

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA
SESTAVA FAVNE MRAVELJ (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) TRAVNIŠKIH IN GOZDNIH
HABITATOV NA KRAŠKEM ROBU

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

**Sestava favne mravelj (Hymenoptera: Formicidae) travniških in gozdnih
habitatov na Kraškem robu**

(Composition of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in meadow and forest habitats
on Karst Edge)

Ime in priimek: Lucija Česnik

Študijski program: Biodiverziteta

Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Koper, september 2014

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Lucija ČESNIK

Naslov zaključne naloge: Sestava favne mravelj (Hymenoptera: Formicidae) travniških in gozdnih habitatov na Kraškem robu

Kraj: Koper

Leto: 2014

Število listov: 57 **Število slik:** 23 **Število preglednic:** 4

Število prilog: 9 **Št. strani prilog:** 5

Število referenc: 37

Mentor: doc. dr. Jure Jugovic

Ključne besede: mravlje, Formicidae, Kraški rob, habitati, okoljski parametri

Izvleček: V zaključni nalogi smo preučevali sestavo favne mravelj (Hymenoptera: Formicidae) na Kraškem robu v okolici vasi Socerb, Kastelec in Osp. Ugotavljali smo tudi kako okoljski parametri vplivajo na njihovo raznolikost in razporejenost. Vzorčenja so potekala od začetka junija do sredine julija 2013. Za vzorčenja na travnikih smo uporabljali tri metode: vabe, pasti in direktno vzorčenje, za vzorčenja v gozdovih smo poleg naštetih izvedli še sejanje stelje. Določili smo dvanajst okoljskih parametrov. Skupno smo zabeležili 33 vrst mravelj, od tega smo jih več (25) našli v gozdnih habitatih, na travniških pa 22. Kot najučinkovitejši metodi vzorčenja sta se izkazali direktno vzorčenje in sejanje stelje. Vrstna diverziteteta, izražena s Shannon Wienerjevim indeksom je bila najvišja v Kastelcu ($H' = 1,76$) najmanjša pa na Socerbu ($H' = 1,18$). Klasterska analiza (Cluster analysis (CA); Jaccardov in Bray – Curtisov indeks) je pokazala ločitev na tri združbe in sicer: v gozdu, na travniku in na travniku v sukcesiji. Analiza nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja (NMDS; Jaccardov in Bray – Curtisov indeks) je pokazala, da na gozdne združbe vplivajo visok odstotek lesa, visok odstotek pokritosti z grmi ter visoka zasenčenost, na travniške združbe pa vplivata visok odstotek kamnitosti in visoko število kamnov. Kanonična korespondenčna analiza (CCA) je pokazala, da so mediteranske vrste vezane na habitate z višjimi temperaturami in višjo inklinacijo, južnoevropsko anatolske vrste na območja z višjim odstotkom pokritosti grmov in s prav tako višjo inklinacijo, evrokavkaške vrste na območja z višjo zasenčenostjo, vlažnostjo ter visokim odstotkom pokritosti grmov in mrtvega lesa, tetidske vrste pa na območja z višjimi temperaturami in visokim številom in odstotkom kamnov.

Key words documentation

Name and SURNAME: Lucija ČESNIK

Title of the final project paper: Composition of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) in meadow and forest habitats on Karst Edge

Place: Koper

Year: 2014

Number of pages: 57 **Number of figures:** 23 **Number of tables:** 4

Number of appendix: 9 **Number of appendix pages:** 5

Number of references: 37

Mentor: Assist. Prof. Jure Jugovic, PhD

Keywords: ants, Formicidae, Karst Edge, habitats, environment parameters

Abstract: We studied the composition of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) at three localities on the Karst Edge: Socerb, Kastelec and Osp. We also determined how environmental parameters affect ant diversity and distribution. Sampling took place from early June to mid-July 2013. For sampling in meadows we used three methods, i.e. baits, pitfall traps and direct sampling, while for sampling in forests, in addition to the above mentioned methods, litter sifting was also applied. We determined twelve environmental parameters. In total, we recorded 33 ant species, 25 of which were found in forest habitats and 22 in meadow habitats. The most effective sampling methods were direct sampling and litter sifting. Species diversity expressed with the Shannon Wiener index was highest in Kastelec ($H' = 1,76$) and lowest in Socerb ($H' = 1,18$). Cluster analysis (CA; Jaccard and Bray – Curtis index) showed a separation into a three communities: forest, meadow and in meadow in succession state. Non – metric multidimensional scaling analysis (NMDS) showed that forest ant communities are influenced by a high percentage of dead wood and shrub coverage and high level of shading, while meadow ant communities are affected by a high percentage and high number of stones. Canonic correspondence analysis (CCA) showed that the Mediterranean species are related to habitats with higher temperatures and higher inclination, Southern European – Anatolian species are related to habitats with a high percentage of shrub coverage and higher inclination as well, Euro – Caucasian species are related to habitats with higher level of shading, higher humidity and high percentage of shrub coverage and dead wood and that Tethyan species are related to habitats with higher temperatures and high number and percentage of stones.

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem Gregorju Bračku za celotno zasnovo zaključne naloge ter nesebično razdajanje znanja. Hvala vam tudi za vso pomoč na terenih, za določevanje taksonov in strokoven pregled naloge.

Iskreno se zahvaljujem tudi mentorju doc. dr. Juretu Jugovicu za pomoč na terenih, za strokovno vodenje pri nastajanju naloge ter pomoč pri statistični obdelavi podatkov.

Iskreno se zahvaljujem tudi komisiji, doc. dr. Andreju Sovincu in dr. Martini Lužnik za uporabne komentarje ter hiter in strokoven pregled naloge.

Zahvaljujem se tudi Dr. Keith McGuinnessu za uporaben video z razlago statističnih analiz.

Zahvaljujem se svojim staršem in bratu za vso podporo in spodbudne besede v času študija ter pri nastajanju zaključne naloge.

Za pomoč, podporo in spodbudne besede v času študija kot tudi pri pisanju naloge gre zahvala tudi mojemu fantu in njegovim staršem.

KAZALO VSEBINE

1 UVOD.....	1
1.1 Pregled objav	1
1.1.1 Sistematika mravelj	1
1.1.2 Biologija in ekologija mravelj	2
1.1.3 Mravlje kot biodindikatorji.....	4
1.1.4 Raziskanost mravelj v Sloveniji	4
1.2 Namen in hipoteze zaključne naloge.....	5
2 MATERIALI IN METODE	6
2.1 Opis območja vzorčenj	6
2.2 Opis lokalitet	7
2.2.1 Socerb	7
2.2.2 Kastelec	8
2.2.3 Osp.....	9
2.3 Terensko delo	9
2.3.1 Vzorčenje mravelj.....	9
2.3.2 Ekološki parametri.....	11
2.4 Laboratorijsko delo.....	12
2.5 Obdelava podatkov	13
3 REZULTATI Z DISKUSIJO.....	15
3.1 Seznam vrst	15
3.2 Konstantnost vrst	20
3.3 Metode vzorčenja in število vrst.....	21
3.4 Shannon Wienerjev diverzitetni indeks.....	25
3.5 Razporejenost horotipov.....	27
3.6 Podobnost združb mravelj med vzorčnimi mesti – klasterska analiza	28
3.7 Povezanost okoljskih parametrov s sestavo favne.....	30
4 ZAKLJUČEK	37
5 LITERATURA	39

KAZALO PREGLEDNIC

- Preglednica 1:** Okoljski parametri, njihove okrajšave, način določevanja vrednosti parametrov ter analize v katerih so bili ti parametri uporabljeni (obdelava podatkov). Okrajšave: CCA – kanonična korespondenčna analiza, NMDS - nemetrično multidimenzionalno skaliranje, Cluster – dendrogrami podobnosti. Dodani sta še abundanca in prisotnost vrst. *za vsako vrsto smo upoštevali samo podatke iz pasti, **upoštevali smo podatke iz vseh metod vzorčenj. 12
- Preglednica 2:** Seznam vrst mravelj (Formicidae) in število nabranih osebkov in njihovi odstotki s treh lokalitet na Kraškem robu za vzorce iz pasti (kjer je vrednost pri številu osebkov 0, smo osebke našli z drugimi vzorčnimi metodami)..... 18
- Preglednica 3:** Vrednosti Shannon Wienerjevega diverzitetnega indeksa za posamezne lokalitete in vzorčna mesta. Uporabljeni so podatki iz nastavljanja talnih pasti. 25
- Preglednica 4:** Rezultati določevanja okoljskih parametrov. Za vsak parameter so podane povprečne vrednosti in standardna napaka ter v oklepajih še minimalna in maksimalna vrednost. (Okoljski parameter »tip tal« ni vključen v preglednico). 30

KAZALO SLIK

Slika 1: Položaj Slovenije in treh lokalitet vzorčenja (Socerb – S; Kastelec – K; Osp – O). Na ortofoto posnetkih sta na posamezni lokaliteti označeni tudi obe vzorčni mesti (travnik in gozd). Vir: Geopedia – interaktivni spletni atlas.....	7
Slika 2: Vzorčni mesti na Socerbu. Levo: gozd. Desno: travnik.....	8
Slika 3: Vzorčni mesti na Kastelcu. Levo: gozd. Desno: travnik.....	8
Slika 4: Vzorčni mesti v Ospu. Levo: gozd. Desno: ostanki travnika med nasadom oljk....	9
Slika 5: Shematska ponazoritev načina vzorčenja na posameznih vzorčnih mestih. Sejanje stelje smo izvajali samo v gozdu.....	10
Slika 6: Število vrst na posameznem vzorčnem mestu. Prikazani so podatki iz vseh metod vzorčenj (levo) in iz talnih pasti (desno).....	17
Slika 7: Število osebkov na posameznem vzorčnem mestu. Prikazani so podatki iz nastavljanja talnih pasti.....	17
Slika 8: Število osebkov za posamezno vrsto, ujetih z metodo nastavljanja talnih pasti. Za okrajšave taksonov gl. Prilogo I.....	19
Slika 9: Število vrst najdenih samo na eni lokaliteti in samo na enem vzorčnem mestu. ..	20
Slika 10: Konstantnost vrst na vseh vzorčnih enotah v %. Za okrajšave taksonov gl. Prilogo I.....	21
Slika 11: Število vrst najdenih na različnih vzorčnih mestih z različnimi tehnikami vzorčenj.....	22
Slika 12: Krivulja kopičenja vrst za šest vzorčnih mest. Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenj (3 na travniku, 4 v gozdu). Točke označujejo dejansko število najdenih vrst, prekinjena črta prikazuje ocenjeno število vrst. Okrajšave vzorčnih mest: KAS – Kastelec, SOC – Socerb, OSP – Osp, T – travnik, G – gozd.....	23
Slika 13: Krivulja kopičenja vrst za tri lokalitete. Uporabljeni so podatki iz vseh sedmih metod vzorčenja na posamezni lokaliteti. Točke označujejo dejansko število najdenih vrst, prekinjena črta prikazuje ocenjeno število vrst.....	24
Slika 14: Shannon Wienerjev diverzitetni indeks za vzorčna mesta vseh treh lokalitet.....	25
Slika 15: Shannon Wienerjev diverzitetni indeks za vse tri lokalitete.....	26

- Slika 16:** Prikaz horotipov vrst za posamezno lokaliteto. Prikazani so podatki iz vseh metod vzorčenja. Okrajšave: EK – evrokavkaški, ES – evropsko (zahodno) sibirski, EU-evropski, ME – mediteranski, SA – južnoevropsko anatolski, SE – južno evropski, SEE – jugovzhodno evropski, SP – južno palearktični, TE – tetidski tip. 27
- Slika 17:** Dendrogram podobnosti za šest vzorčnih mest s Kraškega roba (Jaccardov indeks). Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst). 28
- Slika 18:** Dendrogram podobnosti za šest vzorčnih mest s Kraškega roba (Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst). 29
- Slika 19:** Projekcija šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Jaccardov indeks). Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst). 31
- Slika 20:** Projekcija šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst). 32
- Slika 21:** Projekcija 30 talnih pasti s šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz posamezne pasti (abundanca vrst). 34
- Slika 22:** Projekcija taksonov (za okrajšave gl. Prilogo I) mravelj (Formicidae) s treh lokalitet in šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v odvisnosti od dvanajstih okoljskih parametrov (vektorji; za okrajšave gl. Preglednico 1). Prva os razloži 27,92 % in druga 23,71 % skupne variabilnosti podatkov. Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja. Barve horotipov taksonov: rjava - mediteranske, oranžna - tetidske, črna - jugovzhodno evropska, modra - južnoevropsko anatolska, vijolična - evrokavkaška, roza - južno palearktična, rumena – južnoevropska, zelena – evropsko (zahodno) sibirski, temno modra – evropska vrsta. 35
- Slika 23:** Projekcija taksonov (za okrajšave gl. Prilogo I) mravelj (Formicidae) s treh lokalitet in šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v odvisnosti od dvanajstih okoljskih parametrov (vektorji; za okrajšave gl. Preglednico 1). Prva os razloži 30,74 % in druga 24,38 % skupne variabilnosti podatkov. Uporabljeni so povprečni podatki iz pasti (abundanca vrst). Barve horotipov taksonov: rjava – mediteranske, oranžna – tetidske, modra – južnoevropsko anatolska, vijolična – evrokavkaška, zelena – evropsko (zahodno) sibirski, temno modra – evropska vrsta. 36

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: Seznam vrst s horotipi in podatki na katerih vzorčnih mestih in v kolikih vzorčnih enotah posamezne metode vzorčenja je bila vrsta najdena. V oklepajih je dodano število osebkov ujetih v pasteh. Okrajšave: Hor. – horotip, T – travnik, G – gozd, d – direktno vzorčenje, p – talne pasti, v – vabe, s – sejanje stelje. Okrajšave horotipov: EK – evrokavkaški, ES – evropsko (zahodno) sibirski, EU- evropski, ME – mediteranski, SA – južnoevropsko analotski, SE – južno evropski, SEE – jugovzhodno evropski, SP – južno palearktični, TE – tetidski.....	43
PRILOGA B: Dendrogram podobnosti za šest vzorčnih mest in dendrogram podobnosti med vrstami s Kraškega roba (Jaccardov indeks). Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst). Za okrajšave taksonov gl. Prilogo I.....	44
PRILOGA C: Dendrogram podobnosti za šest vzorčnih mest in dendrogram podobnosti med vrstami s Kraškega roba (Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst). Za okrajšave taksonov gl. Prilogo I.	44
PRILOGA D: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Jaccardov indeks). Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst).	45
PRILOGA E: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst).....	45
PRILOGA F: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz posameznih pasti (abundance vrst).	46
PRILOGA G: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v kanonični korespondenčni analizi. Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst).	46
PRILOGA H: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v kanonični korespondenčni analizi. Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst).....	46
PRILOGA I: Seznam vrst z okrajšavami.....	47

1 UVOD

Mravlje najdemo v skoraj vseh kopenskih ekosistemih našega planeta (Sudd in Franks 1987; Sket in sod. 2003). Razširjene so vse od Arktičnega kroga do Tasmanije, Terre del Fuego (Čile) ter južne Afrike. Edina območja, kjer ni prisotnih domorodnih vrst mravelj so: Antarktika, Islandija, Grenlandija, Polinezija vzhodno od Tonga ter nekaj oddaljenih otočij v Atlantskem in Indijskem oceanu (Hölldobler in Wilson 1990). Razlog za njihovo uspešnost se skriva v socialnem načinu življenja, ki je pri tej skupini žuželk prisotno že od njenega zgodnjega razvoja (Sket in sod. 2003; Bračko 2010). Govorimo o evsocialnosti, za katero so značilna skupna skrb za zarod, sobivanje več generacij ter delitev osebkov na dve glavni skupini oziroma kasti: na delavke ter osebkke namenjene razmnoževanju (Bračko 2010). Poleg mravelj so evsocialno obliko življenja razvili še termiti ter nekatere ose in čebele. Mravlje imajo v primerjavi z drugimi žuželkami izredno dolgo življenjsko dobo, saj nekatere matice živijo tudi do dvajset let, izjema pa niso niti delavke, saj tudi te živijo več let (Sket in sod. 2003).

Zaradi velikega območja razširjenosti in prilagojenosti na različna življenjska okolja predstavljajo mravlje velik del biomase vseh živali na svetu. So predvsem talni organizmi in imajo ravno zaradi svoje velike biomase znaten vpliv na talne ekosisteme. Na samem mestu mravljišča tla spremenijo tako fizikalno kot tudi kemijsko (Folgarait 1998). Mravlje imajo poleg tega pomembno ekosistemsko vlogo tudi zaradi številnih mutualističnih odnosov, ki so jih razvile z rastlinami in žuželkami iz reda enakokrilcev (Homoptera) in metuljev (Lepidoptera) (Sudd in Franks 1987).

Zaradi svojih edinstvenih značilnosti so mravlje izredno primerne za raziskave. Najpomembnejša lastnost je, da je njihova sistematika relativno dobro poznana. Poleg tega so dovolj raznolike in dominantne v številnih habitatih, prav tako je lahko prepoznati njihovo vlogo v ekosistemu in njihovo občutljivost na okoljske spremembe. Njihova prednost je tudi v tem, da imajo praviloma stacionarna mravljišča, kar nam omogoča večkratno vzorčenje, ki ni zahtevno in tudi ne drago (Castracani in sod. 2010).

1.1 Pregled objav

1.1.1 Sistematika mravelj

Mravlje uvrščamo v družino Formicidae, v red kožekrilcev (Hymenoptera). Trenutno je zabeleženih 12880 vrst mravelj (antbase.org), ki jih je Bolton (2003) razvrstil v 21 recentnih poddružin. Czechowski in sod. (2012) navajajo podatek, da je bilo v Evropi do leta 2012 zabeleženih 623 vrst mravelj iz 57 rodov iz 9 poddružin (Aenictinae, Amblyoponinae,

Dolichoderinae, Dorylinae, Formicinae, Leptanillinae, Myrmicinae, Ponerinae in Proceratiinae).

V zadnjih dvajsetih letih so številne države Evrope dopolnile svoje sezname vrst mravelj (Borowiec 2014). Prav tako je bilo s področja taksonomije mravelj v tem času narejenih precej raziskav (Bračko 2007).

