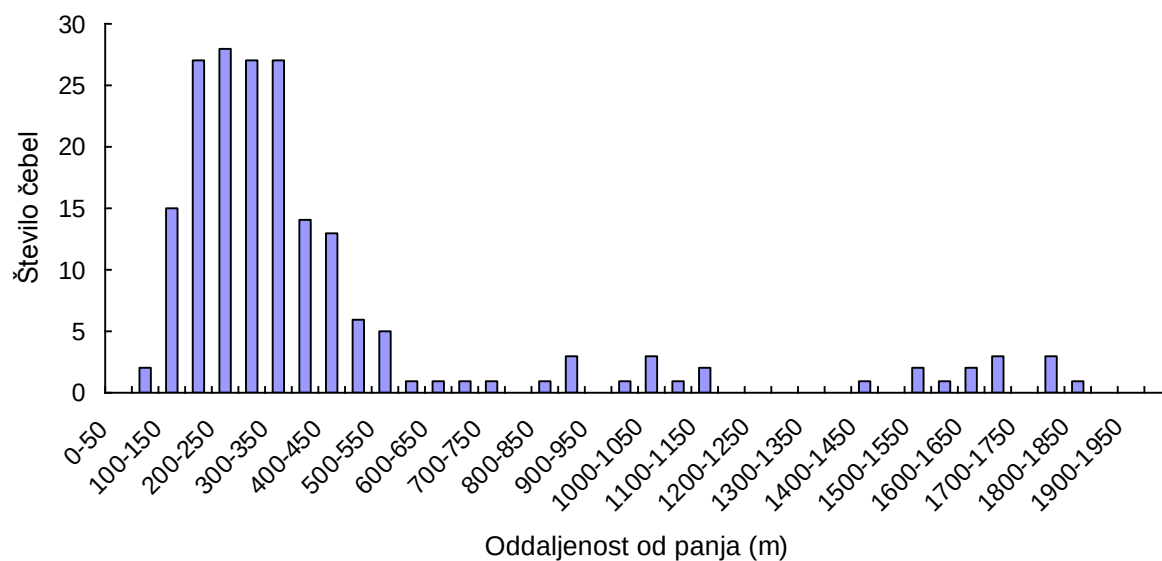
Na paši je število čebel brez cvetnega prahu manjše od števila čebel s cvetnim prahom, to je razvidno pri primerjavi slik 17 c in č ter 17 d in e. Če se najprej osredotočimo na sliki c in č opazimo, da se je večina čebel nahajala v dopoldanskem času enakomerno razporejenih na oddaljenosti od panja približno 500 metrov, prve iskalke so prihajale že z bolj oddaljenih lokacij kot vidimo na severni strani z oddaljenosti približno 700 metrov in z jugovzhodne strani z oddaljenosti 1500 metrov. V popoldanskem času se je število čebel na paši zmanjšalo, so pa letele bolj razkropljeno, dlje od panja in v več smeri, tudi vzhodno od panja. Kot kaže, so popoldne bolj iskale nove vire paše na večji oddaljenosti in v več smereh.

Na slikah 17 d in e so čebele, ki so imele obnožino. Takih čebel je bilo precej več kot tistih brez cvetnega prahu. V dopoldanskem času so čebele v večini prinašale cvetni prah iz bližnje okolice panja ter jugovzhodne in s severne strani. V popoldanskem času

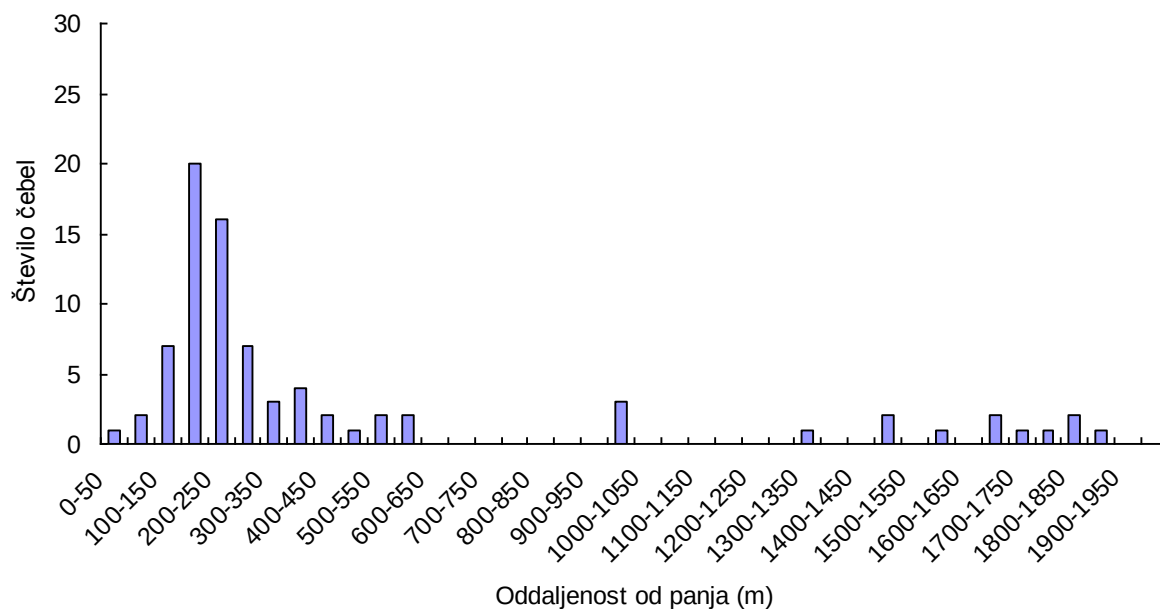
se je število plesalk zmanjšalo, tiste ki so pa vztrajale pri iskanju, so letale dlje od panja na sever, na jugovzhodni strani pa so iskanje opustile.