1.1.2 Biologija in ekologija mravelj

Mravlje kot evsocialne žuželke živijo v kolonijah, število osebkov v koloniji pa je odvisno od vrste mravelj, starosti kolonije in okoljskih razmer. Najmanjše kolonije tako štejejo le nekaj deset osebkov, največje kolonije pa tudi po več milijonov (Bračko 2010). S svojo številčnostjo predstavljajo mravlje velik del biomase vseh živali na svetu (Folgarait 1998). Hölldobler in Wilson (1990) trdita, da ena tretjina živalske biomase v tleh Amazonskega deževnega pragozda pripada mravljam in termitom. Vsak hektar prsti naj bi tako vseboval 8 milijonov mravelj in 1 milijon termitov.

Zaradi svoje velike biomase imajo mravlje znaten vpliv na talne ekosisteme. So tudi edini plenilci iz skupine evsocialnih žuželk, ki živijo v tleh (iz skupine evsocialnih žuželk zasedajo talne habitate tudi termiti, vendar se ti hranijo izključno z odmrlo vegetacijo). V nekaterih habitatih predstavljajo celo vodilne plenilce manjših nevretenčarjev. Vse vrste mravelj pa ne živijo v tleh. Nekatere živijo v okolju, ki zelo spominja na tla, npr. v drevesnem lubju ter v odmrlih votlih vejah, nekaj pa se jih je celo prilagodilo na življenje izključno v drevesnih krošnjah, kot na primer tkalske mravlje iz rodu *Oecophylla* iz tropskega dela Afrike in Azije. Kljub temu, da niso vse vrste mravelj talne živali, jih vseeno v širšem pomenu obravnavamo v tem smislu zaradi njihovega izvora, saj so prvotno vse živele na tleh (Hölldobler in Wilson 1990). Talne mravlje vplivajo tako na fizikalne kot tudi na kemijske spremembe v tleh. Na samem mestu mravljišča je spremenjen talni profil, ker se v nižjih slojih mravljišča nahaja veliko organskega materiala, manjše delce prsti pa mravlje znosijo na površino. Obenem mravlje z gradnjo galerij in hodnikov izboljšujejo poroznost tal, ta pa vpliva na večjo drenažo in prezračevnost. Na kemijske spremembe v tleh vplivajo mravlje predvsem z vnosom organskega materiala, kar povzroči povečane vsebnosti fosforja, dušika in kalija. Vloga mravelj se je pokazala kot zelo pomembna v revnih tleh, saj z vnosom organskega materiala prispevajo k hitrejšemu kroženju snovi in boljšemu uspevanju rastlin (Folgarait 1998).

Mravlje imajo razvite mutualistične odnose z rastlinami in žuželkami iz redu enakokrilcev (Homoptera) in metuljev (Lepidoptera). Mravlje pomagajo rastlinam predvsem pri razširjanju semen. Ta proces poimenujemo mirmekohorija. Semena razširjajo tiste vrste mravelj, ki se hranijo s semeni, natančneje z delom semena, ki mu pravimo elajosom. Le redko služijo kot opraševalci rastlin, saj se hranijo predvsem na nektarijih izven cvetov, najpogosteje pa na

rastlinah ližejo mano, ki jo za sabo pustijo uši in kaparji. V tropih je med mravljami in rastlinami (mirmekofiti) razvit mutualizem, kjer rastline v zato namenjenih delih, mravljam nudijo bivališče, mravlje pa rastlino ščitijo pred rastlinojedi (Hölldobler in Wilson 1990). Nekatere mravlje so razvile mutualističen odnos tudi z žuželkami. Najbolj znane so povezave z ušmi, ki se hranijo z rastlinskim sokom in skozi anus izločajo mano, ki jo pijejo mravlje. Mravlje tako skrbijo za uši in jih branijo pred plenilci, jih prenašajo po rastlini, nekatere vrste mravelj pa uši čez zimo odnesejo v mravljišče. Znane so tudi mravlje, ki so od uši popolnoma odvisne. Taka vrsta je tudi rumena travniška mravlja *Lasius flavus*, ki je prisotna tudi v Sloveniji, vendar jo le redko vidimo, saj pod zemljo goji uši, ki se hranijo na koreninah rastlin. V večini primerov mravlje niso povezane samo z eno vrsto uši. Rumena travniška mravlja *Lasius flavus* je povezana s 13 – 17 vrstami uši (Sudd in Franks 1987). Poleg uši, so od mravelj odvisni tudi nekateri metulji iz družine modrinov (*Lycaenidae*). Gosenice v različnih stadijih razvoja preferirajo različne vrste hrane, zato so tiste, ki se hranijo z ličinkami mravelj od njih popolnoma odvisne. V mravljišče jih prinesejo mravlje ali pa tja zaidejo same, s tem da se prej zaščitijo s feromoni, da jih mravlje ne prepoznajo kot plen. V mravljišču se lahko hranijo z ušmi, ličinkami mravelj ali pa jih hranijo kar mravlje same. Tam se tudi zabubijo, ko pa pridejo iz bube, morajo čim prej poiskati pot na plano, da jih ne bi napadle mravlje. Veliki mravljiščar (*Phengaris arion*) je metulj, katerega gosenica se prve tri faze v obdobju ličinke hrani na materini dušici (*Thymus* spp.), nato v četrti fazi pade na tla, kjer jo mravlje vrste *Myrmica sabuleti* prepoznajo kot svojo ličinko in odnesejo v mravljišče, kjer se hrani z mravljiimi ličinkami, gosenica pa mravljam v zameno zagotavlja mano (Sudd in Franks 1987).

Posebne odnose imajo mravlje tudi med sabo. Prvi primer so tatinske mravlje, ki gradijo svoje kolonije blizu gostiteljskih in jim kradejo njihove ličinke in hrano. Tatinske mravlje vrste *Solenopsis fugax* se hranijo z ličinkami gostiteljske mravlje *Lasius flavus* ali *Formica fusca*. Gostiteljske mravlje svojih ličink med roparskim pohodom ne ubranijo, saj jih roparske mravlje od tega odvrnejo z alkaloidnimi substancami (Sudd in Franks 1987). Drugi primer predstavljajo parazitske mravlje, kjer matica z različnimi tehnikami vstopi v gostiteljsko mravljišče in pokonča matico. Tako zajedavska matica živi v mravljišču, kjer zanjo in za njena jajčeca skrbijo delavke druge vrste. Tako v mravljišču sobivata istočasno dve vrsti delavk, dokler gostiteljske delavke brez matice umrejo. Naslednjo obliko zajedavstva predstavlja zaslužnjevanje, kjer zajedavske mravlje na roparskih pohodih drugim vrstam mravelj ukradejo ličinke in jih vzgajijo v svojem mravljišču, kjer te kot delavke opravljajo večino del (Bračko 1998).

1.1.3 Mravlje kot biodindikatorji

Mravlje so zaradi prej omenjenih lastnosti primerne za raziskave kot bioindikatorji tal. Poleg tega so študije so pokazale, da so izredno prilagodljive na človekovo spreminjanje okolja, zato so uporabne tudi kot bioindikatorji človekovega vpliva na talne ekosisteme (Folgarait 1998). Kljub temu, da so mravlje uporabne kot ekološki indikatorji, jih v Evropi redko raziskujejo (Castracani in sod. 2010). Domnevajo, da je to posledica slabega poznavanja povezave med okoljskimi parametri in sestavo favne mravelj. K boljšemu poznavanju te povezave so Castracani in sod. (2010) prispevali pomembne ugotovitve, saj so s svojo raziskavo v sedmih mediteranskih habitatih ugotavljali, kateri okoljski parametri vplivajo na razlike v favnistični sestavi mravelj. Prišli so do ugotovitev, da na sestavo taksonov najbolj vplivajo: prisotnost oz. odsotnost vlage, količina svetlobe ter struktura mikrohabitata. Pomemben prispevek na tem področju je naredil tudi Alvarado (2000), ki je strukturo taksonov primerjal med dvajsetimi gozdovi z različno sestavo drevesnih vrst. Ugotovil je, da imata na razporejenost taksonov največji vpliv oblika in sestava vegetacije ter količina odmrlega lesa na tleh.

Wang in sod. (2001) so preučevali favno mravelj v odvisnosti od habitata in prišli do ugotovitev, da z višjo nadmorsko višino (vzorčili so na nadmorskih višinah med 600 m in 1200 m) in višjo vlago v tleh najdemo manj vrst ter manjše kolonije. Božić (2013) je raziskoval na območju Dinare na Hrvaškem ter pokazal, da število vrst z nadmorsko višino raste do 1000 m, potem pa začne upadati.

Poleg raziskav, ki se tičejo ekoloških parametrov, so bile izvedene tudi nekatere raziskave v zvezi s človekovim vplivom na spreminjanje habitatov v povezavi s favno mravelj. Ti so zaradi človekovega delovanja v primerjavi z naravnimi habitatami bolj homogeni, kar vpliva na zmanjšanje števila vrst (Cerdá in sod. 2009 in Torchote in sod. 2010).

1.1.4 Raziskanost mravelj v Sloveniji

V Sloveniji je bila do leta 1998 favna mravelj precej slabo raziskana. Takrat je Bračko (1998) objavil raziskavo na območju zahodne Slovenije in našel 65 vrst mravelj. Kasneje je isti avtor iz zbranih predhodnih objav in raznih zbirk navedel 105 vrst mravelj. Zadnji seznam števila vrst mravelj, ki jih najdemo na ozemlju Slovenije znaša 132 vrst, od tega jih je največ znanih iz submediteranskega dela Slovenije (Bračko 2007).

Podatki za naše sosednje države so sledeči: na Hrvaškem je zabeleženih 140 vrst (Bračko 2006), v Italiji 226 (Checklist of the Italian fauna on – line), na Madžarskem 126 vrst (Csósz in sod. 2011) in v Avstriji 122 vrst (Steiner in sod. 2002).

V Evropi je favna mravelj sicer relativno dobro raziskana, še posebej v severni in srednji Evropi (Seifert 2007), kljub temu pa so nekateri deli še vedno med slabše raziskanimi. To velja predvsem za južni del Balkanskega polotoka (Bračko in sod. 2014).

1.2 Namen in hipoteze zaključne naloge

Namen zaključne naloge je podati prispevek k poznavanju favne mravelj na travniških in v gozdnih habitatih na Kraškem robu, saj ta predstavlja pomembno favnistično območje. Zanimala nas je vrstna sestava mravelj v okolici vasi Socerb, Kastelec in Osp, obenem pa smo želeli preveriti tudi habitatne preference vrst na travniških in gozdnih habitatih.

Hipoteze zaključne naloge so:

- (1) predvidevamo, da bodo različne metode vzorčenja mravelj različno uspešne pri zbiranju živali ter
- (2) da okoljski parametri pomembno vplivajo na prisotnost različnih taksonov mravelj, saj imajo vrste različne habitatne zahteve.

2 MATERIALI IN METODE

2.1 Opis območja vzorčenj

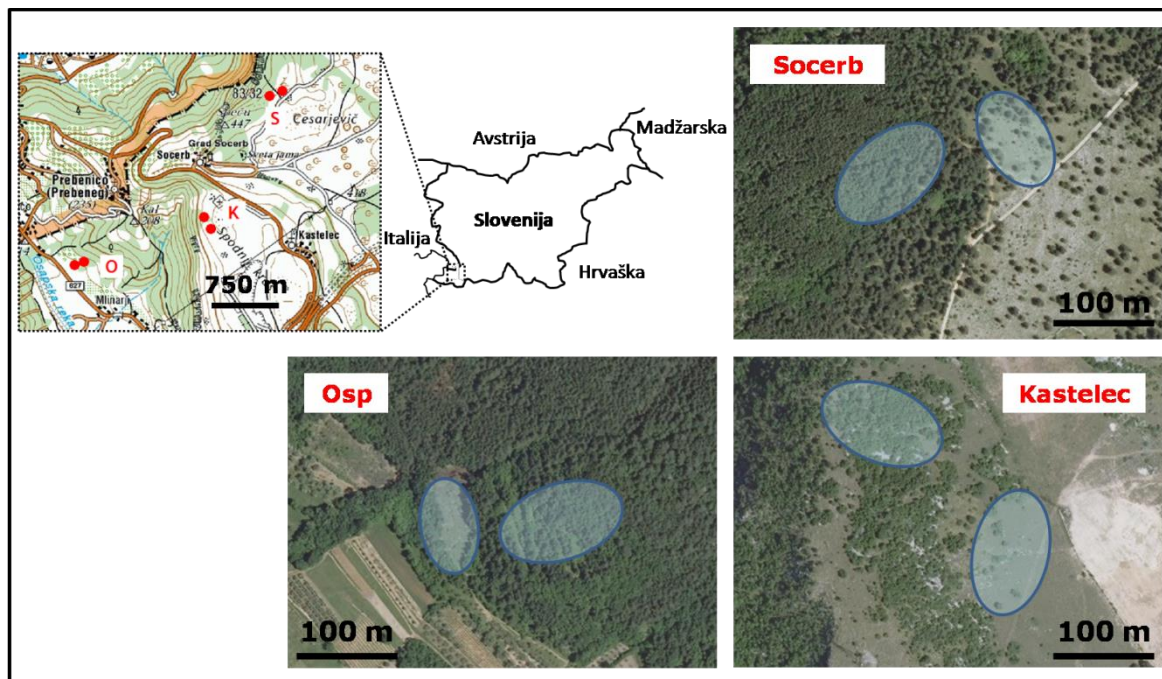
Vzorčenja smo opravljali v času od 3.6.2013 do 5.7.2013 na treh lokalitetah na zahodnem delu slovenskega dela Kraškega roba. Lokalitete si od severa proti jugu sledijo v tem zaporedju: Socerb, Kastelec in Osp (Slika 1).

Kraški rob predstavlja prehodno območje med Podgorskim Krasom ter slovensko Istro. Za območje Podgorskega Krasa je značilna apnenčasta podlaga, na kateri izmed vseh kraških pojavov najdemo le suhe kraške doline, ki so jih nekoč oblikovali vodotoki, ostalih značilnih kraških pojavov pa na tem območju ne zasledimo. Kraško območje nato preko dveh strmih prehodov postopoma preide v flišnato pokrajino. Dokazi, ki pričajo o tem, da pokrajina prehaja iz ene v drugo, so tudi številni studenci, ki se značilno pojavljajo na stičišču dveh kamnin (Hočevar in sod. 1990). Za naše območje raziskave sta pomembna prehoda pod vasjo Socerb in nad vasjo Osp.

Za območje Kraškega roba je značilno submediteransko podnebje z milimi zimami in vročimi poletji ter padavinami, ki so enakomerno razporejene skozi celo leto. S severa ima na Kraški rob velik vpliv celinska klima, ki se odraža predvsem na Podgorskem Krasu, z nižjimi povprečnimi zimskimi temperaturami. Te so za 2 do 3°C nižje kot na spodnjem delu Kraškega roba (Hočevar in sod. 1990).

Tla zgornjega dela Kraškega roba, v našem primeru Socerba in Kastelca, predstavljajo rendzina ter rjava pokarbonatna tla na trdnih karbonatnih kamninah (apnenec). Za spodnji del Kraškega roba, v našem primeru na območju Ospa, pa so značilna evtrična rjava tla na mehkih karbonatnih kamninah (fliš) (Stritar 1990).

Podnebne razmere in geološka podlaga sta glavna dejavnika, ki se odražata na sestavi vegetacije. Ta je na območju Kraškega roba termofilno–kserofilna z glavnima predstavnikoma črnim gabrom (*Ostrya carpinifolia* Scop.) ter puhastim hrastom (*Quercus pubescens* Willd.). Med značilne vrste tega območja prištevamo tudi črni bor (*Pinus nigra* J.F.Arnold), ki pa ne spada med avtohtone vrste, saj je bil na to območje nasajen z namenom pogozdovanja (Gams in sod. 1998).



Slika 1: Položaj Slovenije in treh lokalitet vzorčenja (Socerb – S; Kastelec – K; Osp – O). Na ortofoto posnetkih sta na posamezni lokaliteti označeni tudi obe vzorčni mesti (travniki in gozd). Vir: Geopedia – interaktivni spletni atlas.

2.2 Opis lokalitet

Na vsaki od treh lokalitet (Socerb, Kastelec, Osp) smo vzorčili na dveh vzorčnih mestih: v gozdu ter na travniku. Skupno smo tako imeli 6 vzorčnih mest (Slika 1).

2.2.1 Socerb

Socerb (Slika 2) se od vseh lokalitet vzorčenj nahaja najseverneje na zgornjem delu Kraškega roba na nadmorski višini 432 metrov (izmerjeno med obema vzorčnima mestoma). Tla so rendzina in rjava pokarbonatna tla na apnencu. Lokaliteta se nahaja približno kilometer severno za vasjo na lokaciji s koordinatami $45^{\circ} 35' 42,80''$ S in $13^{\circ} 52' 09,41''$ V (koordinate so bile vzete na osrednji točki lokalitete). Ekspozicija lokalitete je zahod severozahod (ZSZ). Povprečna letna temperatura znaša 10 do 12°C (Geopedia – interaktivni spletni atlas). Travniki, na katerem smo vzorčili, je suh kraški travnik z občasno pašo ter posamičnim drevjem in grmičevjem (črni bor, ruj *Cotinus coggygria* Scop.). Drugo vzorčno mesto je predstavljal mešani gozd, v katerem prevladujeta črni bor ter mali jesen (*Fraxinus ornus* L.).



Slika 2: Vzorčni mesti na Socerbu. Levo: gozd. Desno: travnik.

2.2.2 Kastelec

Kastelec (Slika 3) se nahaja južneje od Socerba na povprečni nadmorski višini 315 metrov, kjer Kraški rob prek strmega pobočja preide v flišnato pokrajino. Tla na območju okrog Kastelca še vedno, tako kot na Socerbu, predstavljajo rendzina ter rjava pokarbonatna tla na apnencu. Vzorčni mesti na tej lokaliteti se nahajata približno 800 metrov južno od vasi Kastelec, na območju kjer se začne Kraški rob že strmo spuščati proti Ospu. Koordinate osrednje točke lokalitete so $45^{\circ} 34' 44.85''$ S in $13^{\circ} 51' 42.40''$ V. Ekspozicija lokalitete je zahod jugozahod (ZJZ). Povprečna letna temperatura znaša 10 do 12°C (Geopedia – interaktivni spletni atlas). Tudi na tej lokaliteti smo vzorčili na suhem kraškem travniku, ki ni bil košen in na njem ni bilo prisotne paše. Drugo vzorčno mesto je predstavljal listnat gozd s prevladujočo vrsto puhastim hrastom na delno skalnatem terenu.