4.3.1.1 Prikaz števila čebel po oddaljenosti od panja

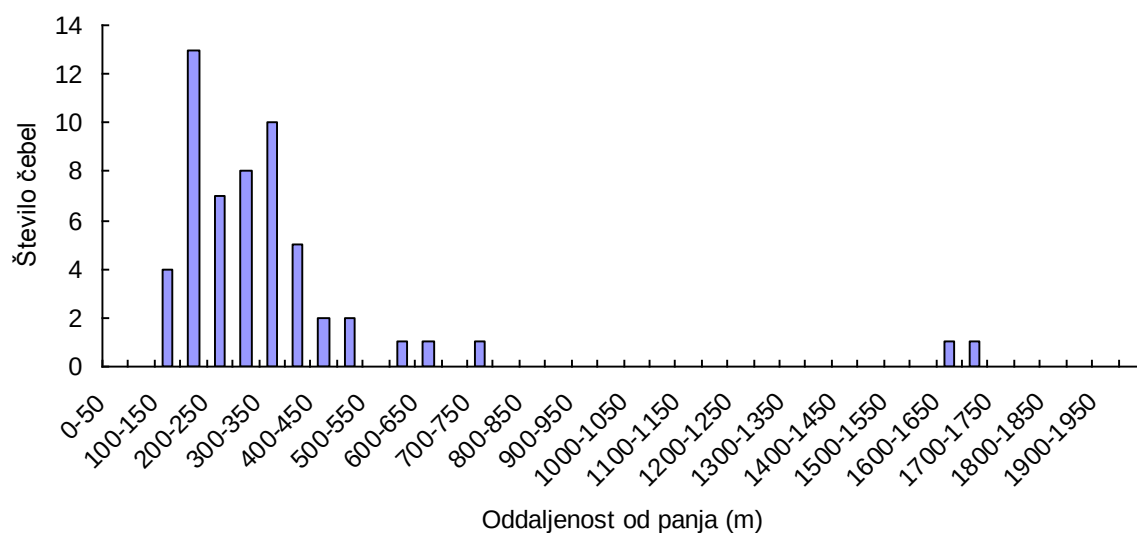
Slike prikazujejo število čebel v različni oddaljenosti od panja po posameznih razredih, po petdeset metrov. Število čebel je ločeno prikazano za čebele s cvetnim prahom in brez njega, ločeno za dopoldanski in popoldanski čas, podobno kot na prejšnjih slikah (Slike 17), za čebele brez cvetnega prahu in za čebele s cvetnim prahom, ločeno za dopoldanski in popoldanski čas.



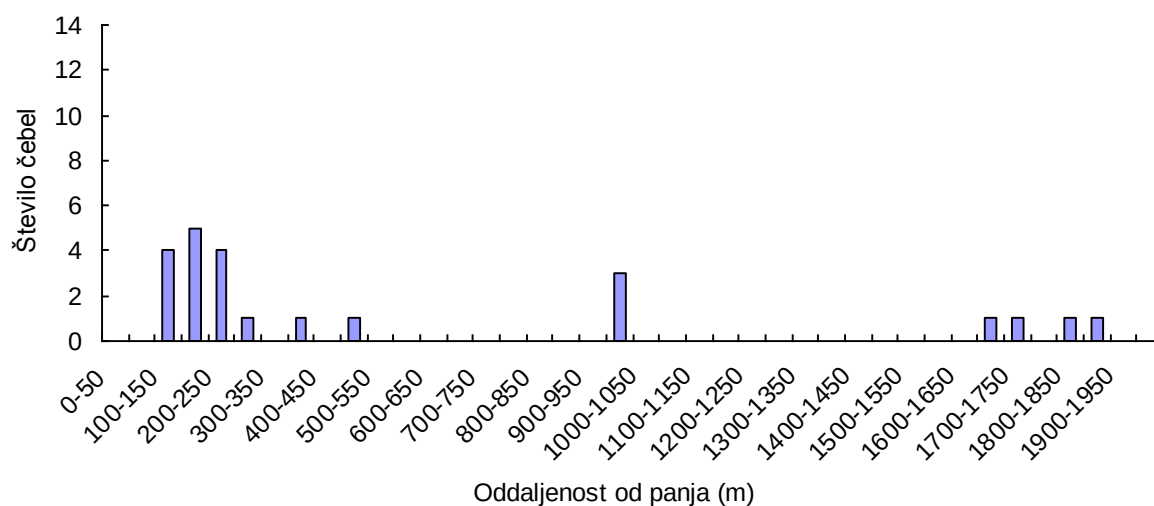
Slika 18a: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 180



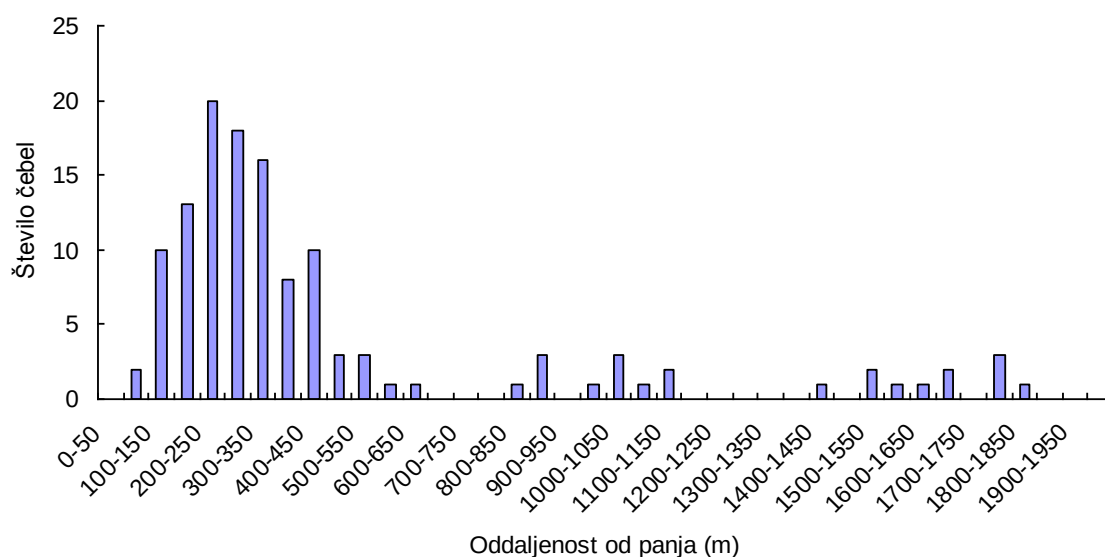
Slika 18b: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 83



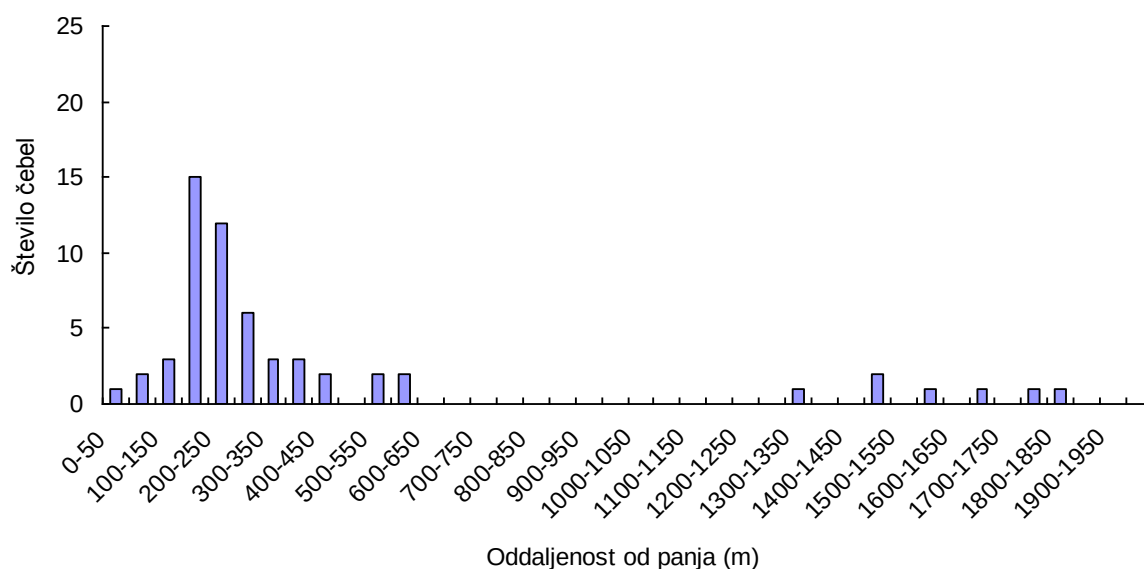
Slika 18c: Število čebel po posameznih razredih za čebele brez cvetnega prahu med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 56



Slika 18č: Število čebel po posameznih razredih za čebele brez cvetnega prahu med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 22



Slika 18d: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰h. Skupno število čebel je 124



Slika 18e: Število čebel po posameznih razredih za čebele s cvetnim prahom med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰h. Skupno število čebel je 61

Oddaljenosti od panja smo razdelili v razrede po petdeset metrov od panja, enako kot v poskusu na Biotehniški fakulteti (Slike 18). Začeli smo pri panju, kjer je bilo izhodišče

nič do razdalje do katere so čebele še letale. Ponovno smo razdelili poskus na skupine, kjer so prikazane vse čebele skupaj, tiste s cvetnim prahom in tiste brez njega na slikah 18 a in b, ločeno so prikazane čebele brez cvetnega prahu na slikah 18 c in č, ter nazadnje še čebele s cvetnim prahom na slikah 18 d in e. Za vsako od teh kategorij sta prikazani dve sliki, na prvi so čebele v dopoldanskem času med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ uro, na drugi pa čebele v popoldanskem času med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ uro. Pri vsakem poskusu je razvidno, da se je v popoldanskem času vračalo manj čebel plesalk, ki so iskale nove vire paše. V popoldanskem času so bile opažene čebele s cvetnim prahom, ki so zaplesale čebelji ples za izmerjeno razdaljo, manjšo od stotih metrov, kar nakazuje možnost, da so čebele križanke z Italijansko čebelo (*A. m. ligustica*).

Na sliki 18a je razvidno, da se je večina plesalk vračala v panj iz oddaljenosti 100 do 600 metrov, tudi do približno 25 čebel iz posameznega razreda oddaljenosti. Druga skupina se je vračala z oddaljenosti od 850 do 1150 metrov in tretja skupina iz oddaljenosti 1450 do 1850 metrov. Iz teh dveh skupin se je vračalo manjše število plesalk, po posameznem razredu le do približno pet plesalk. V popoldanskem času, ki nam ga prikazuje slika 18b, se je število čebel plesalk zmanjšalo. Iz oddaljenosti od 150 do 500 metrov se je po posameznem razredu vračalo le še največ 20 plesalk, čebele plesalke z bolj oddaljenih lokacij so se še bolj oddaljile a se je njihovo število zmanjšalo.

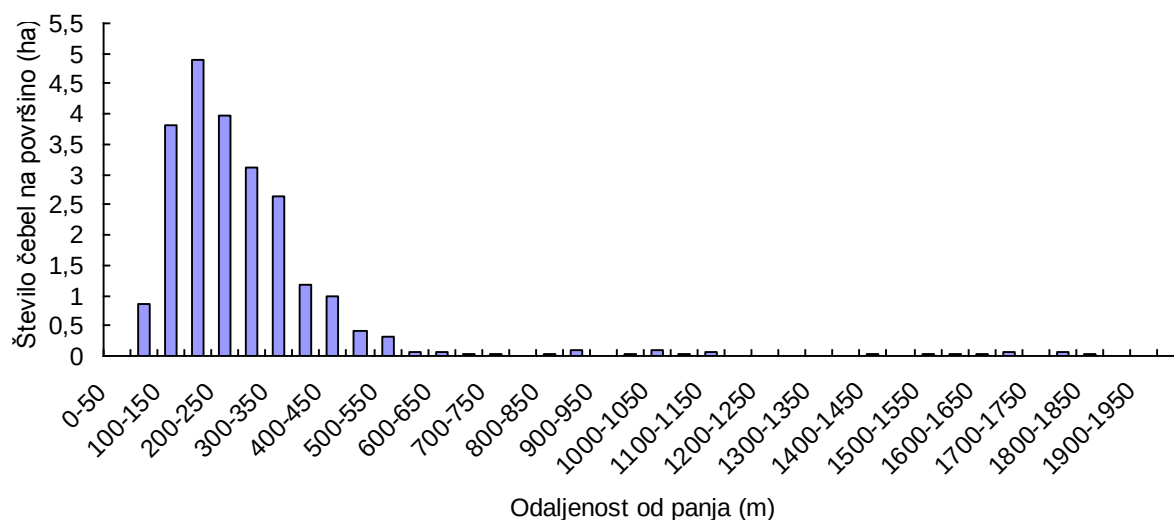
Čebel plesalk brez obnožine je bilo manj kot tistih z njo. Večinoma so prihajale z lokacij oddaljenih od 150 do 500 metrov od panja največ do 13 čebel iz posameznega razreda oddaljenosti. Nekaj plesalk se je vračalo s pašnika, oddaljenega približno 1 kilometer in nekaj z lokacije, oddaljene 1650 do 1750 metrov, a tu je šlo le za posamezne primere. V popoldanskem času se je število iskalk še zmanjšalo, predvsem tistih v okolici panja, le na pašnik, oddaljen približno kilometer, se je vrnilo nekaj več čebel. Nekaj iskalk se je oddaljilo in iskalo na bolj oddaljenih lokacijah.

Tudi število plesalk z obnožino se je razlikovalo med dopoldanskim in popoldanskim časom. Dopoldne so se v večini vračale s paše oddaljene od 100 do 450 metrov, do največ 20 čebel na posamezen razred oddaljenosti, z bolj oddaljenih lokacij pa so se vračale po približno tri čebele iz posameznega razreda, z oddaljenosti od 850 do 1150