Slika 3: Vzorčni mesti na Kastelcu. Levo: gozd. Desno: travnik.

2.2.3 Osp

Osp (Slika 4) se od vseh lokalitet vzorčenj nahaja najjužneje, na povprečni nadmorski višini 50 m, tik pod Kraškim robom. Tukaj apnenčasta podlaga že preide v flišnato, zato tu najdemo evtrična rjava tla na flišu. Mesti vzorčenj se nahajata približno 1,5 km severozahodno od vasi Osp, s koordinatami osrednje točke lokalitete $45^{\circ} 34' 47.62''$ S in $13^{\circ} 50' 48.49''$ V. Ekspozicija tu je zahod jugozahod (ZJZ). Povprečna letna temperatura območja znaša 12 do 14°C (Geopedia – interaktivni spletni atlas). Travniško vzorčno mesto je na tej lokaliteti predstavljal delno zapuščen in zarasel oljčnik na terasah. Drugo vzorčno mesto je bil mešan gozd s prevladujočima vrstama črnim borom in malim jesenom. Gozd se ravno tako kot oljčnik nahaja na terasastem terenu.



Slika 4: Vzorčni mesti v Ospu. Levo: gozd. Desno: ostanki travnika med nasadom oljk.

2.3 Terensko delo

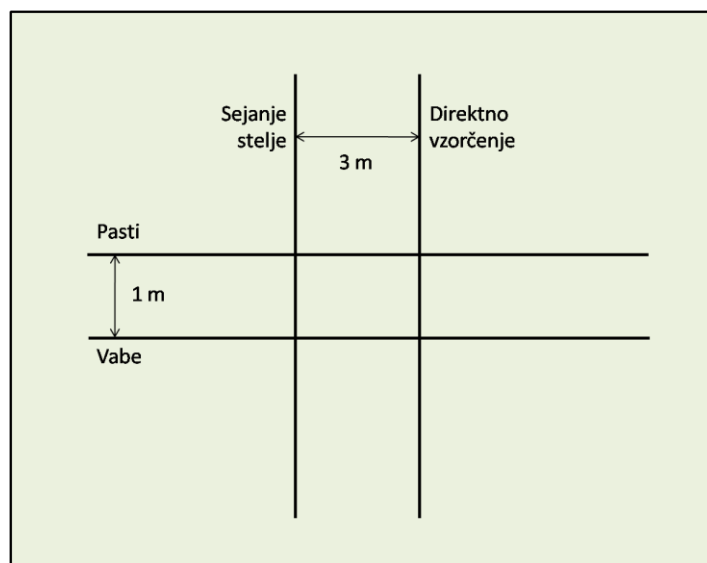
Na terenu smo poleg vzorčenja določili tudi ekološke parametre za vsako posamezno vzorčno mesto. Tehnike vzorčenja smo povzeli po Agosti in sod. (2000), pri določevanju ekoloških parametrov pa smo se ozirali po metodah opisanih v Schlick-Steiner in Steiner (1999) ter Torchote (2010) in jih prilagodili našim razmeram.

2.3.1 Vzorčenje mravelj

Na travnikih smo vzorčili s tremi, v gozdu pa s štirimi različnimi tehnikami. Na travnikih smo vzorčili s talnimi pastmi, z vabami ter s tehniko direktnega vzorčenja, v gozdu smo poleg naštetih uporabljali še tehniko sejanja stelje. Vsaka od tehnik je potekala po transektu, pri čemer sta bila transekta, kjer smo postavljali pasti in nastavljali vabe, pravokotno na transekta

kjer smo vzorčili direktno in sejali steljo, zato da smo povzorčili čimvečjo površino vzorčnega mesta (Slika 5).

Prva dva transeкта sta predstavljala vzorčenje s pastmi ter vabami in sta potekala na enak način na obeh vzorčnih mestih. Na obeh smo določili pet vzorčnih enot, ki so bile med sabo oddaljene pet metrov. To pomeni, da smo na vsakih pet metrov vzdolž prvega transeкта postavili eno past. Vzporedno s pastmi smo v oddaljenosti enega metra postavili še pet vab. Pasti smo izdelali iz jogurtovih lončkov, ki smo jih zakopali v prst tako, da je bil vrh lončka poravnal s prstjo. Posamezen jogurtov lonček smo nato do polovice napolnili s propilen glikolom in ga pokrili s pločevinasto strešico. Pasti smo pustili na terenu dva tedna, nato pa izpraznili lončke z ulovljenim materialom. Na Socerbu so bile pasti postavljene od 3.6.2013 do 16.6.2013, na Kastelcu od 16.6.2013 do 29.6.2013, v Ospu pa od 21.6.2013 do 5.7.2013. Za vabe smo uporabili arašidovo maslo, ki smo ga postavili na bel list papirja velikosti 10x10 cm in ga tam pustili 2 uri, nakar smo pobirali mravlje, ki so se zadrževale na papirju in pod njim. Vabe smo nastavili istočasno s pastmi.



Slika 5: Shematska ponazoritev načina vzorčenja na posameznih vzorčnih mestih. Sejanje stelje smo izvajali samo v gozdu.

Druga dva transeкта sta potekala pravokotno na prvi par. Tretji transekt je predstavljalo direktno vzorčenje, ki smo ga izvedli tako na travniku kot v gozdu. To vzorčenje je bilo sestavljeno iz petih vzorčnih enot, ki so bile med sabo oddaljene pet metrov. Vsaka vzorčna enota je predstavljala površino tal 2 m^2 (travniki) oziroma 1 m^2 (gozd), ki smo jo natančno preiskali in ročno ali s pinceto pobirali mravlje. Pri tem smo ločeno v epice shranjevali mravlje najdene iz mravljišč (iz kolonij) in osebkje najdene na določeni ploskvi posamično.

V gozdu smo poleg direktnega vzorčenja izvajali tudi sejanje stelje (četrti transekt). V tem primeru sta tretji in četrti transekt potekala vzporedno v oddaljenosti treh metrov. Tudi pri sejanju stelje smo imeli pet vzorčnih enot, med sabo oddaljenih pet metrov, vzorce stelje pa smo pobirali s površine 1 m^2 . Pobrano steljo smo presejali s sejalnikom in jo položili na belo platno na katerem smo steljo natančno preiskali in iz nje ročno pobirali mravlje.

2.3.2 Ekološki parametri

Za posamezno vzorčno mesto smo določili tudi dvanajst ekoloških parametrov: (1) nadmorsko višino, (2) ekspozicijo, (3) inklinacijo, (4) geološko podlago in tip tal, (5) vlažnost tal, (6) odstotek kamnitosti tal, (7) število kamnov/ m^2 , (8) odstotek stelje na tleh, (9) odstotek mrtvega lesa, (10) pokritost z grmi v odstotkih, (11) zasenčenost ter (12) povprečno letno temperaturo (Preglednica 1).

Nadmorsko višino smo merili na terenu s pomočjo GPS-a (Garmin Oregon 200) na najvišji, sredinski in najnižji točki vzorčnega mesta. Ekspozicijo smo določili na podlagi nagnjenosti terena s pomočjo kompasa (GPS). Inklinacijo smo izračunali s pomočjo kotnih funkcij. Uporabili smo kotno funkcijo $\text{tg } \alpha = \frac{nk}{pk}$, kjer nk pomeni nasprotno kateto, pk pa priležno kateto. Vrednost nasprotne katete smo izračunali s pomočjo višinske razlike med najvišjo in najnižjo točko vzorčnega mesta, za vrednost priležne katete pa smo vzeli razdaljo med tema dvema točkama. Geološko podlago in tla smo določili kot predlaga Stritar (1990). Vlažnost tal smo določili na podlagi občutka tako, da smo na vsakem vzorčnem mestu večkrat stisnili nekaj vzorcev prsti v dlan in ocenili vsebnost vlage. Vlažnostne razrede smo razdelili v pet kategorij (gl. Klock 1984): (1) suha prst se drobi in vsebuje 0 – 25 % vlage, (2) sveža prst po stisku v dlani tvori rahlo strukturo, se ne drobi in vsebuje od 25 – 50 % vlage, (3) delno vlažna prst po stisku v dlani tvori dobro definirano strukturo in rahlo pomaže dlan, vsebuje pa od 50 – 75 % vlage, (4) vlažna prst tvori po stisku v dlani rahlo strukturo, na dlani ostane vlažen odtis in vsebuje od 75 – 100 % vlage, (5) mokra prst tvori rahlo strukturo in pusti odtis na dlani, pri stiskanju iz nje odteče voda in ima 100% vlažnost.

Odstotek kamnitosti, gostoto kamnov (število kamnov/ m^2), odstotek stelje, odstotek mrtvega lesa in pokritost z grmi (v odstotkih) smo vse določevali s pomočjo lesenega okvirja velikosti 1 m^2 . Lesen okvir smo naključno položili na deset ploskev na vzorčnem mestu. Odstotke naštetih parametrov pa smo znotraj okvirjev ocenili na 5 % natančno. Kot steljo smo upoštevali listje, odmrlo travo, iglice ter manjše vejice. Pri štetju kamnov smo upoštevali samo kamne s premerom večjim od 3 cm, ker ti predstavljajo potencialna mesta za mravljišča pod njimi (Bračko, osebni stik 2014). Pri pokritosti z grmi smo upoštevali koliko odstotkov znotraj 1 m^2 zasedajo grmi do velikosti enega metra, saj ti prispevajo k večji strukturi habitata in predstavljajo potencialna mesta na katerih se hranijo žuželke, ki služijo mravljam kot plen

(Alvarado 2000). Za teh pet ekoloških parametrov smo za vsako vzorčno mesto (habitat) pripravili osnovni statistični opis. Izračunali smo povprečje, standardno napako ter določili minimalne in maksimalne vrednosti (Preglednica 4).

Zasenčenost posameznega vzorčnega mesta smo ocenjevali na podlagi petih razredov: nezasenčeno (brez kakšnega drevja, morda kakšen grm), malo zasenčeno (posamezna drevesa), srednje zasenčeno (redko gozd), zmerno zasenčeno (gozd) ter zelo zasenčeno (temen gozd).

Povprečno letno temperaturo vsake lokalitete smo določili s pomočjo Geopedie – interaktivnega atlasa Slovenije.

Preglednica 1: Okoljski parametri, njihove okrajšave, način določevanja vrednosti parametrov ter analize v katerih so bili ti parametri uporabljeni (obdelava podatkov). Okrajšave: CCA – kanonična korespondenčna analiza, NMDS - nemetrično multidimenzionalno skaliranje, Cluster – dendrogrami podobnosti. Dodani sta še abundanca in prisotnost vrst. *za vsako vrsto smo upoštevali samo podatke iz pasti, **upoštevali smo podatke iz vseh metod vzorčenj.

Parameter	Okrajšava	Določevanje	Obdelava podatkov
Število kamnov	st_kamov	število	CCA, NMDS
Odstotek kamnitosti	%kamnitosti	pokritost	CCA, NMDS
Odstotek stelje	%stelje	pokritost	CCA, NMDS
Odstotek mrtvega lesa	%lesa	pokritost	CCA, NMDS
Pokritost z grmi (v odstotkih)	%grmov	pokritost	CCA, NMDS
Nadmorska višina	nadm_vis	GPS	CCA, NMDS
Ekspozicija	ekspoz	GPS	CCA, NMDS
Inklinacija	inklin	GPS, računsko	CCA, NMDS
Vlažnost tal	vlazn_tal	gl. Klock, 1984	CCA, NMDS
Zasenčenost	zasen	kategorijsko	CCA, NMDS
Povprečna letna temperatura	temp	vir Geopedia	CCA, NMDS
Geološka podlaga	tla	gl. Stritar, 1990	CCA, NMDS
Abundanca posamezne vrste*			CCA, NMDS, Cluster
Prisotnost vrste**			CCA, NMDS, Cluster

2.4 Laboratorijsko delo

Mravlje smo določali s pomočjo določevalnih ključev v Czechowski in sod. (2012) in Seifert (2007). Določevali smo s pomočjo stereomikroskopa s 100x povečavo in okularnim merilcem.

Za vsak takson (razen za vrsto *Tetramorium cf. caespitum*, ki se je ne da klasificirati, ker ne vemo točno za katero vrsto iz kompleksa 8 vrst gre) smo določili tudi zoogeografsko pripadnost. Zoogeografsko pripadnost (horotip vrste) smo določali s pomočjo Czechowski in sod. (2012), Seifert (2007), Bračko (2014) in Bračko (osebni stik 2014).

Vse zbrane živali so shranjene v 75% alkoholu v osebni zbirki avtorice.

2.5 Obdelava podatkov

Pripravili smo sezname nabranih vrst. Podatke s številom osebkov in številom vrst smo statistično obdelali v programu Excel 2010. V programu Excel smo statistično obdelali tudi okoljske podatke in za posamezne parametre pripravili osnovni statistični opis. Tako smo zanje izračunali povprečne vrednosti, standardne odklone ter poiskali ekstremne vrednosti (minimum, maksimum). Izračunali smo tudi odvisnost pojavljanja vrst od okoljskih parametrov s pomočjo programa PAST.

Od vseh štirih metod vzorčenja je standardizirana samo metoda s pastmi (Agosti in sod. 2000), zato smo za statistične analize večinoma uporabljali podatke iz pasti. Te podatke smo obenem uporabili tudi za izračun Shannon Wienerjevega diverzitetnega indeksa (H'):

$$H' = - \sum_{i=1}^R p_i \ln p_i ,$$

kjer je: p_i , delež i -tega taksona (vrste) v vzorcu.

Za preverjanje učinkovitosti vzorčenj smo v prosto dostopnem statističnem programu EstimateS 9.1.0 (purl.oclc.org/estimates) naredili krivulje kopičenja vrst, s katerimi smo testirali stopnjo odkrivanja novih vrst ob trikratnem povečanju obsega vzorčenj. Za izračun krivulje smo uporabili podatke o prisotnosti vrst, zbranimi z vsemi metodami vzorčenj na posameznem vzorčnem mestu oziroma lokaliteti in krivuljo ekstrapolirali za trikratni faktor. Program nam analitično izračuna pričakovano število vrst v t vzorcih glede na referenčni vzorec (*MaoTau*). Za našo krivuljo, ki temelji na vzorcih, program uporablja Bernoullijev model (Colwell in sod. 2012).

Podobnost v združbah med vzorčnimi mesti smo preverjali z multivariatno klustersko analizo. Za podatke, zbrane z vsemi metodami vzorčenja, smo uporabili Jaccardov indeks podobnosti in matriko prisotnosti (1) in odsotnosti (0) taksonov, za podatke samo iz pasti pa smo uporabili Bray – Curtisov indeks podobnosti in matriko abundanc posameznih taksonov (Hammer 2001).

Odnose med združbo mravelj v posameznih vzorčnih mestih in okoljskimi parametri smo pojasnjevali z nemetričnim multidimenzionalnim skaliranjem (NMDS), odnose med vrstami in okoljskimi parametri pa s kanonično korespondenčno analizo (CCA). Metodi spadata med multivariatne statistične metode. Osnova za NMDS je matrika distanc, ki jo program izračuna na podlagi različnih indeksov (Hammer 2001). CCA (Legendre in Legendre 1998) je korespondenčna analiza matrike vzorčnih mest/taksonov, kjer imamo za vsako mesto dodane vrednosti ene ali več okoljskih spremenljivk. Ordinacijske osi so tako linearne kombinacije okoljskih spremenljivk. CCA je gradientna analiza, pri kateri je gradient okoljskih spremenljivk znan vnaprej. Predpostavka analize je, da je abundanca (ali prisotnost taksonov)

odziv na okoljske spremenljivke. Tako kot pri analizi kopičenja smo tudi tu uporabili Jaccardov indeks (za vse metode skupaj – prisotnost/odsotnost vrst) in Bray – Curtisov indeks (samo za podatke iz pasti – abundance vrst iz posamezne pasti ter povprečnih abundanc vrst izračunanih iz vseh pasti na posameznem vzorčnem mestu).

Multivariatne statistične analize smo izvedli v prosto dostopnem programu Palaeontological Statistics 3.0 (PAST: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>).

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Seznam vrst

Na vseh vzorčnih mestih smo skupaj našli 33 vrst mravelj iz štirih poddružin. Vrste v spodnjem seznamu smo razvrstili po klasifikaciji po Boltonu (2003).