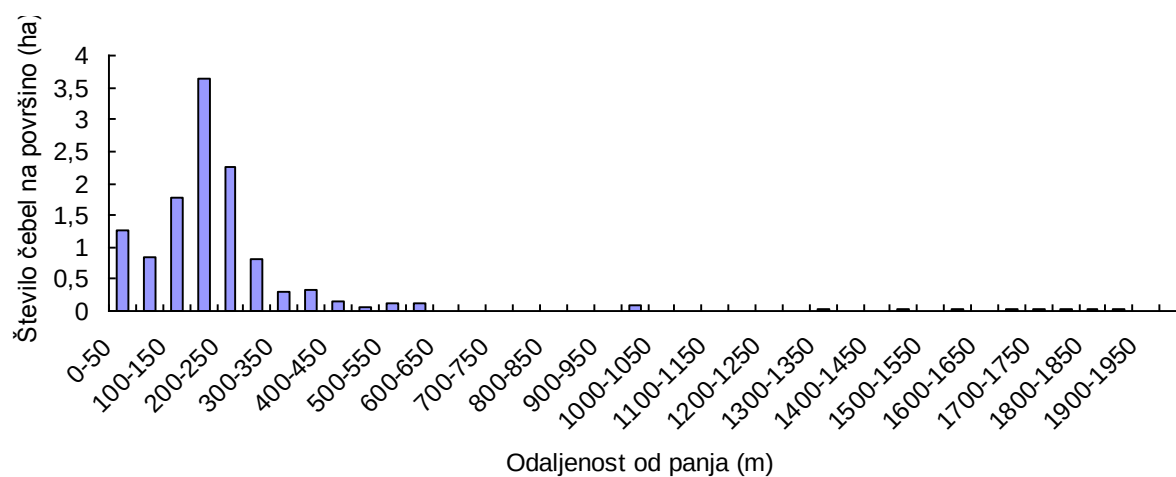
metrov in oddaljenosti 1450 do 1850 metrov. Popoldne se je število čebel plesalk na pašnikih zmanjšalo, večina se jih je vračala še vedno iz bližnjih pašnikov in še ena skupina z oddaljenosti od 1350 do 1850 metrov.

4.3.1.2 Prikaz števila čebel na površino po razredih oddaljenosti od panja

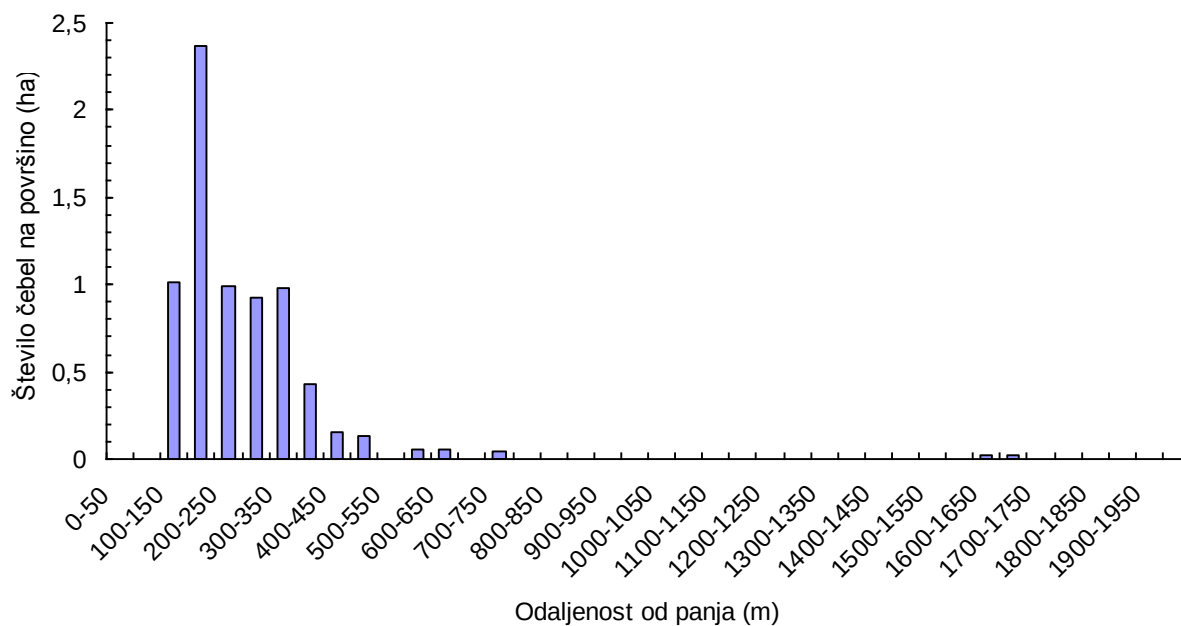
Podobno kot za poskus izveden na Biotehniški fakulteti, smo za vsak razred oddaljenosti, ki se od predhodnega razlikuje za petdeset metrov, izračunali površino, ki jo predstavlja v naravi in izračunali število čebel na površino v hektarjih. Ponovno smo podatke ločeno prikazali za čebele s cvetnim prahom in brez njega, ločeno za dopoldanski in popoldanski čas, podobno kot na prejšnjih slikah (Slike 17 in Slike 18), za čebele brez cvetnega prahu in za čebele s cvetnim prahom ločeno za dopoldanski in popoldanski čas. Ta način prikaza nam daje jasno sliko na katerih oddaljenosti od panja je bilo število čebel, ki so se vračale v panj in plesale zibajoči ples, največje in kako se je njihovo število spreminjalo tekom dneva ter kako je vplivalo na število vrnjenih čebel, če so imele obnožino ali so bile brez nje.



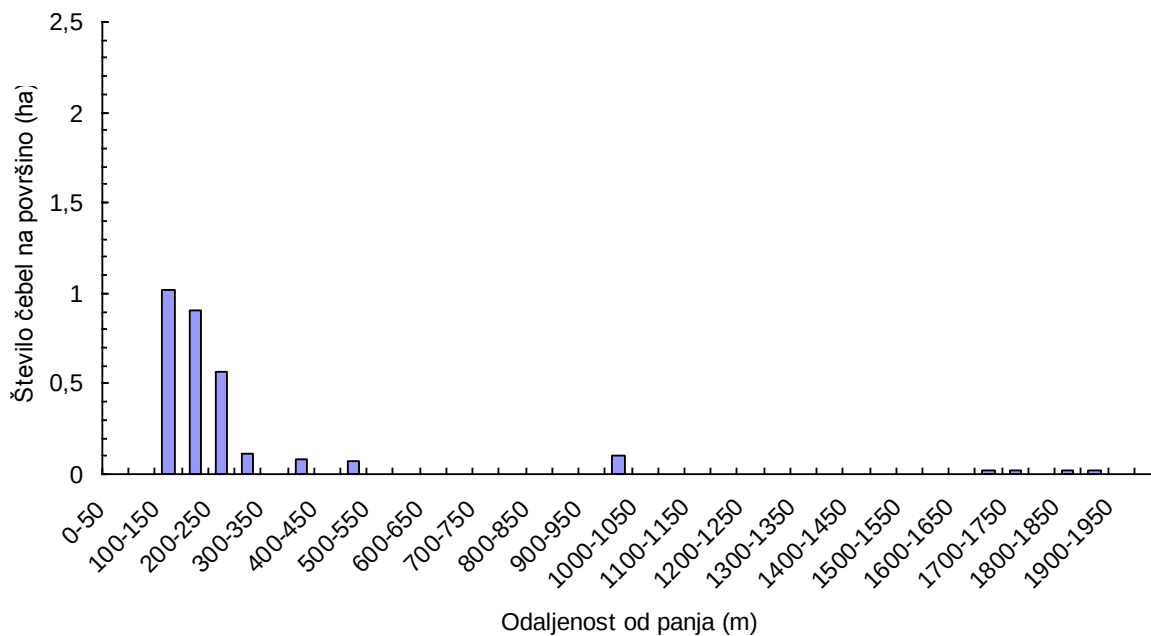
Slika 19a: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 180



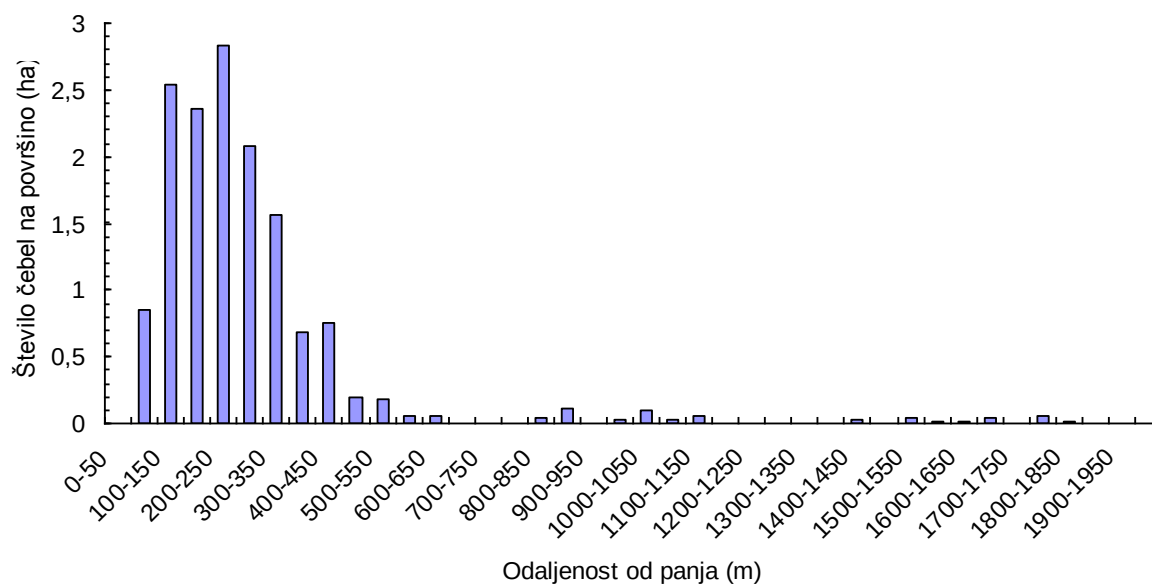
Slika 19b: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom in brez njega med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 83



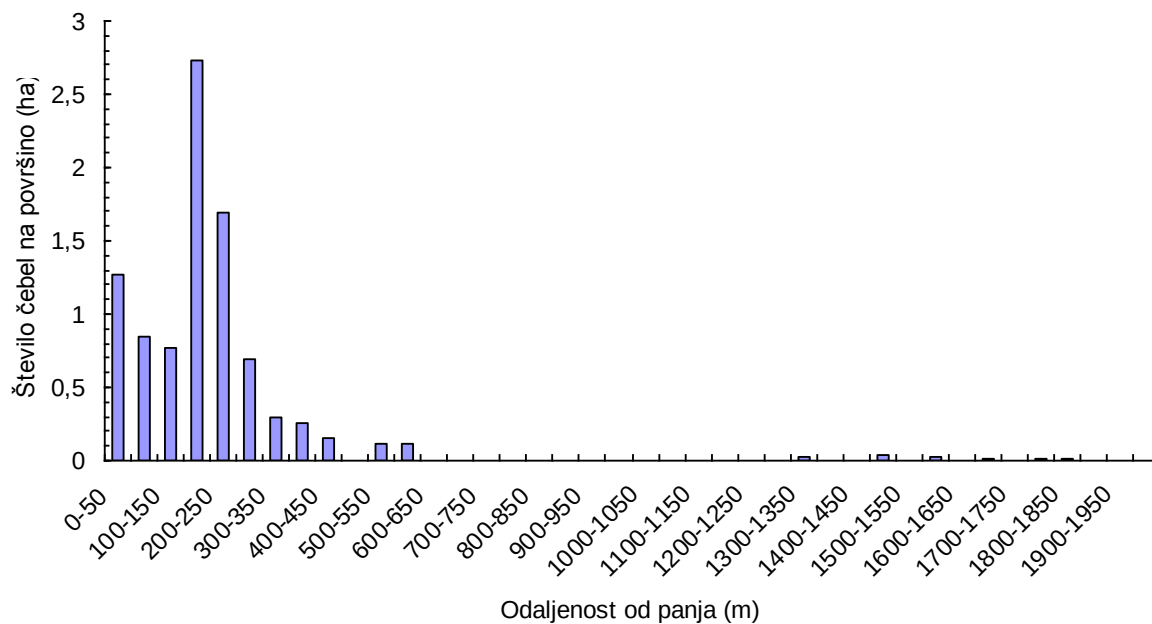
Slika 19c: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele brez cvetnega prahu med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 56



Slika 19č: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele brez cvetnega prahu med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 22



Slika 19d: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom med 10.⁰⁰ in 13.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 124