Družina FORMICIDAE Latreille, 1809

Poddružina PONERINAE Lepeletier, 1836

tribus PONERINI Lepeletier, 1835

Ponera coarctata (Latreille, 1802)

Poddružina MYRMICINAE Lepeletier, 1835

tribus MYRMICINI Lepeletier, 1835

Myrmica sabuleti (Meinert, 1861)

tribus PHEIDOLINI Emery, 1877

Aphaenogaster subterranea (Latreille, 1798)

Pheidole pallidula (Nylander, 1849)

tribus MYRMECININI

Myrmecina graminicola (Latreille, 1802)

tribus CREMATOGASTRINI Forel, 1893

Crematogaster schmidti (Mayr, 1853)

Crematogaster sordidula (Nylander, 1849)

tribus SOLENOPSISIDINI Forel, 1893

Solenopsis fugax (Latreille, 1798)

tribus STENAMMINI Ashmead, 1905

Stenamma striatulum (Emery, 1895)

tribus FORMICOXENINI Forel, 1893

Temnothorax cf. *sordidulus* (Müller, 1923)

Temnothorax unifasciatus (Latreille, 1798)

Temnothorax crassispinus (Karavaiev, 1926)

Temnothorax interruptus (Schenck, 1852)

Temnothorax parvulus (Schenck, 1852)

tribus TETRAMORIINI Emery, 1895

Tetramorium cf. *caespitum* (L., 1758)

Tetramorium moravicum (Kratochvíl, 1941)

Poddružina DOLICHODERINAE Forel, 1878

tribus TAPINOMINI Emery, 1912

Tapinoma erraticum (Latreille, 1798)

Poddružina FORMICINAE Latreille, 1802

tribus CAMPNOTINI Forel, 1878

Camponotus aethiops (Latreille, 1798)

Camponotus dalmaticus (Nylander, 1849)

Camponotus fallax (Nylander, 1849)

Camponotus lateralis (Olivier, 1791)

Camponotus piceus (Leach, 1825)

Camponotus vagus (Scopoli, 1763)

tribus FORMICINI Latreille, 1809

Formica cunicularia (Latreille, 1798)

Formica gagates (Latreille, 1798)

Formica pratensis (Retzius, 1783)

Formica rufibarbis (Fabricius, 1793)

tribus LASIINI Ashmead, 1905

Lasius distinguendus (Emery, 1916)

Lasius emarginatus (Oliver, 1791)

Lasius myops (Forel, 1894)

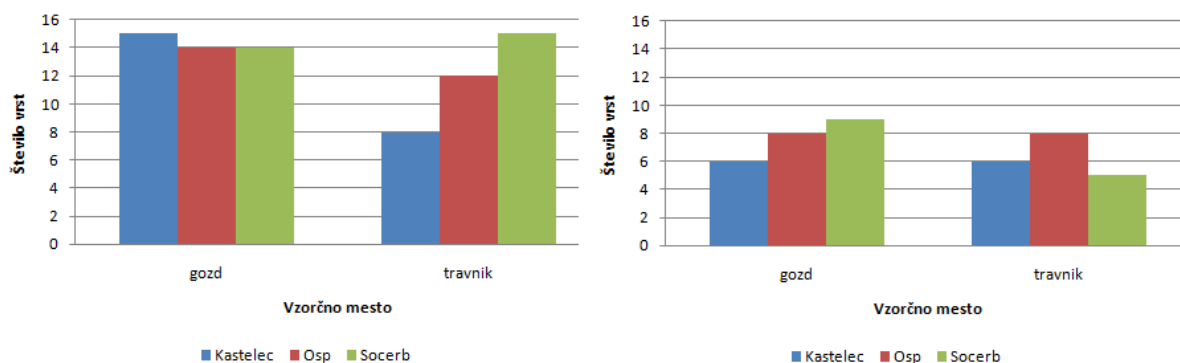
Lasius paralienus (Seifert, 1992)

tribus PLAGIOLEPIDINI Forel, 1886

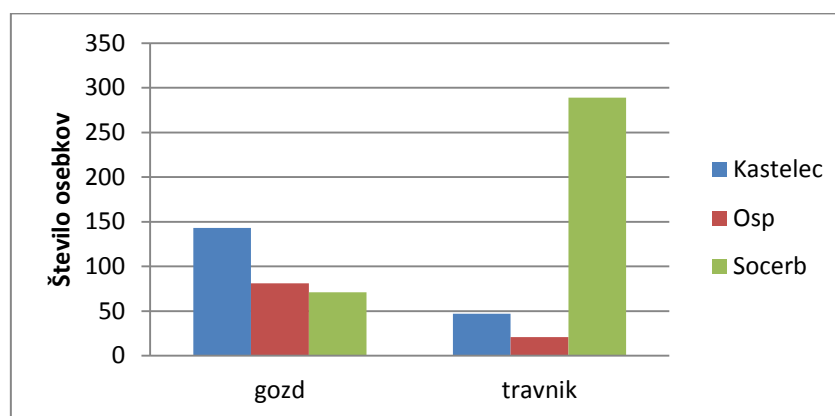
Plagiolepis pygmaea (Latreille, 1798)

Plagiolepis xene (Stärcke, 1936)

Na treh lokalitetah smo skupno zabeležili 33 vrst mravelj (Priloga A), kar predstavlja četrtno vseh vrst mravelj Slovenije (Bračko 2007). Na Socerbu smo zabeležili 21 vrst mravelj, v Ospu 20 vrst, medtem ko smo v Kastelcu našli 18 vrst. Vzorčni mesti z največ vrstami sta bili travnik na Socerbu in gozd v Kastelcu, kjer smo našli 15 vrst. Skupaj smo v gozdnih habitatih našli več vrst kot na travniških (25 glede na 22). Razlog za to bi lahko pripisali večji količini listne stelje in odmrlega lesa v gozdu, ki mravljam zagotavljata življenjski prostor oziroma mesta za mravljišča. Alvarado (2000) meni, da imata pomembno vlogo tudi sestava vegetacije in število rastlinskih vrst, na katerih se hranijo listne uši, saj so te v tesni povezavi z mravljami. Poleg tega so travniški habitati v poletnih mesecih izpostavljeni višjim temperaturam in posledično so tla bolj suha, kar predstavlja neugodne razmere za favno, ki služi mravljam kot plen (Torchote in sod. 2010). Po številu nabranih osebkov v talnih pasteh je bistveno odstopal travnik na Socerbu, saj smo v eni od pasti zabeležili 146 osebkov, od katerih je kar 138 osebkov pripadalo vrsti *Lasius paralienus* (Slika 7). Predvidevamo, da je to zato, ker smo past nastavili v bližini mravljišča te vrste. Z metodo nastavljanja talnih pasti smo skupno našli 652 osebkov (Preglednica 2).



Slika 6: Število vrst na posameznem vzorčnem mestu. Prikazani so podatki iz vseh metod vzorčenja (levo) in iz talnih pasti (desno).

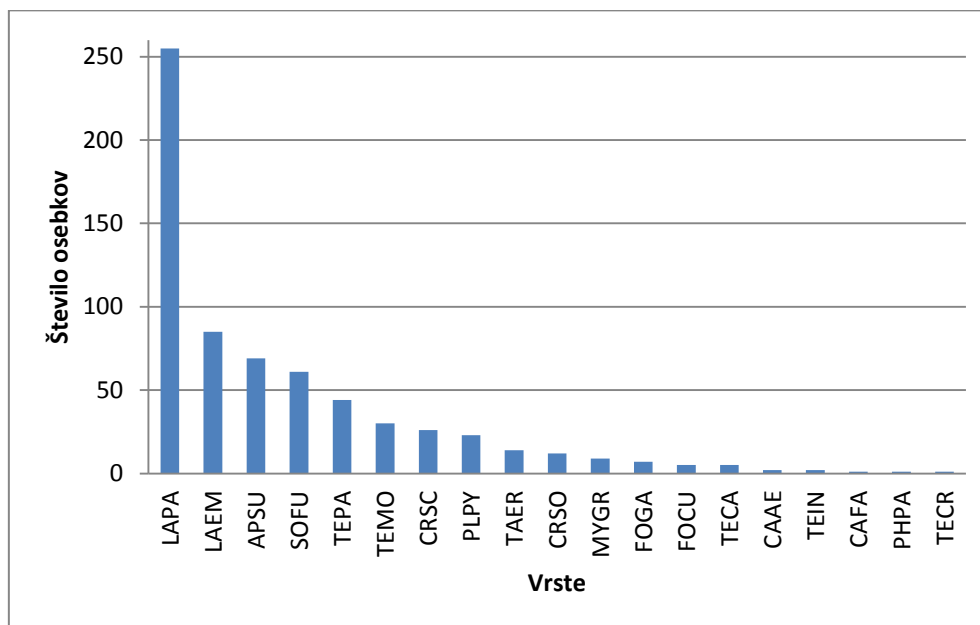


Slika 7: Število osebkov na posameznem vzorčnem mestu. Prikazani so podatki iz nastavljanja talnih pasti.

Preglednica 2: Seznam vrst mravelj (Formicidae) in število nabranih osebkov in njihovi odstotki s treh lokalitet na Kraškem robu za vzorce iz pasti (kjer je vrednost pri številu osebkov 0, smo osebke našli z drugimi vzorčnimi metodami).

Vrste mravelj	Št. osebkov	skupni %	Kastelec %	Socerb %	Osp %
<i>Aphaenogaster subterranea</i>	69	10,58	5,79	9,44	23,53
<i>Camponotus aethiops</i>	2	0,31	0	0	1,96
<i>Camponotus dalmaticus</i>	0	0	0	0	0
<i>Camponotus fallax</i>	1	0,15	0	0,28	0
<i>Camponotus lateralis</i>	0	0	0	0	0
<i>Camponotus piceus</i>	0	0	0	0	0
<i>Camponotus vagus</i>	0	0	0	0	0
<i>Crematogaster schmidti</i>	26	3,99	12,11	0,28	1,96
<i>Crematogaster sordidula</i>	12	1,84	0,53	0	1,78
<i>Formica cunicularia</i>	5	0,77	0	1,39	0
<i>Formica gagates</i>	7	1,07	3,16	0	0,98
<i>Formica pratensis</i>	0	0	0	0	0
<i>Formica rufibarbis</i>	0	0	0	0	0
<i>Lasius distinguendus</i>	0	0	0	0	0
<i>Lasius emarginatus</i>	85	13,04	42,63	1,11	0
<i>Lasius myops</i>	0	0	0	0	0
<i>Lasius paralienus</i>	255	39,11	0	70,56	0,98
<i>Myrmecina graminicola</i>	9	1,38	0	2,50	0
<i>Myrmica sabuleti</i>	0	0	0	0	0
<i>Pheidole pallidula</i>	1	0,15	0	0	0,98
<i>Plagiolepis pygmaea</i>	23	3,53	4,74	3,06	2,94
<i>Plagiolepis xene</i>	0	0	0	0	0
<i>Ponera coarctata</i>	0	0	0	0	0
<i>Solenopsis fugax</i>	61	9,36	0,53	5,00	41,18
<i>Stenamma striatulum</i>	0	0	0	0	0
<i>Tapinoma erraticum</i>	14	2,15	2,63	1,67	2,94
<i>Temnothorax cf. sordidulus</i>	0	0	0	0	0
<i>Temnothorax unifasciatus</i>	0	0	0	0	0
<i>Temnothorax crassispinus</i>	1	0,15	0	0,28	0
<i>Temnothorax interruptus</i>	2	0,31	0,53	0	0,98
<i>Temnothorax parvulus</i>	44	6,75	11,58	4,44	5,88
<i>Tetramorium cf. caespitum</i>	5	0,77	0	0	4,90
<i>Tetramorium moravicum</i>	30	4,60	15,79	0	0
Število osebkov	652		190	360	102

Sicer je bila tudi po številu ujetih osebkov v vseh pasteh daleč najpogostejša vrsta *Lasius paralienus* z 255 osebki, z večino od njih ujetih na travniku na Socerbu (Priloga A). Sledijo ji *Lasius emarginatus*, *Aphaenogaster subterranea* ter *Solenopsis fugax* (s 85, 69 ter 61 osebki; Slika 8).

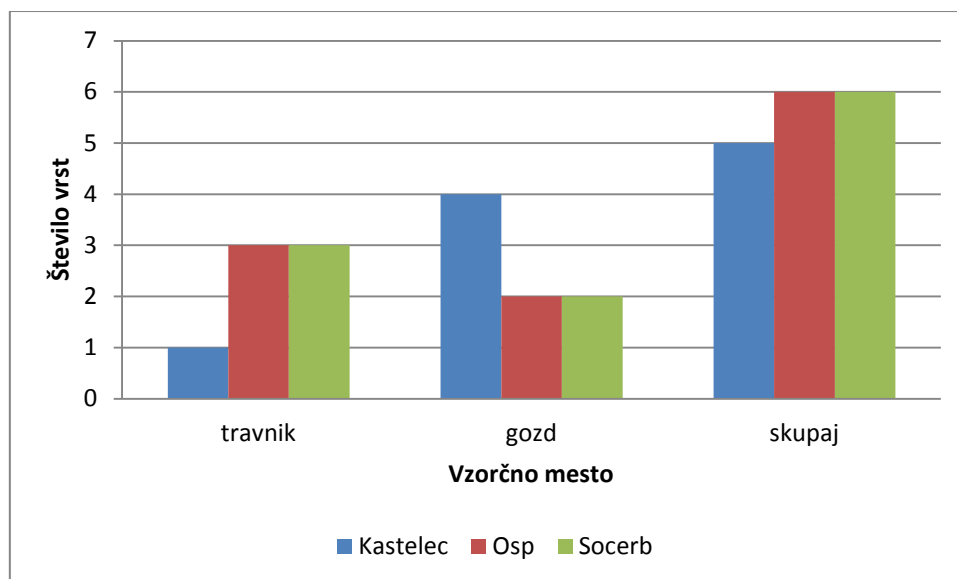


Slika 8: Število osebkov za posamezno vrsto, ujetih z metodo nastavljanja talnih pasti. Za okrajšave taksonov gl. Prilogo I.

Od 33 najdenih vrst so bile do sedaj že vse zabeležene v submediteranskem delu Slovenije, tako da za to fitogeografsko območje nismo našli nobene nove vrste. Našli pa smo sedem takih vrst, ki so bile do sedaj zabeležene samo v submediteranskem območju: *Camponotus dalmaticus*, *C. lateralis*, *Crematogaster schmidti*, *C. sordidula*, *Pheidole pallidula*, *Plagiolepis xene* in *Tetramorium moravicum*. Vseh ostalih 26 vrst je bilo najdenih v večih fitogeografskih območjih (vključno s submediteranskim) (Bračko 2007). Poleg tega smo imeli tudi dve zanimivi najdbi in sicer za vrsti: *Plagiolepis xene* in *Tetramorium moravicum*, ki sta bili do sedaj najdeni samo na parih lokalitetah v submediteranski Sloveniji (Bračko, osebni stik 2014). Dve vrsti (*Temnothorax cf. sordidulus* in *Tetramorium cf. caespitum*) smo sicer težko kategorizirali zaradi nejasnih razlik med določevalnimi znaki. Kljub temu pa smo vrsto *Temnothorax cf. sordidulus* zoogeografsko kategorizirali, saj gre za eno od dveh precej podobnih vrst (*Temnothorax sordidulus* in *Temnothorax saxonicus*) s podobno razširjenostjo. Vrste *Tetramorium cf. caespitum* ni bilo mogoče zoogeografsko kategorizirati, saj gre za kompleks osmih vrst, ki imajo precej različno razširjenost.

3.2 Konstantnost vrst

Slika 9 prikazuje število vrst, ki smo jih našli samo na enem vzorčnem mestu oziroma lokaliteti. Največ edinstvenih vrst je imel gozd v Kastelcu, sledila pa sta mu travnika v Ospu in na Socerbu. V skupno število v slikovnem prikazu so vštete tudi vrste, ki so se obenem pojavljale na obeh vzorčnih mestih ene lokalitete.

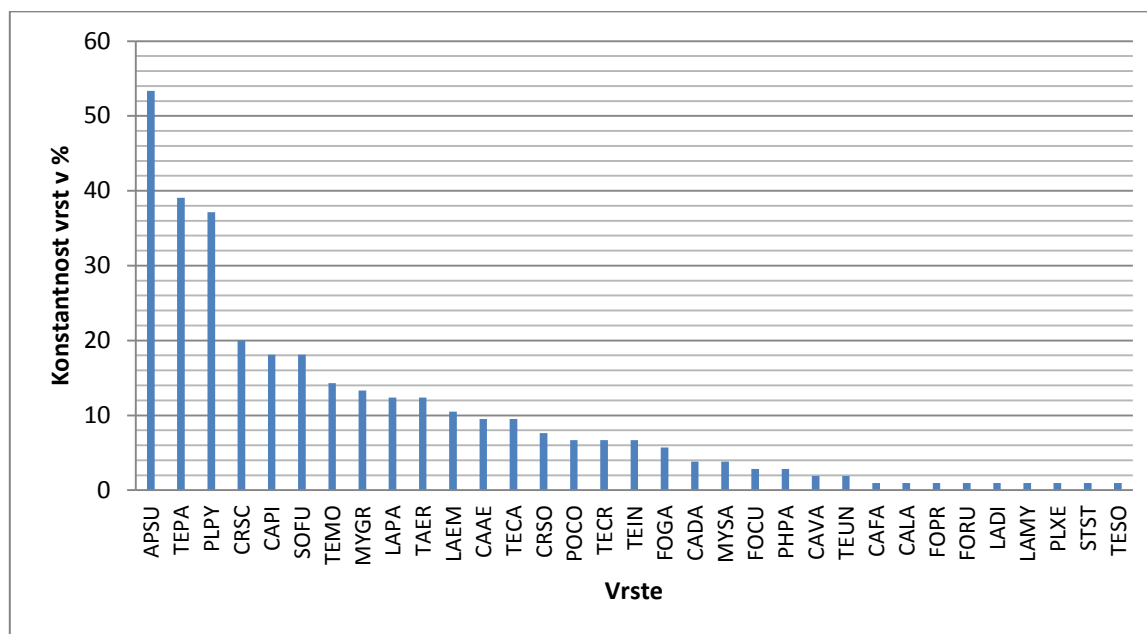


Slika 9: Število vrst najdenih samo na eni lokaliteti in samo na enem vzorčnem mestu.

Poleg edinstvenih vrst smo našli tudi vrste, ki so bile prisotne na vseh treh lokalitetah. Takih vrst je bilo devet: *Aphaenogaster subterranea*, *Camponotus piceus*, *Crematogaster schmidti*, *Myrmecina graminicola*, *Plagiolepis pygmaea*, *Solenopsis fugax*, *Tapinoma erraticum*, *Temnothorax interruptus* in *Temnothorax parvulus*.

Od naštetih vrst so nekatere habitatno specifične, saj so se na vseh treh lokalitetah pojavljale samo na enem vzorčnem mestu. Vrsto *Crematogaster schmidti* smo našli izključno samo v gozdu, *Myrmecina graminicola* in *Temnothorax parvulus* pa prav tako (z izjemo enega samega osebkaja najdenega na travniškem habitatu). Vrsto *Tapinoma erraticum* smo na vseh lokalitetah našli na travnikih, na Socerbu, pa smo en osebek našli tudi v gozdu. Vrste *Aphaenogaster subterranea*, *Camponotus piceus*, *Plagiolepis pygmaea*, *Solenopsis fugax* in *Temnothorax interruptus* smo na vseh treh lokalitetah našli tako na travniku kot v gozdu, kar nakazuje na to, da niso specialisti pri izbiri habitata.