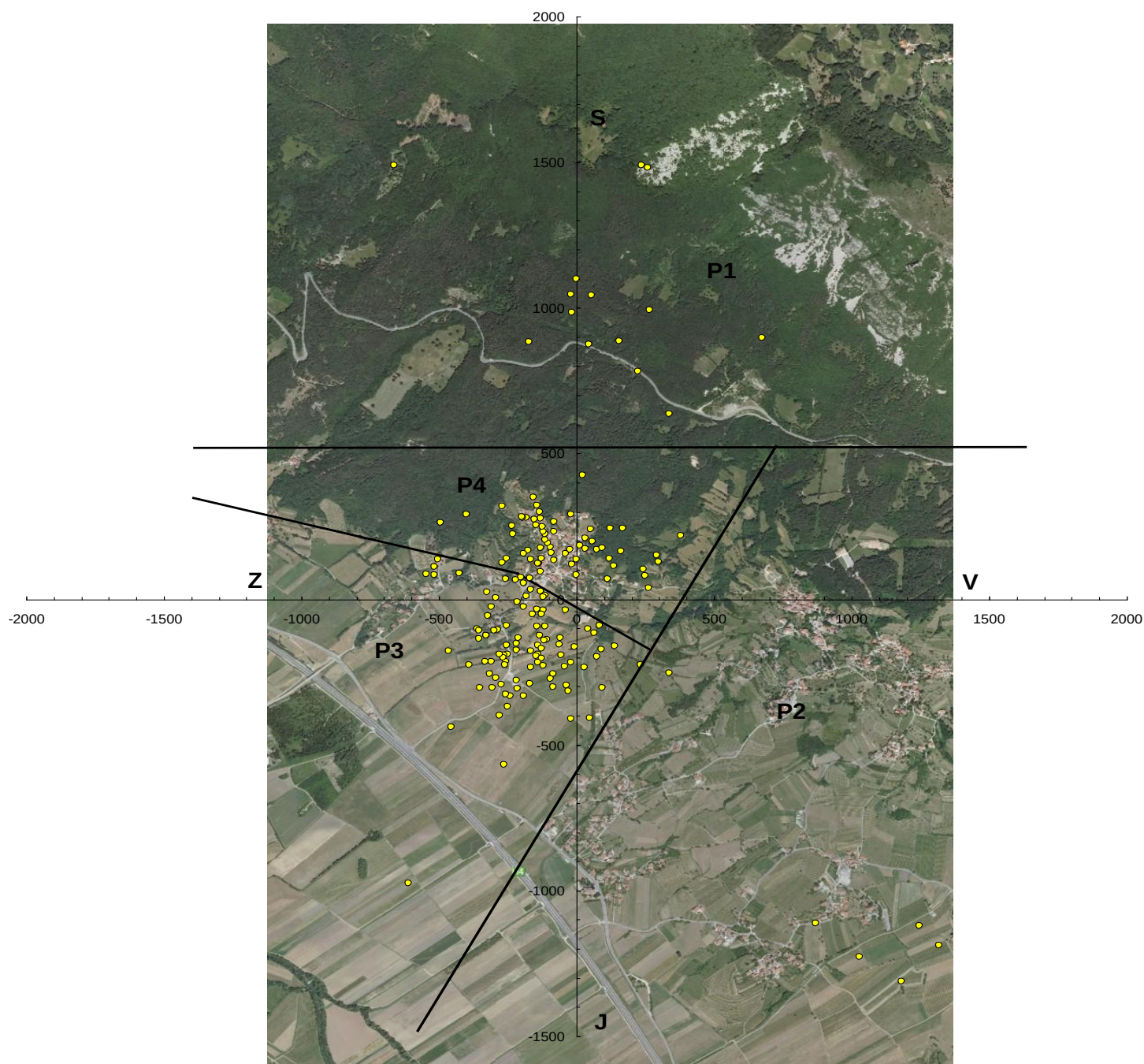
Slika 19e: Število čebel na površino po razredih oddaljenosti za čebele s cvetnim prahom med 13.⁰⁰ in 16.⁰⁰ h. Skupno število čebel je 61

Število čebel plesalk na površino, ki so se vračale s paše, se je tekom dneva zmanjševalo, ne glede na to ali so imele cvetni prah ali so bile brez (Slke 19). V dopoldanskem času je bilo več čebel plesalk kot v popoldanskem času, največ se jih je vračalo iz okolice panja z območja med 200 in 250 metrov okrog panja, to pomeni do 5 čebel na hektar. V popoldanskem času se je zmanjšalo to število na približno manj kot štiri čebele na hektar z istega območja oddaljenosti. Na bolj oddaljeni paši je bilo število čebel na hektar zelo majhno, kar pomeni približno ena čebela plesalka na 5 hektarjev, to velja za vse čebele prikazane na slikah 19 a in b.

Čebel, ki so se vračale v panj brez cvetnega prahu, je bilo manj kot tistih z obnožino in tako je tudi njihovo število na hektar manjše, kar vidimo na slikah 19 c in č. Vidimo tudi, da so se v popoldanskem času čebele bolj omejile na bližnje lokacije, oddaljene od 150 do 350 metrov od panja. Njihovo število je bilo največje v dopoldanskem času z območja, oddaljenega od panja 150 do 200 metrov dobri dve čebeli na hektar in se je zmanjšalo v popoldanskem času na približno 1 čebelo plesalko na hektar.

Pri čebelah plesalkah s cvetnim prahom vidimo očitno zmanjšanje števila čebel na hektar med dopoldanskim in popoldanskim časom. Dopoldne so iskale na precej večji površini, večina na območju oddaljenem od 100 do 700 metrov, tu je znašalo število čebel na hektar od 2 do 4 čebele na hektar. Popoldne se je območje iskanja paše zmanjšalo in zožilo proti panju na 50 do 500 metrov od panja. Število čebel na hektar je na območju, oddaljenem od panja približno 200 do 350 metrov ostalo približno enako. Na bolj oddaljenih lokacijah se je število na hektar v popoldanskem času manjšalo, tam je bila opažena le po ena čebela na 10 hektarjev.

4.3.2 Zračni posnetek s prikazom lokacije posameznih čebel



Slika 20: Zračni posnetek poskusa, s prikazom lokacije posameznih čebel pridobljenih na osnovi plesnih sporočil (Najdi.si zemljevidi, 2012)

Tudi za poskus v Dolgi Poljani smo sestavili sliko s pomočjo satelitskih posnetkov in podatkov o čebelah plesalkah (Slika 20). Prikazana je lokacija plesalk na pašniku v dopoldanskem času, saj je bilo njihovo število takrat največje. Prikazana je lokacija vseh čebel za vse štiri opazovalne dni skupaj. Področje, od koder so se čebele plesalke vračale v panj, smo razdelili na štiri parcele, glede na to od koder so se oblikovane skupine vračale. Z oznako P1 je označena skupina čebel plesalk, ki so se vračale s severnega področja od panja s pobočja Kovka, ki se vzpenja do nadmorske višine 860 metrov in je v večjem delu poraščeno z drevjem in grmovjem. Skupina z oznako P2 se je nahajala na jugovzhodnem delu od panja in je bila od njega precej oddaljena, čebele so iskale na področju okrog vasi Duplje, kjer je območje vinogradov, in sadovnjakov. S P3 je označena skupina na jugozahodnem delu od panja pod vasjo Dolga Poljana, to je območje njiv in travnikov. Skupina P4 pa se je nahajala na severnem delu, na obrobju vasi Dolga Poljana, na obrobju gozda.

4.3.3 Rezultati analize s χ^2 testom

Tudi pri poskusu na domu smo primerjali spremenljivke med seboj s pomočjo χ^2 testa. Zaradi premajhne pogostosti v posameznih primerjavah, smo po potrebi izpustili parceli P1 in P2.

Preglednica 9: Število čebel plesalk brez cvetnega prahu na posameznih parcelah in v določenih dnevih poskusa

	P3	P4
4.8.2010	10	6
7.8.2010	15	11
9.8.2010	9	10
17.8.2010	7	2
χ^2	2,46	
KORELACIJA	0,184	
P-VREDNOST	0,482	

P3=parcela 3, P4=parcela 4

Razlike med parcelami v opazovanih dnevih (Preglednica 9) niso statistično značilne. Med dnevi in posameznimi parcelami ni razlik v številu čebel plesalk brez cvetnega prahu. Pri vzorčenju je bilo opaženo majhno število čebel plesalk brez cvetnega prahu.

Zaradi majhnega števila podatkov na parcelah P1 in P2 smo ti dve parceli izključili iz analize.

Preglednica 10: Število čebel plesalk s cvetnim prahom na posameznih parcelah in v določenih dnevih poskusa

	P3	P4
4.8.2010	22	6
7.8.2010	22	37
9.8.2010	21	9
17.8.2010	25	14
χ^2	17,58	
KORELACIJA	0,318	
P-VREDNOST	$\leq 0,05$	

P1=parcela 1, P2=parcela 2, P3=parcela 3, P4=parcela 4

Razlike med številom čebel plesalk s cvetnim prahom (Preglednica 1010) med posameznimi parcelami in opazovanimi dnevi so, korelacijski koeficient kaže na povezavo med spremenljivkama. Razlike so statistično značilne. Paša se je na posameznih parcelah med dnevi spreminjala, in tako smo dobili različna števila opaženih čebel plesalk s cvetnim prahom na posameznih parcelah. Prav tako smo tudi pri tej analizi zaradi majhnega števila podatkov na parcelah P1 in P2 ti dve parceli izključili iz analize.

Preglednica 11: Število čebel plesalk brez cvetnega prahu na posamezni parceli in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva

	P1	P2	P3	P4
Dopoldne	2	0	31	23
Popoldne	2	4	10	6
χ^2	12,22			
KORELACIJA	0,37			
P-VREDNOST	$\leq 0,05$			

P1=parcela 1, P2=parcela 2, P3=parcela 3, P4=parcela 4

Razlike v številu čebel plesalk brez cvetnega prahu (Preglednica1) med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva po posameznih parcelah so statistično značilne. Tudi pri tem poskusu smo dokazali, da je medenje rastlin v dopoldanskem času intenzivnejše in posledica tega je, da se čebele bolj intenzivno pasejo in je tudi dogajanje v panju med prenosom sporočil med čebelami bolj burno.

Preglednica 12: Število čebel plesalk s cvetnim prahom na posamezni parceli in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva

	P1	P2	P3	P4
Dopoldne	12	5	70	37
Popoldne	11	1	20	29
χ^2	11,32			
KORELACIJA	0,24			
P-VREDNOST	$\leq 0,05$			

P1=parcela 1, P2=parcela 2, P3=parcela 3, P4=parcela 4

Enako kot za čebele plesalke brez cvetnega prahu, velja tudi za čebele plesalke s cvetnim prahom (Preglednica2). Tudi v tem primeru so razlike, kar nam dokazujejo rezultati testa.

Preglednica 13: Število čebel plesalk s cvetnim prahom in brez njega in v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva

	Dopoldne	Popoldne
1	124	61
0	56	22
χ^2	0,58	
KORELACIJA	0,047	
P-VREDNOST	0,447	

1=čebele s cvetnim prahom, 0=čebele brez cvetnega prahu

Ugotovili smo (Preglednica 3), da cvetni prah ni vplival na število plesalk med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva. Korelacije ni, kar dokazuje nepovezanost med spremenljivkama.

Primerjave med dvema opazovanima mesecema, julijem in avgustom, na posameznih parcelah za čebele plesalke, kot smo to naredili za poskus na Biotehniški fakulteti, ni bila mogoča, saj so bile pri poskusu vse meritve opravljene v mesecu avgustu.

5 SKLEPI

Na podlagi analize podatkov zbranih pri opazovanju čebel plesalk, prepoznavanju plesnega sporočila in vzorčenja plesalk, smo ugotovili sledeče:

- Z opazovanjem čebeljega plesa dobimo sporočilo o lokaciji čebelje paše, njeni smeri in oddaljenosti. S pomočjo zbiranja vzorcev čebeljih pridelkov v panju in zunaj njega dobimo možnost sklepati o onesnaženosti pašnih virov z znanih področij.
- Intenzivnost plesnega sporočanja čebel, ki so se vračale z določenih parcel, je med opazovanimi dnevi različna. Spreminja se s stopnjo razvoja rastlin na posameznih parcelah.
- Opažena je bila razlika v številu čebel plesalk med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva. Opazovanje plesočih čebel v dopoldanskem delu dnevu je bolj smiselno, saj so čebele takrat aktivnejše in tako hitreje pridobimo večje število podatkov.
- Cvetni prah ne vpliva na intenzivnost sporočanja čebel plesalk tekom dneva, tako lahko zbiramo vse vzorce v čebeljem panju v dopoldanskem času, ko je pašna aktivnost čebel največja.

6 POVZETEK

Na večjih površinah se ne soočamo s težavo določevanja lokacije od koder so čebele prinašale krmo v panj. Pri nas v Sloveniji pa bi se pri uporabi čebel kot bioindikatorjev srečali s problemom določitve natančne lokacije od koder je čebela prinesla vir onesnaženja v panj, predvsem zaradi majhnosti in razdrobljenosti parcel.

Na podlagi analize podatkov zbranih pri opazovanju čebel plesalk, prepoznavanju plesnega sporočila in vzorčenja plesalk, smo preučevali razlike:

1. med določenimi dnevi na določenih parcelah, ločeno za čebele s cvetnim prahom in brez cvetnega prahu,
2. med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva na določenih parcelah ločeno za čebele s cvetnim prahom in brez cvetnega prahu in
3. vpliv cvetnega prahu na razlike v intenzivnosti sporočanja med čebelami plesalkami v dopoldanskem in popoldanskem delu dneva.

Pri poskusu, ki smo ga izvajali na Biotehniški fakulteti, na Oddelku za biologijo, so bile pri opazovanju razlik, v pašni aktivnosti čebel plesalk na določenih parcelah med opazovalnimi dnevi opažene razlike med čebelami plesalkami, in sicer tako tistimi, ki so imele obnožino, kot pri tistih brez nje. Imeli smo štiri različne parcele, na katerih rastejo različne rastline. V obdobju, ki ga je naše opazovanje zajelo se je spreminjal stadij razvoja rastlin in tako so v določenem opazovalnem dnevu bile v cvetju ene vrste rastlin na določeni parceli, na druge dni pa druge. Nekatere rastline so cvetele skozi celo obdobje opazovanja druge pa so v tem obdobju začele s cvetenjem ali pa so že odcvetele. Tako smo dobili razlike med opazovalnimi dnevi na določenih parcelah tako za čebele plesalke s cvetnim prahom kot tiste brez cvetnega prahu.