Slika 10 prikazuje konstantnost posamezne vrste na vseh 105 vzorčnih enotah. Iz grafa je opazno odstopanje treh vrst, medtem ko ima ostalih 30 vrst konstantnost manjšo od 20% in ta rahlo pada s posamezno vrsto. Najvišjo konstantnost ima vrsta *Aphaenogaster subterranea*, saj se je pojavljala na 53 % vseh vzorčnih enot. Sledita ji vrsti *Temnothorax parvulus*, ki je zasedala 39 % vzorčnih enot in *Plagiolepis pygmaea* s 37 % konstantnostjo.

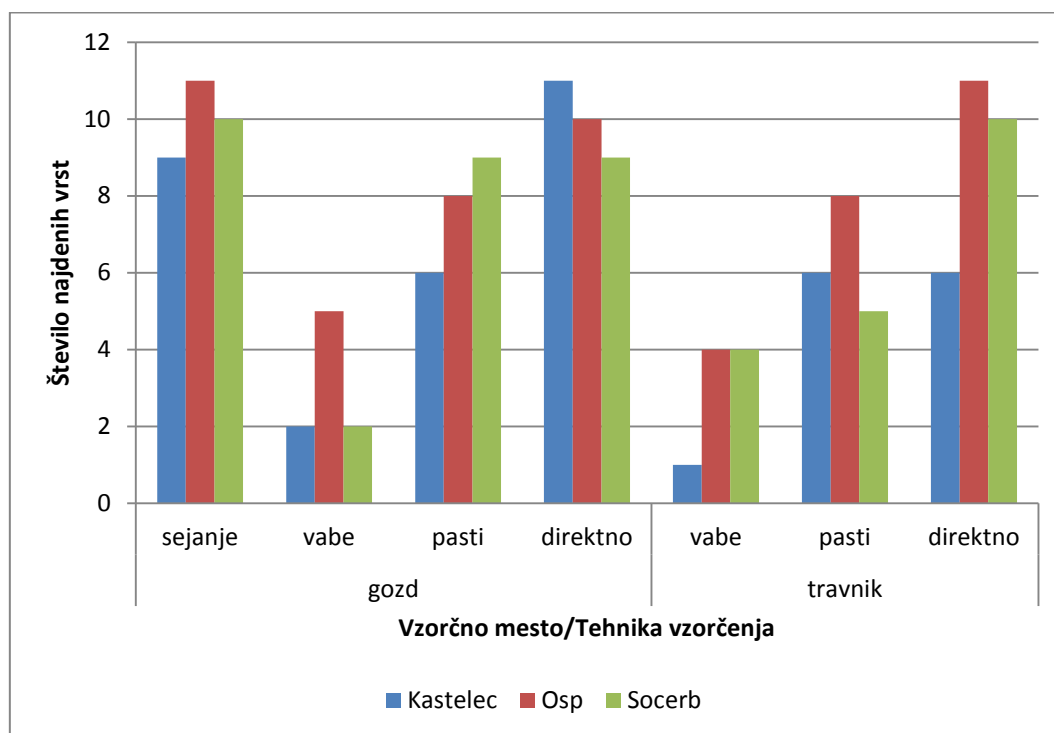


Slika 10: Konstantnost vrst na vseh vzorčnih enotah v %. Za okrajšave taksonov gl. Prilogo I.

3.3 Metode vzorčenja in število vrst

Slika 11 prikazuje število vrst najdenih s posamezno metodo vzorčenja za posamezno vzorčno mesto. V celotni raziskavi se je za najboljšo metodo izkazalo direktno vzorčenje, saj smo z njim našli kar 29 vrst, sledita ji metoda vzorčenja s talnimi pastmi ter sejanje stelje, s katerima smo povzročili po 19 vrst, kot najmanj učinkovita pa se je pokazala metoda vzorčenja z vabami, s katerimi smo našli le 10 vrst. Direktno vzorčenje se je izkazalo kot najboljše zato, ker je aktivno in z njim lahko najdemo tako neposredno mravljišča na preiskovani ploskvi, kot tudi posamezne delavke, ki iščejo hrano v bližini svojih mravljišč. Pri direktnem vzorčenju smo preverili vsako morebitno mesto (večji kamni in odmrli les), kjer bi se lahko nahajale mravlje. Tudi sejanje stelje sodi med aktivne metode in z njo lahko zberemo veliko število vrst, saj se pri sejanju upošteva vsa stelja in tudi zgornja plast humusa. S to metodo smo našli 19 vrst, kar bi lahko pripisali nepazljivemu sejanju stelje, saj obstaja možnost, da smo nekatere mravlje spregledali. Talne pasti, s katerimi smo ravno tako našli 19 vrst, spadajo med pasivne metode vzorčenja in z njimi zbiramo vrste mravelj, ki aktivno iščejo hrano v širokem

območju okrog svojega mravljišča. Znan je podatek, da težja (glinena) tla in večje število kamnov na vzorčnem mestu negativno vplivata na uspešnost te metode (Agosti in sod. 2000). Vrste katerih delavke so manj aktivne na površini tal in imajo manjše teritorije s tako metodo težje dobimo. Na to metodo vplivajo tudi vremenske razmere v času vzorčenja in pa kako dobro smo postavili past. Tako kot pasti, tudi vabe spadajo med pasivne metode vzorčenja, s katerimi smo našli najmanj vrst. Glavni vzrok bi lahko bilo nepopolno vzorčenje, saj Agosti in sod. (2000) navajajo, da je potrebno vabe preverjati vsakih 20 minut v obdobju dveh ur, medtem ko smo jih mi preverili prvič po dveh urah in nato odstranili. Vabe je potrebno preverjati zaradi različnih specifik vrst pri iskanju hrane. Hitre mravlje lahko najdejo vabe hitreje in se čez čas umaknejo, saj jih izpodrinejo dominantne, vendar počasnejše mravlje (Agosti in sod. 2000). Poleg tega bi bil vzrok lahko tudi čas vzorčenja, saj smo z vabami vzorčili le dve uri, medtem ko smo s pastmi vzorčili precej dlje časa (dva tedna).



Slika 11: Število vrst najdenih na različnih vzorčnih mestih z različnimi tehnikami vzorčenj.

Na vseh treh lokalitetah smo nekatere vrste povzorčili samo z eno metodo. Takih vrst je bilo enajst. Kar sedem od njih smo dobili izključno z metodo direktnega vzorčenja. Te vrste so bile: *Camponotus dalmaticus*, *C. lateralis*, *C. piceus*, *Formica pratensis*, *Lasius distinguendus*, *Plagiolepis xene* in *Temnothorax cf. sordidulus*. Od tega smo pri treh od teh (*Camponotus lateralis*, *Formica pratensis* in *Plagiolepis xene*) našli samo po en osebek. Tudi vrsto *Camponotus piceus*, smo na vseh treh lokalitetah na obeh vzorčnih mestih našli pretežno

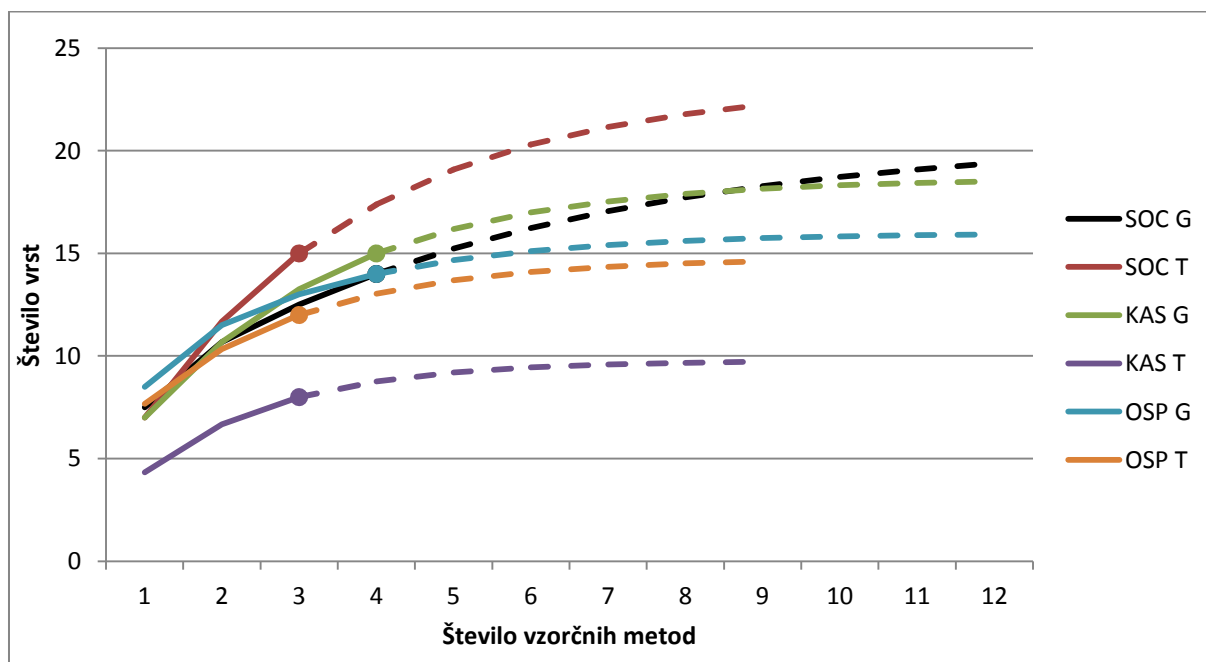
le s pomočjo direktnega vzorčenja, a vendarle smo dve delavki našli tudi pri sejanju stelje v gozdu pri Ospu.

Samo z metodo sejanja smo povzorčili vrsti *Lasius myops* (v gozdu v Ospu) ter *Stenamma striatulum* (v gozdu v Kastelcu) in našli pri vsaki samo eno delavko. *Stenamma striatulum* je namreč vrsta, ki živi v relativno majhnih kolonijah. Delavke redko opazimo na površini tal, so zelo počasne in ob vznemirjenju obmirujejo (Seifert 2007), zato jih z metodo direktnega vzorčenja mnogokrat spregledamo.

Edini osebek vrste *Camponotus fallax* smo našli v pasti, nastavljeni v gozdu na Socerbu.

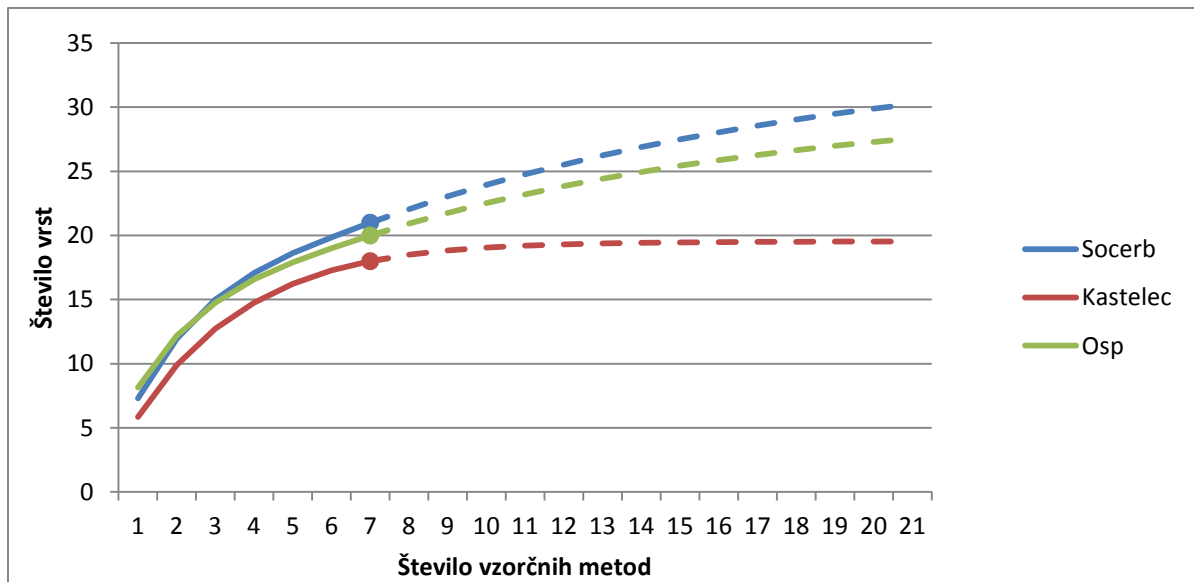
Tudi pri vrsti *Formica rufibarbis* smo našli samo eno delavko, povzorčili pa smo jo z vabo na travniku na Socerbu.

Uspešnost metod vzorčenj je prikazana tudi na Sliki 12 s krivuljo kopičenja vrst. Na grafu vidimo število dejansko najdenih vrst (točke) in število pričakovanih vrst (prekinjena črta), glede na trikratno povečanje obsega vzorčenj. Najmanj novih vrst lahko pričakujemo na travniku v Kastelcu, saj ima krivulja za to vzorčno mesto najmanjši naklon in se proti koncu rahlo izravnava. Enako lahko trdimo tudi za obe vzorčni mesti v Ospu, saj se števili najdenih in pričakovanih vrst bistveno ne razlikujeta. Nasprotno pa lahko rečemo za travnik na Socerbu, saj ima krivulja ves čas strm naklon in se števili dejansko najdenih in pričakovanih vrst bistveno razlikujeta. Tudi v gozdu na Socerbu in v Kastelcu lahko ob povečanju obsega vzorčenj pričakujemo nove vrste.



Slika 12: Krivulja kopičenja vrst za šest vzorčnih mest. Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenj (3 na travniku, 4 v gozdu). Točke označujejo dejansko število najdenih vrst, prekinjena črta prikazuje ocenjeno število vrst. Okrajšave vzorčnih mest: KAS – Kastelec, SOC – Socerbu, OSP – Osp, T – travnik, G – gozd.

Uspešnost metod vzorčenj je prikazana tudi za posamezno lokaliteto (Slika 13), kjer največ novih vrst ob trikratnem povečanju vzorčenj pričakujemo na Socerbu in v Ospu, medtem ko smo imeli v Kastelecu relativno uspešna vzorčenja, saj tam ne pričakujemo bistveno večjega števila novih vrst.



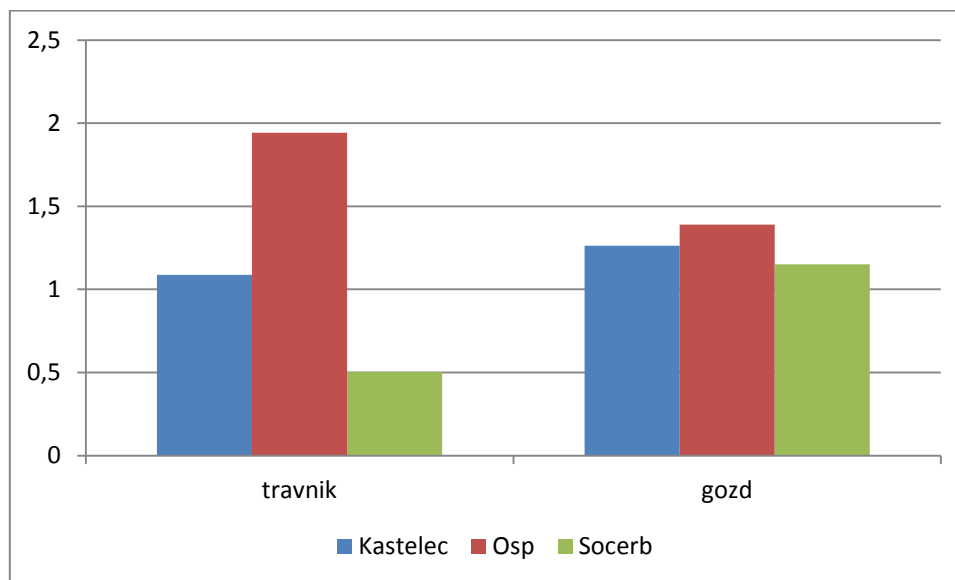
Slika 13: Krivulja kopičenja vrst za tri lokalitete. Uporabljeni so podatki iz vseh sedmih metod vzorčenja na posamezni lokaliteti. Točke označujejo dejansko število najdenih vrst, prekinjena črta prikazuje ocenjeno število vrst.

3.4 Shannon Wienerjev diverzitetni indeks

Vrednost Shannon Wienerjevega diverzitetnega indeksa je bila najvišja v Ospu na obeh vzorčnih mestih, prav tako pa na obeh vzorčnih mestih najmanjša na Socerbu (Preglednica 3, Slika 14). Nizka vrednost indeksa za travnik na Socerbu je posledica velika števila osebkov vrste *Lasius paralienus*, kar pomeni, da je vrsta na travniku dominantna in posledično diverziteta manjša. Kot je tudi iz Slike 6 in Slike 7 razvidno, je na travniku v Ospu največ vrst, obenem pa najmanj ulovljenih osebkov, zato je tudi razumljivo, da je diverzitetni indeks za to vzorčno mesto najvišji. Poleg tega so tudi deleži posameznih vrst na travniku v Ospu najbolj enakomerno razporejeni in nobena vrsta ne izstopa močno.