S poskusom na Biotehniški fakulteti smo analizirali razlike v intenzivnosti plesnega sporočanja med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva, ločeno za čebele s cvetnim prahom in brez cvetnega prahu. Podatke o čebelah plesalkah smo zbirali v dveh triurnih obdobjih med deseto in trinajsto uro ter trinajsto in šestnajsto uro. Čebele so v poletnem času, juliju in avgustu, najbolj intenzivne nekje med deseto uro dopoldne

in štirinajsto uro popoldne, zato smo dan, ko so čebele aktivne razdelili na dva dela. Čebele plesalke so bolj intenzivno sporočale o novih lokacijah pašnih virov v dopoldanskem času, tako tiste s cvetnim prahom kot tiste brez, kar je posledica bolj intenzivnega cvetenja in medenja rastlin v dopoldanskem času.

Pregledali smo tudi, če je imel cvetni prah vpliv na intenzivnost sporočanja s čebeljim plesom med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva. Ugotovitev je bila, da je bila intenzivnost podobna in ni razlik med čebelami s cvetnim prahom in brez njega.

Pri analizi podatkov poskusa izvedenega v Dolgi Poljani, ni bilo razlik pri pašni aktivnosti za čebele plesalke brez cvetnega prahu na določenih parcelah med opazovalnimi dnevi. Z analizo podatkov o čebelah, ki so imele obnožino, pa smo ugotovili razlike med opazovalnimi dnevi na določenih parcelah.

Z dokazovanjem razlik v intenzivnosti plesnega sporočanja med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva, ločeno za čebele s cvetnim prahom in brez cvetnega prahu, smo dobili v opazovalnem panju v Dolgi Poljani podobne rezultate, kot pri poskusu na Biotehniški fakulteti.

Tudi pri pregledu, vpliva cvetnega prahu na intenzivnost sporočanja s čebeljim plesom med dopoldanskim in popoldanskim delom dneva smo prišli do enake ugotovitve kot pri poskusu na Biotehniški fakulteti, da razlik med čebelami z in brez cvetnega prahu ni.

Rezultati pridobljeni pri poskusu na Biotehniški fakulteti in pri poskusu v Dolgi Poljani so si podobni in dokazujejo, da je intenzivnost plesnega sporočanja med dnevi različna in se spreminja s stopnjo razvoja rastlin na posameznih lokacijah. Intenzivnost plesnega sporočanja se tekom dneva spreminja, v poletnem času se veča do približno trinajste ure, ko je sonce najvišje na nebu in je temperatura najvišja in je močno odvisna od bujnosti cvetenja in količine izločene medičine pri rastlinah. Ugotovili smo tudi, da se čebelam plesalkam enako spreminja aktivnost tekom dneva, ne glede na to ali pobirajo cvetni prah ali nektar.

7 VIRI

- Abramson C.I., Božič J. 2004. Multiple search flights of the dancer's followers: Result of information or energy deficiency. *Apiacta*, 38: 358-365
- Arsham H. (2012). Measuring Dependency of Two Variables from Categorized Data. Chi Square Calculator. University of Baltimore.
<http://home.ubalt.edu/ntsbarsh/Business-stat/otherapplets/Catego.htm> (25.3.2012)
- Babnik J., Božič J., Božnar A., Debelak M., Gregorc A., Jenko Rogelj M., Jelenc J., Kresal D., Meglič M., Poklukar J., Rihar J., Senegačnik J., Stark J., Strmole B., Šivic F., Vidmar U., Zdešar P. 1998. *Od čebele do medu*. Ljubljana, Kmečki glas: 417 str.
- Biesmeijer J.C., Seeley T.D. 2005. The use of waggle dance information by honey bees throughout their foraging careers. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 59:133-142
- Božič J. 2010. Sistem za monitoring okolja s čebelami – SiMOČ. Zaključno poročilo o rezultatih opravljenega raziskovalnega dela na projektu v okviru ciljnega raziskovalnega programa (CRP) »Konkurenčnost Slovenije 2006 – 2013«. Ljubljana, Biotehniška fakulteta: 14 str.
- Božič J., 2012. Zanimiva vedenja v panju. Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.
<http://web.bf.uni-lj.si/bozic/zivvrt/zanved.htm> (17.1.2013)
- Božič J., Valentinčič T. 1991. Attendants and followers of honey bee waggle dance. *Journal of Apicultural Research*, 30: 125-131
- Dyer F.C. 1996. Spatial memory and navigation by honeybees on the scale of the foraging range. *The Journal of Experimental Biology*, 199: 147-154
- Dyer F. C. 2002. The Biology of the Dance Language. *Annual Review of Entomology*, 47: 917-949
- von Frisch K. 1956. The »Language« and Orientation of Bees. *Proceeding of the American Philosophical Society*, 5: 515-519
- von Frisch K. 1967. *Tanzsprache und Orientierung der Bienen*, Berlin-Heidelberg, Springer Verlag: 578 str.
- Najdi.si zemljevidi. TSmedia.
<http://zemljevidi.najdi.si> (23.4.2012)
- Perugini M., Di Serafino G., Giacomelli A., Medrzycki P., Gloria Sabatini A., Persano Oddo L., Marinelli E., Amorena M. 2009. Monitoring of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Bees (*Apis mellifera*) and Honey in Urban Areas and Wildlife Reserves. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57: 7440-7444

Porrini C., Sabatini A. G., Girotti S., Fini F., Monaco L., Celli G., Bartolotti L., Ghini S. 2002. The death of honey bees and environmental pollution by pesticides: the honey bees as biological indicators. *Bulletin of Insectology*, 56: 147-152

Tautz J. 2010. Čudežni svet čebel. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 278 str.

Test hi-kvadrat. 2010. E-studij (16.6.2010).

http://e-studij.si/Test_hi-kvadrat (19.1.2012)

Wenner A. M., 1964. Sound communication in honeybees. *Scientific American*, 210: 116-124

ZAHVALA

Najlepše se zahvaljujem mentorju, prof. dr. Janku Božiču, ki me je vzel pod njegovo mentorstvo ter predlagal temo diplomske naloge. Zahvaljujem se za strokovno pomoč pri izdelavi diplomske naloge in čas, ki si ga je vzel zame ter vso njegovo pomoč.

Zahvaljujem se tudi predsedniku komisije prof. dr. Ivanu Štuhec in recenzentu prof. dr. Petru Dovču za pregled in popravke diplomske naloge.

Zahvaljujem se vsem prijateljem in sošolcem za dober prijateljski odnos, sodelovanje in druženje tekom študija. Hvala sošolkama za pomoč pri premagovanju težav s statistiko in problemi povezanimi okrog tega predmeta. Hvala!

Hvala vsem domačim, ker ste mi omogočili študij z vašo finančno in moralno podporo. Hvala sorodnikom, ki ste mi omogočili bivanje v vašem stanovanju tekom študija.

Zahvaljujem se go. Sabini Knehtl za vso pomoč in prijazen sprejem tekom študija in vse do konca študijskih obveznosti. Nikoli ne bom pozabil njenih besed ob sprejemu na fakulteti »od sedaj pa do konca študija bom jaz vaša mama«. Hvala!

Hvala vsem, ki ste mi v času pisanja diplomske naloge na tak ali drugačen način pomagali in stali ob strani. Hvala!