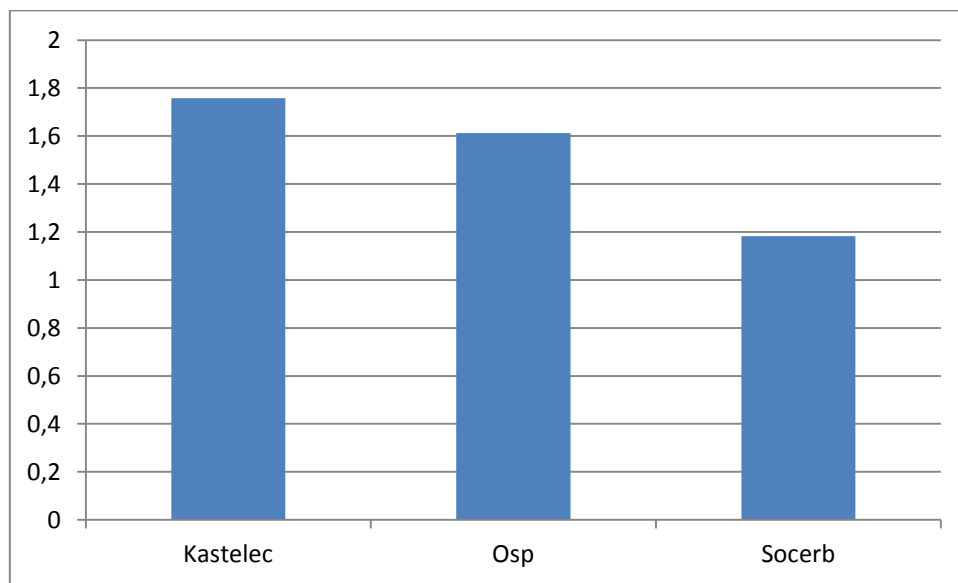
Preglednica 3: Vrednosti Shannon Wienerjevega diverzitetnega indeksa za posamezne lokalitete in vzorčna mesta. Uporabljeni so podatki iz nastavljanja talnih pasti.

	Kastelec	Osp	Socerb
Travnik + gozd	1,76	1,61	1,18
Travnik	1,09	1,94	0,50
Gozd	1,26	1,39	1,15



Slika 14: Shannon Wienerjev diverzitetni indeks za vzorčna mesta vseh treh lokalitet.

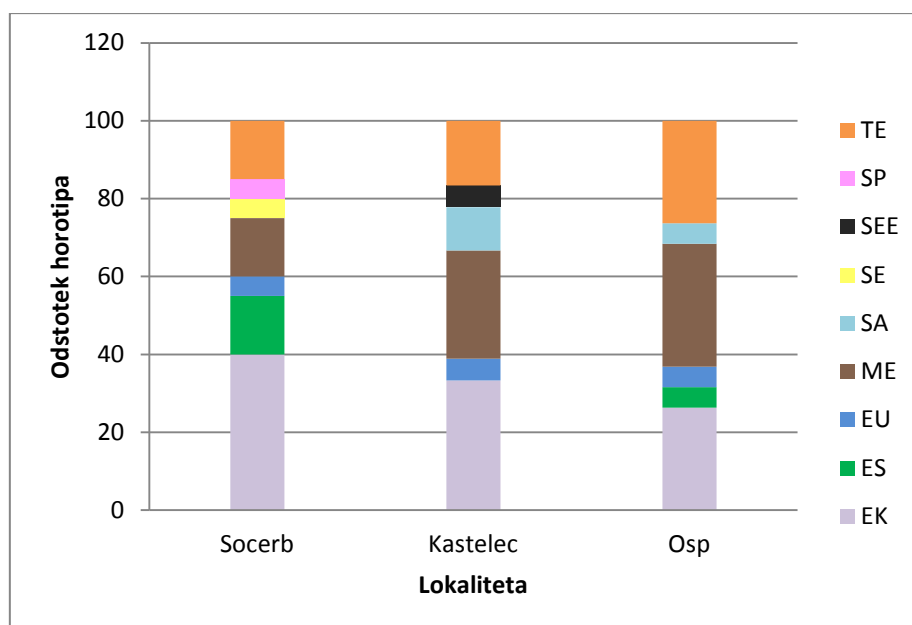
Shannon Wienerjev indeks je bil v primerjavi med tremi lokalitetami najvišji v Kastelcu, najnižji pa na Socerbu (Slika 15). Vrednosti med Kastelcem in Ospom se med sabo ne razlikujejo bistveno. Razlaga za nižjo vrednost indeksa na Socerbu je dominantnost vrste *Lasius paralienus*. Lokaliteta na Kastelcu obenem predstavlja prehodno območje med Slovensko Istro in Podgorskim krasom zato lahko na tem območju pričakujemo večjo diverzitetu vrst. Podobne rezultate je dobil tudi Karaman (2011), saj je najvišjo diverzitetu izmeril na nadmorski višini med 100 in 300 m na prehodu med Mediteranom in mešanim listopadnim gozdom.



Slika 15: Shannon Wienerjev diverzitetni indeks za vse tri lokalitete.

3.5 Razporejenost horotipov

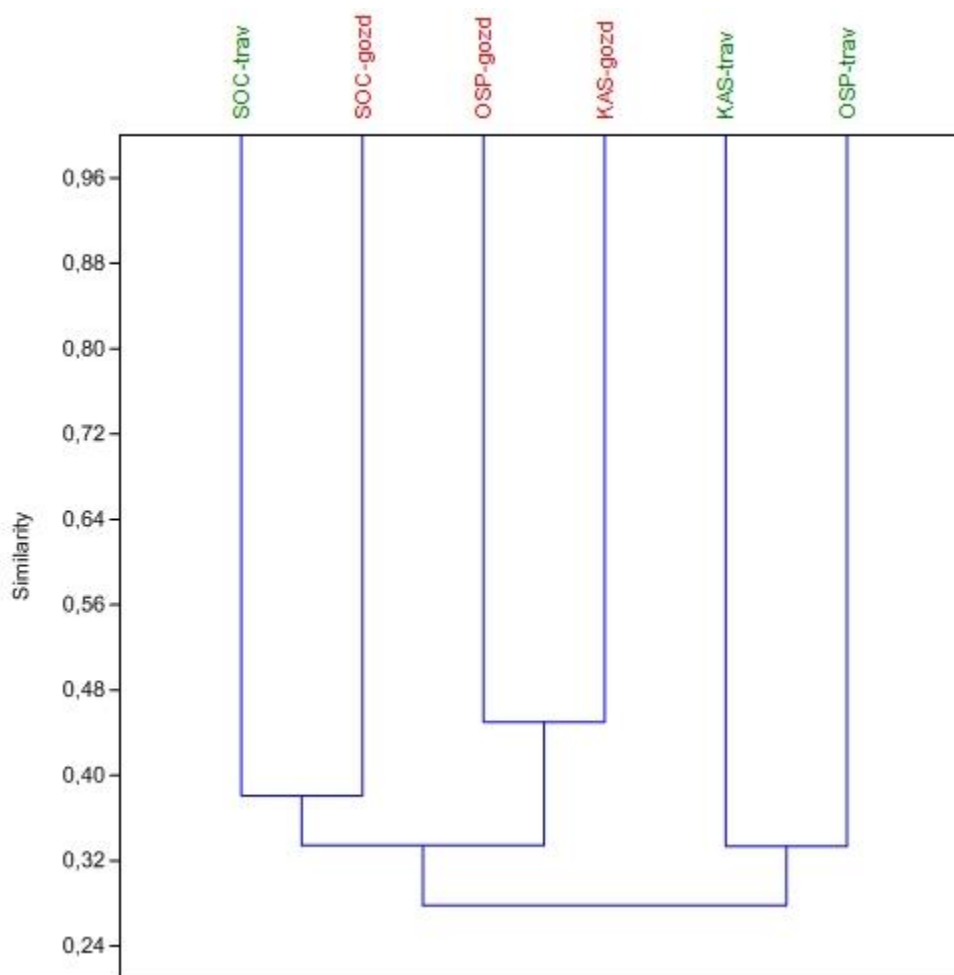
Glede na njihovo zoogeografsko pripadnost smo vrste uvrstili v devet horotipov (Priloga A). Največ vrst je evrokavkaških, ki jim sledijo mediteranske in tetidske vrste. Razporejenost horotipov (Slika 16) vzdolž lokalitet Kraškega roba sovпада s pričakovanim v tem smislu, da bomo v krajih z nižjo nadmorsko višino in višjimi povprečnimi letnimi temperaturami našli več mediteranskih in tetidskih vrst (Karaman 2011). Z nižje ležečimi lokalitetami se povečuje odstotek mediteranskih in tetidskih vrst, znižuje pa se odstotek evropsko (zahodno) sibirskih, južno palearktičnih ter evrokavkaških vrst. Je pa treba poudariti, da se uvrstitve vrst v horotipe med različnimi avtorji sicer nekoliko razlikujejo.



Slika 16: Prikaz horotipov vrst za posamezno lokaliteto. Prikazani so podatki iz vseh metod vzorčenj. Okrajšave: EK – evrokavkaški, ES – evropsko (zahodno) sibirski, EU- evropski, ME – mediteranski, SA – južnoevropsko anatolski, SE – južno evropski, SEE – jugovzhodno evropski, SP – južno palearktični, TE – tetidski tip.

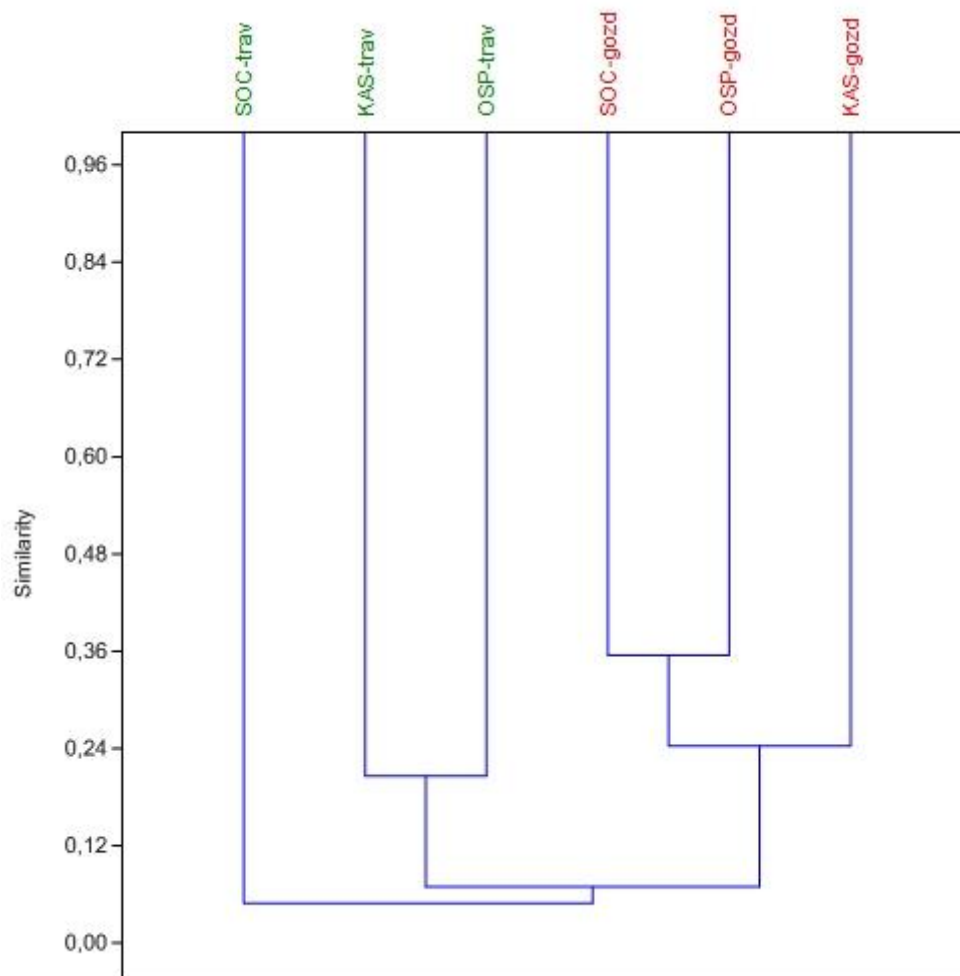
3.6 Podobnost združb mravelj med vzorčnimi mesti – klasterska analiza

Slika 17 prikazuje podobnost med šestimi vzorčnimi mesti ob upoštevanju prisotnosti vrst. Ločitev gozdnih in travniških vzorčnih mest je nakazana, a ni jasno definirana, saj se travnik na Socerbu priključi trem gozdnim vzorčnim mestom. To pojasnjujemo s tem, da je ta travnik v stadiju sukcesije (Slika 2), kar dokazujejo tudi najdbe vrst *Lasius emarginatus* in *Myrmecina graminicola*, ki smo ju sicer našli le v gozdnih habitatih (Prilogi A in B). Na podlagi rezultatov lahko rečemo, da imamo tri različne združbe, čeprav smo pričakovali dve na vsaki lokaliteti: (1) v gozdu, (2) na travniku (Kastelec in Osp) in (3) na travniku v sukcesiji (Socerb). Po sestavi favne mravelj sta si najbolj podobna gozda v Ospu ter v Kastelcu.



Slika 17: Dendrogram podobnosti za šest vzorčnih mest s Kraškega roba (Jaccardov indeks). Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst).

Slika 18 prikazuje podobnost med šestimi vzorčnimi mesti ob upoštevanju abundanc vrst, kar pomeni, da so upoštevani le rezultati dobljeni z metodo talnih pasti. Tako kot na podlagi analize z Jaccardovim indeksom je tudi tu ločitev gozdnih in travniških vzorčnih mest samo nakazana in ni jasno definirana; najbolj samosvoj je zaraščajoči travnik na Socerbu (zaradi velike abundance vrste *Lasius paralienus*), ostali dve skupini pa tvorita preostala travnika (Kastelec, Osp) in vsi trije gozdni habitati. S temi podatki smo le potrdili rezultate enake analize, narejene na podlagi prisotnosti vrst (gl. pojasnilo pri Sliki 17, gl. tudi Prilogo C).



Slika 18: Dendrogram podobnosti za šest vzorčnih mest s Kraškega roba (Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst).

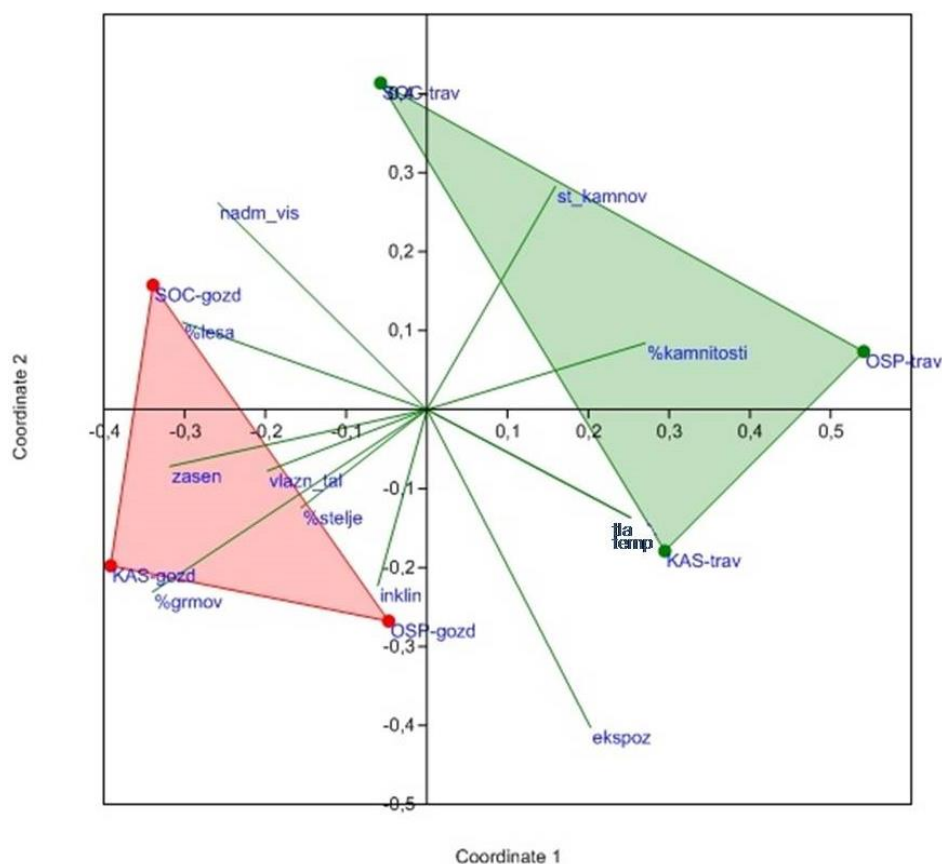
3.7 Povezanost okoljskih parametrov s sestavo favne

Rezultati opisne statistike za 12 okoljskih parametrov s šestih vzorčnih mest na Kraškem robu so podani v Preglednici 4. Najvišje število kamnov smo zabeležili na travniku v Ospu, medtem ko je odstotek kamnitosti najvišji v gozdu v Kastelcu. Odstotek stelje je najvišji v gozdu v Ospu, odstotek mrtvega lesa pa v gozdu na Socerbu. Odstotek pokritosti z grmi je najvišji v gozdu v Ospu. Najvišjo nadmorsko višino ima lokaliteta Socerb, najnižjo pa Osp. Najbolj strmo vzorčno mesto predstavlja gozd v Kastelcu. Povprečna letna temperatura je najvišja v Ospu, medtem ko je na Socerbu in Kastelcu za 2°C nižja.

Preglednica 4: Rezultati določevanja okoljskih parametrov. Za vsak parameter so podane povprečne vrednosti in standardna napaka ter v oklepajih še minimalna in maksimalna vrednost. (Okoljski parameter »tip tal« ni vključen v preglednico).

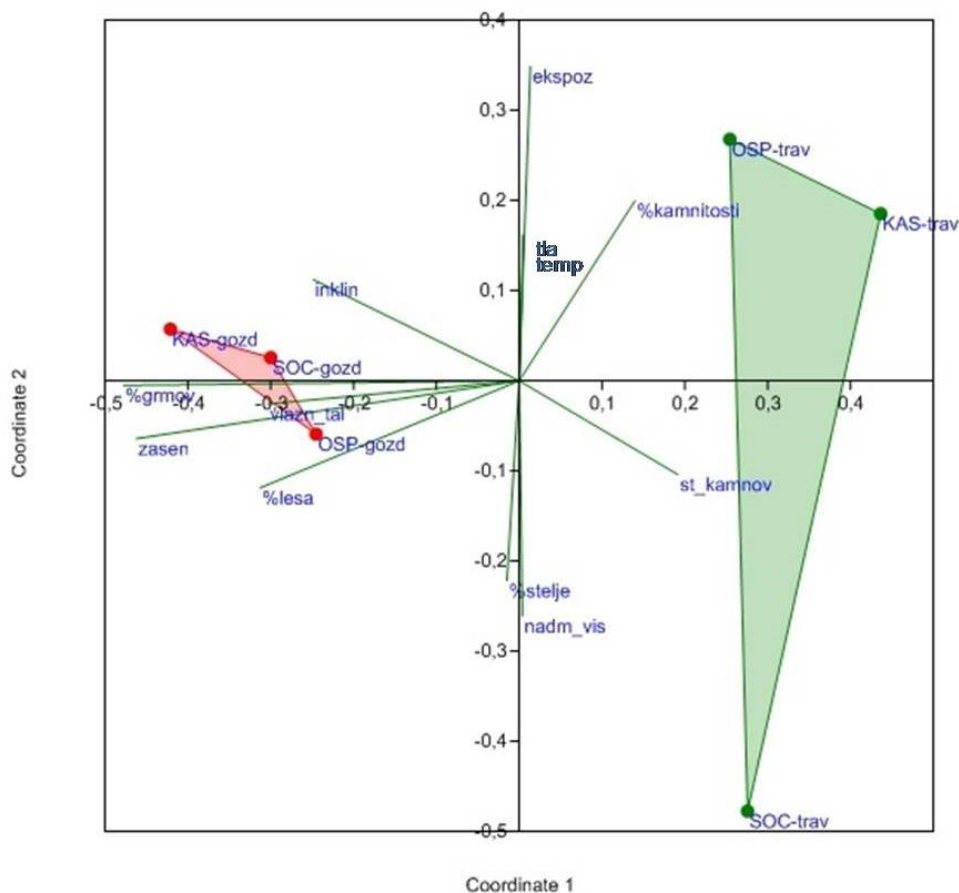
Okoljski parameter	Socerb		Kastelec		Osp	
	Travnik	Gozd	Travnik	Gozd	Travnik	Gozd
Število kamnov	29,8 ± 10,4 [10, 120]	6,2 ± 2,3 [1, 24]	6,5 ± 1,4 [1, 15]	19,3 ± 4,4 [5, 40]	32 ± 9,3 [0, 100]	2,7 ± 2 [0, 20]
Odstotek kamnitosti	22,4 ± 7,1 [5, 82]	5 ± 1,9 [1, 20]	9,3 ± 4,6 [1, 50]	34,2 ± 7,2 [5, 70]	19,5 ± 6,8 [0, 70]	2,7 ± 2,5 [0, 25]
Odstotek stelje	54,5 ± 8,2 [10, 80]	46,5 ± 8,6 [15, 90]	64,5 ± 4,6 [40, 80]	40 ± 5,8 [20, 80]	12,8 ± 4,8 [1, 50]	68 ± 5,1 [50, 90]
Odstotek mrtvega lesa	4,6 ± 1,9 [0, 20]	17,1 ± 3 [1, 30]	0	3 ± 0,7 [1, 5]	0,6 ± 0,2 [0, 1]	7,9 ± 2,5 [1, 25]
Pokritost z grmi (v odstotkih)	0,7 ± 0,5 [0, 50]	12 ± 4,2 [0, 40]	1 ± 1 [0, 10]	11,3 ± 5,4 [0, 50]	0,1 ± 0,1 [0, 1]	15,6 ± 4,3 [1, 40]
Nadmorska višina	435 m	430 m	306 m	288 m	45 m	50 m
Ekspozicija	ZSZ	ZSZ	ZJZ	ZJZ	ZJZ	ZJZ
Inklinacija	3,42°	1,06°	1,67°	14,54°	9,16°	8,62°
Vlažnost tal	suha	sveža	suha	suha	suha	sveža
Zasenčenost	majhna	zmerna	nezasenčeno	srednja	majhna	zmerna
Povprečna letna temperatura	11°C	11°C	11°C	11°C	13°C	13°C

V nemetrično multidimenzionalno skaliranje (Slika 19) je bilo vključenih 33 taksonov, zbranih z vsemi metodami vzorčenja, na podlagi njihove **prisotnosti** (gl. poglavje 3.1 Seznam vrst, Preglednica 2), ter 12 okoljskih parametrov (Preglednica 1). Vzdolž prve osi se najbolj zvišujejo vrednosti za odstotek kamnitosti, znižujejo pa vrednosti za odstotek pokritosti z grmi. Vzdolž druge osi se najbolj zvišuje število kamnov, znižuje pa ekspozicija. Vzorci nabranih mravelj iz travniških habitatov (zlasti iz Kastelca in Ospa) vzdolž prve osi pozitivno korelirajo predvsem z naslednjimi parametri: odstotkom kamnitosti (0,57), temperaturo (0,53), tipom tal (0,53), ekspozicijo (0,42) in številom kamnov (0,33), negativno pa predvsem z odstotkom pokritosti grmov (-0,71), zasenčenostjo (-0,67), nadmorsko višino (-0,54), odstotkom lesa (-0,63), vlažnostjo tal (-0,41) in odstotkom stelje (-0,33). Obratno velja za gozdne habitate. Vzdolž druge osi vzorci iz travniških habitatov pozitivno korelirajo predvsem še s številom kamnov (0,59) in nadmorsko višino (0,55), negativno pa predvsem z ekspozicijo (-0,84), odstotkom pokritosti grmov (-0,48) ter inklinacijo (-0,47). Iz tega sklepamo, da so se vrste na travniških habitatih pojavljale na mestih, kjer je bil višji odstotek kamnitosti in višja temperatura, medtem ko vrste najdene v gozdnih habitatih preferirajo območja z višjo pokritostjo z grmi ter zasenčenostjo. Korelacije vseh okoljskih parametrov s prvima dvema osema so povzete v Prilogi D.



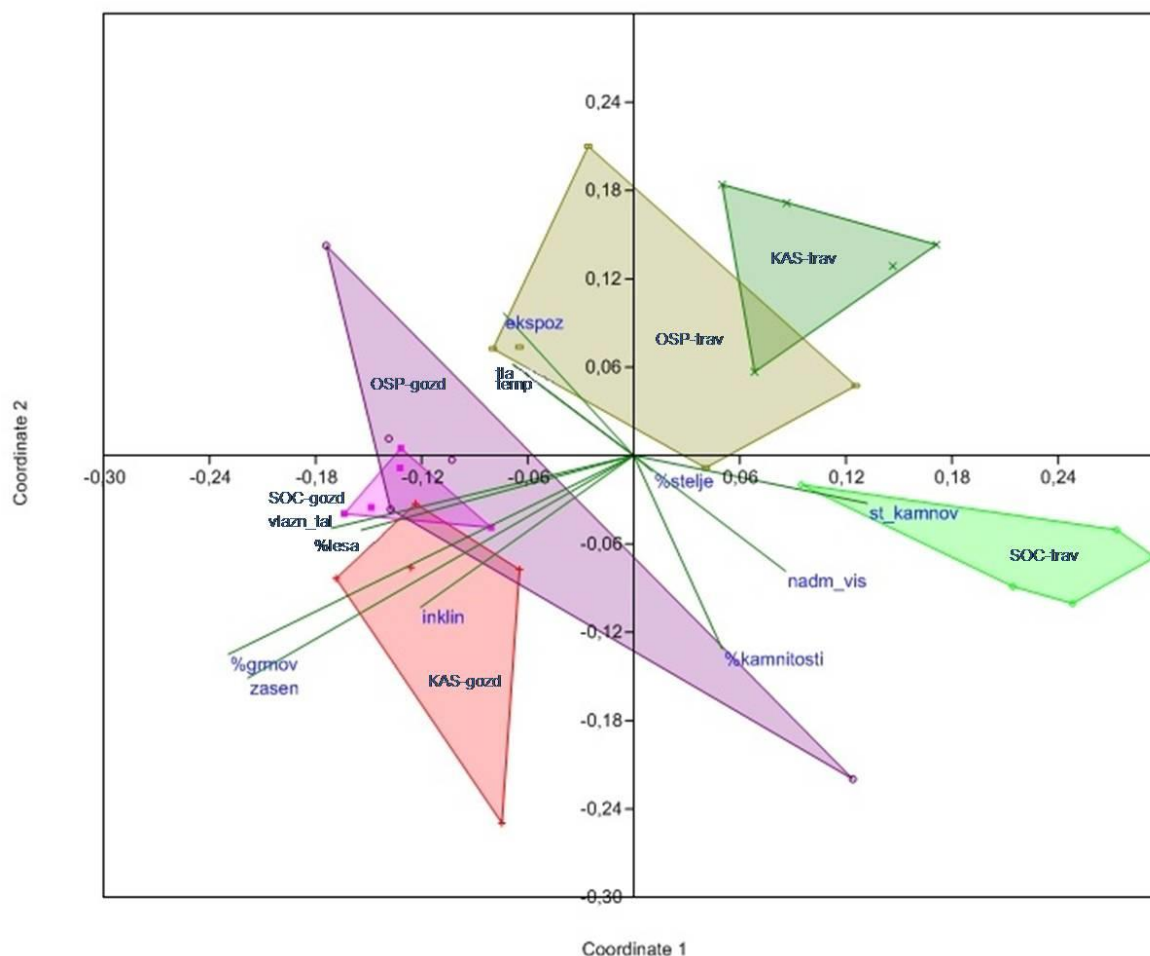
Slika 19: Projekcija šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Jaccardov indeks). Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst).

Naredili smo tudi nemetrično multidimenzionalno skaliranje (Slika 20) na podlagi **povprečnih abundanc vrst**, kar pomeni, da je bilo vključenih 19 taksonov, zbranih z metodo nastavljanja talnih pasti (gl. pogl. 3.1 Seznam vrst, Preglednica 2), ter 12 okoljskih parametrov (Preglednica 1). Vzdolž prve osi se najbolj zvišujejo vrednosti za število kamnov, znižujejo pa vrednosti za odstotek pokritosti z grmi. Vzdolž druge osi se najbolj zvišujejo vrednosti za ekspozicijo, znižujejo pa se vrednosti za nadmorsko višino. Vzorci iz travniških habitatov vzdolž prve osi pozitivno korelirajo predvsem z naslednjima parametroma: številom kamnov (0,37) in odstotkom kamnitosti (0,27), negativno pa predvsem z odstotkom pokritosti grmov (-0,92), zasenčenostjo (-0,89), odstotkom lesa (-0,60), vlažnostjo tal (-0,58) in inklinacijo (-0,48). Obratno velja za gozdne habitate. Vzdolž druge osi vzorci iz travniških habitatov pozitivno korelirajo še z ekspozicijo (0,67), odstotkom kamnitosti (0,38), tipom tal (0,31) ter temperaturo (0,31), negativno pa z nadmorsko višino (-0,50) ter odstotkom stelje (-0,42). Tudi pri tej analizi so bili taksoni travniških habitatov v povezavi z višjim odstotkom kamnitosti in višjo temperaturo, medtem ko so vrste najdene v gozdnih habitatih v največji povezavi z območji z večjo pokritostjo z grmi ter višjo zasenčenostjo. Korelacije vseh okoljskih parametrov s prvima dvema osema so povzete v Prilogi E.



Slika 20: Projekcija šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst).

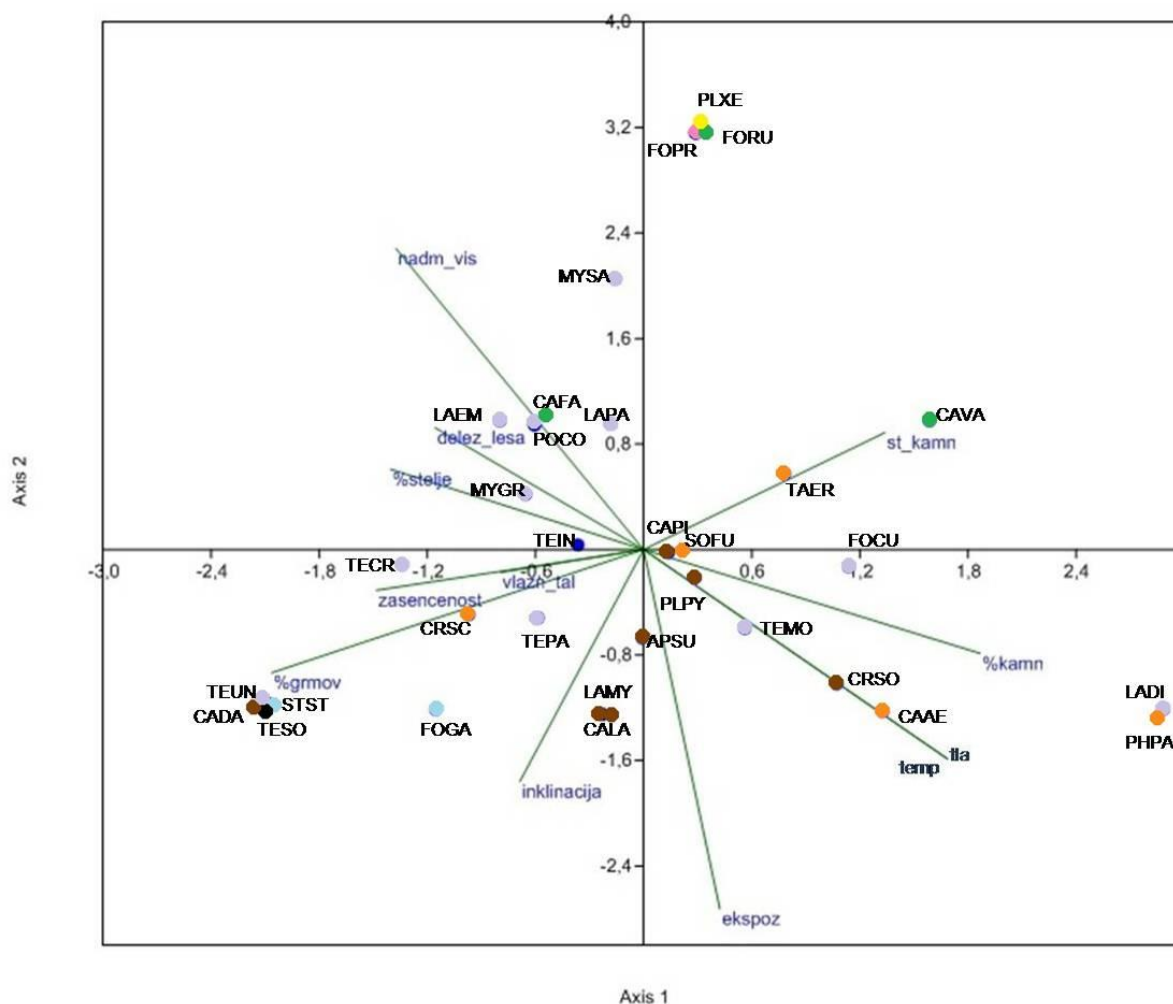
Nemetrično multidimenzionalno skaliranje (Slika 21) za podatke iz pasti smo ponovili tako, da smo upoštevali tudi **abundance vrst za posamezne pasti**. Vključenih je bilo 19 taksonov, ter 12 okoljskih parametrov (Preglednica 1). Vzdolž prve osi se najbolj zvišujejo vrednosti za število kamnov, znižujejo pa vrednosti za odstotek pokritosti z grmi. Vzdolž druge osi se najbolj zvišujejo vrednosti za ekspozicijo, znižuje pa se vrednost za zasenčenost. Vzorci iz travniških habitatov vzdolž prve osi pozitivno korelirajo predvsem z naslednjimi parametri: številom kamnov (0,40), nadmorsko višino (0,28) in odstotkom kamnitosti (0,14), negativno pa korelirajo z odstotkom pokritosti z grmi (-0,71), zasenčenostjo (-0,67), vlažnostjo tal (-0,50) in odstotkom mrtvega lesa (-0,45). Obratno velja za gozdne habitate. Vzdolž druge osi vzorci iz travniških habitatov pozitivno korelirajo še z ekspozicijo (0,33), temperaturo (0,19) in tipom tal (0,19), negativno pa predvsem z zasenčenostjo (-0,48), odstotkom pokritosti grmov (-0,42) ter z odstotkom kamnitosti (-0,40). Tudi pri tej analizi so taksoni travniških habitatov vezani na območja z večjo kamnitostjo in višjo temperaturo in taksoni gozdnih habitatov na območja z višjo pokritostjo z grmi in večjo zasenčenostjo. Jasno pa je opazno, da se vzorci razdelijo v tri skupine: gozdno (vse tri lokalitete), travniško (Kastelec, Osp), travnik v sukcesiji (Socerb) pa nekoliko odstopa tako od gozdnih habitatov kot tudi od preostalih travniških. S tem potrjujemo rezultate klusterske analize (gl. Sliki 17 in 18), kot tudi analiz nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja, kjer je vzorčno mesto iz travnika na Socerbu prav tako najbolj oddaljeno od drugih dveh travniških habitatov na projekciji vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi (Sliki 19, 20). Korelacije vseh okoljskih parametrov s prvima dvema osema so povzete v Prilogi F.



Slika 21: Projekcija 30 talnih pasti s šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz posamezne pasti (abundanca vrst).

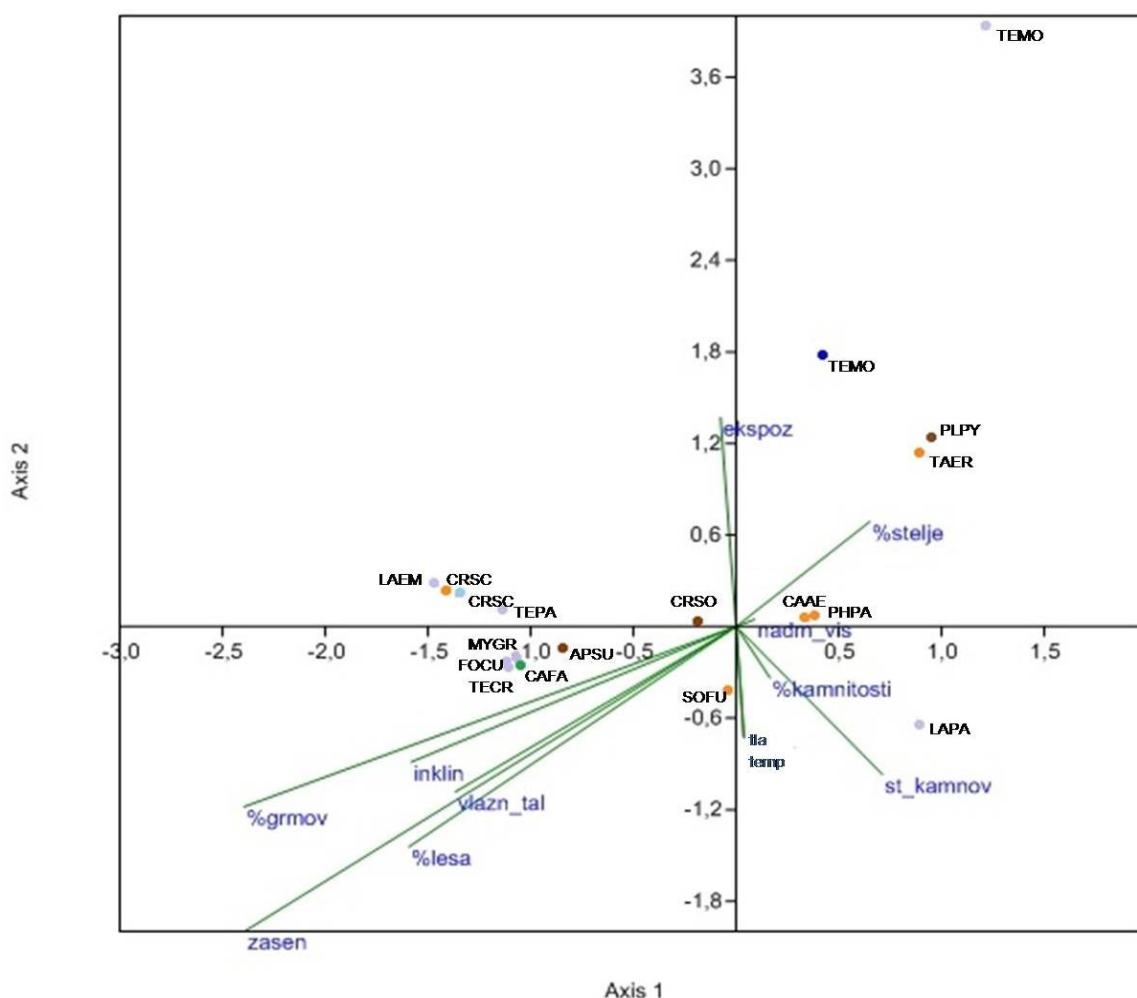
V kanonično korespondenčno analizo (Slika 22) je bilo vključenih 32 taksonov, zbranih z vsemi metodami vzorčenj, na podlagi njihove **prisotnosti** (gl. pogl. 3.1 Seznam vrst, Preglednica 2), ter 12 okoljskih parametrov (Preglednica 1). Prva os je razložila 27,92 % skupne variabilnosti podatkov, druga pa nadaljnjih 23,71 %. S prvo osjo najbolj pozitivno korelirajo vrednosti za odstotek kamnitosti, tip tal ter temperaturo, najbolj negativno pa vrednosti za odstotek pokritosti z grmi, zasenčenost ter odstotek stelje. Z drugo osjo najbolj pozitivno korelirata vrednosti za nadmorsko višino ter odstotek mrtvega lesa, najbolj negativno pa vrednosti za ekspozicijo, temperaturo ter tip tal. Višje vrednosti parametrov, ki pozitivno korelirajo s prvo osjo ustrezajo zlasti mediteranskim ter tetidskim vrstam. Vidimo lahko, da so mediteranske vrste v našem primeru ekološko vezane tudi na višje inklinacije habitatov (inklinacija je bila visoka v gozdu v Kastelcu ter v obeh habitatih v Ospu, Preglednica 4), poleg tega imata lokaliteti v Kastelcu in Ospu ekspozicijo zahod jugozahod (ZJZ), kar pomeni, da je pobočje močno termofilno. Predstavnika južnoevropsko anatolskih vrst (*Stenamma striatum* [STST] in *Formica gagates* [FOGA]) se pojavljata na območjih z

višjo inklinacijo ter višjim odstotkom pokritosti z grmi. Če izvzamemo tri predstavnike evrokavkaških vrst (*Tetramorium moravicum* [TEMO], *Formica cunicularia* [FOCU] in *Lasius distinguendus* [LADI]), ki se nahajajo na desni strani grafa in izkazujejo bolj termofilno naravo, so bile skoraj vse vrste te geografske pripadnosti najdene v gozdovih (Prilogi A in B), iz česar lahko sklepamo, da so vezane na višje odstotke pokritosti z grmi, višjo zasenčenost ter vlažnost tal in višja odstotka stelje in mrtvega lesa. Mravlje, ki pripadajo drugim horotipom pa so razporejene bolj ali manj vzdolž celotnega gradienta različnih okoljskih dejavnikov iz česar lahko sklepamo, da niso vezane na habitate s specifičnimi okoljskimi parametri in jih lahko uvrstimo med generaliste. Korelacije okoljskih parametrov s prvo in drugo osjo so povzete v prilogi G.



Slika 22: Projekcija taksonov (za okrajšave gl. Prilogo I) mravelj (Formicidae) s treh lokalitet in šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v odvisnosti od dvanajstih okoljskih parametrov (vektorji; za okrajšave gl. Preglednico 1). Prva os razloži 27,92 % in druga 23,71 % skupne variabilnosti podatkov. Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja. Barve horotipov taksonov: rjava - mediteranske, oranžna - tetidske, črna - jugovzhodno evropska, modra - južnoevropsko anatolska, vijolična - evrokavkaška, roza - južno palearktična, rumena – južnoevropska, zelena – evropsko (zahodno) sibirski, temno modra – evropska vrsta.

V ponovno kanonično korespondenčno analizo (Slika 23) je bilo vključenih 18 taksonov, zbranih z metodo nastavljanja talnih pasti, na podlagi **njihovih povprečnih abundanc** (gl. pogl. 3.1 Seznam vrst, Preglednica 2), ter 12 okoljskih parametrov (Preglednica 1). Prva os je razložila 30,74 % skupne variabilnosti podatkov, druga pa nadaljnjih 24,38 %. S prvo osjo najbolj pozitivno korelirajo vrednosti za število kamnov, odstotek stelje ter odstotek kamnitosti, najbolj negativno pa vrednosti za odstotek pokritosti z grmi, zasenčenost ter odstotek mrtvega lesa. Z drugo osjo najbolj pozitivno korelirata vrednosti za ekspozicijo ter odstotek stelje, najbolj negativno pa zasenčenost, odstotek mrtvega lesa ter odstotek pokrivenosti grmov. S to analizo potrjujemo glavne rezultate, ki smo jih pridobili z zgornjo analizo na podlagi prisotnosti vrst (gl. pojasnilo pri Sliki 22). Korelacije okoljskih parametrov s prvo in drugo osjo so povzete v Prilogi H.



Slika 23: Projekcija taksonov (za okrajšave gl. Prilogo I) mravelj (Formicidae) s treh lokalitet in šestih vzorčnih mest vzdolž prvih dveh osi v odvisnosti od dvanajstih okoljskih parametrov (vektorji; za okrajšave gl. Preglednico 1). Prva os razloži 30,74 % in druga 24,38 % skupne variabilnosti podatkov. Uporabljeni so povprečni podatki iz pasti (abundanca vrst). Barve horotipov taksonov: rjava – mediteranske, oranžna – tetidske, modra – južnoevropsko anatolska, vijolična – evrokavkaška, zelena – evropsko (zahodno) sibirski, temno modra – evropska vrsta.

4 ZAKLJUČEK

Mravlje (Hymenoptera: Formicidae) so evsocialne žuželke, ki jih najdemo skoraj povsod na našem planetu (Sudd in Franks 1987). Zaradi svoje velike biomase predstavljajo nepogrešljiv člen v vseh ekosistemih (Hölldobler in Wilson 1990). Razvile so številne mutualistične odnose tako z živalskimi kot tudi z rastlinskimi vrstami (Sudd in Franks 1987).

Kljub temu, da so mravlje zaradi svojih edinstvenih značilnosti uporabne za raziskave kot bioindikatorji, so v njih le malokrat upoštevane. Domnevajo, da je to posledica slabega poznavanja povezave med okoljskimi parametri in sestavo favne mravelj (Castracani in sod. 2010).

V zaključni nalogi smo ugotavljali sestavo favne mravelj in njeno povezavo z okoljskimi parametri na območju Kraškega roba. Na treh lokalitetah smo popisali favno mravelj in preverjali habitatne preference vrst na travniških in gozdnih habitatih. Skupno smo zabeležili 33 vrst mravelj. V primerjavi med gozdnimi in travniškimi habitatami smo več vrst našli v gozdovih. Glede na posamezno vzorčno mesto smo največ (15) vrst našli na Socerbu na travniku ter v Kastelcu v gozdu. V pasteh, kjer smo zabeležili tudi abundanco vrst, je bila vrsta z daleč največ osebki *Lasius paralienus*. Vrstna pestrost, ki smo jo izrazili s Shannon Wienerjevim diverzitetnim indeksom je bila najvišja v Kastelcu, najnižja pa na Socerbu.

Potrdili smo obe naši hipotezi in sicer:

- (1) predvidevali smo, da bodo različne metode vzorčenja mravelj različno uspešne pri zbiranju živali ter
- (2) da okoljski parametri pomembno vplivajo na prisotnost različnih taksonov mravelj, saj imajo vrste različne habitatne zahteve.

Glede števila vrst, ki smo jih našli s posamezno metodo vzorčenja, smo na vseh treh lokalitetah največ vrst našli z metodo direktnega vzorčenja, kot manj učinkoviti metodi sta se izkazali sejanje stelje in talne pasti, kot najmanj učinkovita pa vabe. To lahko pojasnujemo s tem, da z različnimi metodami vzorčimo vrste z različnim načinom gnezdenja in različnimi vedenjskimi vzorci, zato je pri vzorčenjih potrebno kombinirati več metod. Poleg tega je med vzorčenjem prihajalo tudi do napak. S krivuljo kopičenja vrst, kjer smo preverjali uspešnost metod, smo najbolje povzorčili lokaliteto v Kastelcu, največ novih vrst pa lahko pričakujemo na Socerbu in v Ospu.

Podobnost v sestavi vrst med šestimi vzorčnimi mesti smo ugotavljali s klustersko analizo. Prišli smo do ugotovitev, da je ločitev med združbami mravelj v gozdnih in travniških habitatih samo nakazana, saj se travniška združba na Socerbu priključi združbam v gozdnih vzorčnih mestih, kar lahko pojasnimo z dejstvom, da je travnik v stadiju sukcesije. Stanje travnika dokazujeta tudi najdbi vrst *Lasius emarginatus* in *Myrmecina graminicola*, ki smo ju

sicer našli le v gozdnih habitatih. Na podlagi rezultatov lahko rečemo, da imamo tri združbe, čeprav smo pričakovali dva na vsaki lokaliteti: 1) v gozdu, 2) na travniku (Kastelec in Osp) in 3) na travniku v sukcesiji (Socerb).

Za ugotavljanje okoljskih parametrov, ki vplivajo na prisotnost taksonov smo uporabili dve analizi, in sicer nemetrično multidimenzionalno skaliranje (NMDS) in kanonično korespondenco (CCA).

S pomočjo analize nemetričnega multidimenzionalnega skaliranja so se kot glavni okoljski dejavniki, ki vplivajo na gozdne združbe izkazali: visok odstotek lesa, visok odstotek pokritosti z grmi ter visoka zasenčenost, kot glavna dejavnika, ki vplivata na travniške združbe pa sta se izkazala: visok odstotek kamnitosti ter visoko število kamnov.

Kanonična korespondenčna analiza je pokazala razdelitev vrst na specialiste ter generaliste. Med specialiste glede na horotip spadajo mediteranske, južnoevropsko anatolske, tetidske ter evrokavkaške vrste, saj preferirajo habitate s specifičnimi okoljskimi parametri. Za mediteranske vrste smo ugotovili, da zahtevajo habitate z višjimi temperaturami ter višjo inklinacijo. Na območja z višjo inklinacijo ter višjim odstotkom pokritosti z grmi so vezane tudi južnoevropsko anatolske vrste. Tetidske vrste so omejene na območja z višjimi temperaturami ter višjim številom in odstotkom kamnov. Za evrokavkaške vrste pa smo prišli do ugotovitev, da preferirajo habitate z višjo zasenčenostjo, vlažnostjo tal ter visokim odstotkom pokritosti grmov in mrtvega lesa.

5 LITERATURA

Agosti D., Majer J.D., Alonso L.E. Schultz T.R. 2000. Field Techniques for the Study of Ground – Dwelling Ants. V: Bestelmeyer B.T. (ur.). Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity. London, Smithsonian Institution: 122 – 144.

Alvarado M. 2000. Habitat correlates of ant assemblages in different forests of the South Pannonian Plain. Tiscia 32: 35 – 42.

Antbase. www.antbase.org (datum dostopa: 29.6.2014)

Bolton B. 2003. Synopsis and classification of Formicidae. Memoirs of the American Entomological Institute 17.

Borowiec L. 2014. Catalogue of ants of Europe, the Mediterranean Basin and adjacent regions (Hymenoptera: Formicidae). Biologica Silesiae 25 (1 – 2): 1 – 340.

Božić B. 2013. Stanišna uvjetovanost raznolikosti faune mrava Dinare. Diplomaska naloga. Sveučilište u Zagrebu.

Bračko G. 1998. Razširjenost mravelj (Hymenoptera: Formicidae) v zahodni Sloveniji. Diplomaska naloga, Univerza v Ljubljani.

Bračko G. 2000. Review of the Ant Fauna (Hymenoptera: Formicidae) of Slovenia. Acta Biologica Slovenica 43 (4): 37 – 54.

Bračko G. 2006. Review of the ant fauna (Hymenoptera: Formicidae) of Croatia. Acta entomologica Slovenica 14 (2): 131 – 156.

Bračko G. 2007. Checklist of the ants of Slovenia (Hymenoptera: Formicidae). Natura Sloveniae 9 (1):15 – 24.

Bračko G. 2010. Mravlje – živali leta 2010. Proteus 72/7: 323 – 327.

Bračko G., 2014. New investigation and a revised checklist of the ants (Hymenoptera: Formicidae) of the Republic of Macedonia. North-western journal of zoology 10 (1): 10 – 24.

Castracani C., Grasso D.A., Fanfani A., Mori A. 2010. The ant fauna of Castelporziano Presidential Reserve (Rome, Italy) as a model for the analysis of ant community structure in relation to environmental variation in Mediterranean ecosystems. Insect Conserv 14: 585 – 594.

Cerdá X., Palacios R., Retana J. 2009. Ant Community Structure in Citrus Orchards in the Mediterranean Basin: Impoverishment as a Consequence of Habitat Homogeneity. *Environ. Entomol.* 38 (2): 317 – 324.

Checklist of the Italian fauna on – line. www.faunaitalia.it/checklist/introduction.html (datum dostopa 5.7.2014).

Colwell R. K., Chao A., Gotelli N.J., Lin S.Y., Mao C.X., Chazdon R.L., Longino J.T. 2012. Models and estimators linking individual – based and sample – based rarefaction, extrapolation, and comparison of assemblages. *Journal of Plant Ecology* 5: 3 – 21.

Colwell R.K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Dostopno 30.8.2014, na purl.oclc.org/estimates.

Csősz S., Markó B., Gallé L. 2011. The myrmecofauna (Hymenoptera: Formicidae) of Hungary: an updated checklist. *North – western journal of zoology* 7 (1): 55 – 62.

Czechowski W., Radchenko A., Czechowska W., Vepsäläinen K. 2012. The Ants of Poland: With Reference to the Myrmecofauna of Europe. *Natura optima dux Foundation*.

Folgarait P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7: 1221 – 1244.

Gams I., Vrišer I., Bernot F., Bračič V., Černe A., Jeršič M., Kokole V., Kokole V., Lah A., Lovrenčak F., Perko D., Sket B., Kolbezen M. 1998. *Rastlinstvo. V: Lovrenčak F. (ur.). Geografija Slovenije. Ljubljana, Slovenska matica: 186 – 204.*

Geopedia, interaktivni atlas Slovenije. www.geopedia.si (datum dostopa: 22.6.2014).

Hammer Ø. 2001. *PAleontological STatistics Version 3.0*. Oslo. University of Oslo.

Hočevar J., Krnel-Umek D., Benčič-Mohar E., Boltin-Tome E., Cunja L., Miklavčič M., Žitko S., Šiškovič R., Novak V. 1990. Zborniku na pot. V: Žitko S. (ur.). *Kraški rob in Bržanija*. Koper, Obratovalnica IMO Koper: 9-14.

Hölldobler B. in Wilson E. O. 1990. *The ants*. Harvard University Press.

Karaman M.G. 2011. Zoogeography, diversity and altitudal distribution of ants (Hymenoptera: Formicidae) in the Mediterranean and the oro – Mediterranean parts of Montenegro. *North – westers journal of zoology* 7 (1): 26 – 34.

Klocke N.L., Fischbach P.E. 1984. G84-690 Estimating Soil Moisture by Appearance and Feel. *Historical Materials from University of Nebraska – Lincoln Extension*. (Dostopno 22.6.2014, na <http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2194&context=extensionhist>).

Legendre P., Legendre L. 1998. Numerical ecology. Amsterdam, Elsevier.

Palaeontological Statistics 3.0 (PAST). (Dostopno 16.7.2014, na <http://folk.uio.no/ohammer/past/>).

Schlick-Steiner B.C., Steiner F.M. 1999. Faunistisch- ökologische Untersuchungen an den freilebenden Ameisen (Hymenoptera: Formicidae). Wiens. Myrmecologische Nachrichten 3: 9-53.

Seifert B. 2007. Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas. Klitten, Lutra.

Sket B., Gogala M., Kuštor V. 2003. Žuželke – Insecta. V: Gogala M. (ur.). Živalstvo Slovenije. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 262 – 457.

Steiner F.M., Schödl S., Schlick – Steiner B.C. 2002. Liste der Ameisen Österreichs (Hymenoptera: Formicidae), Stand Oktober 2002. Beiträge zur Entomofaunistik 3: 17 – 25.

Stritar A. 1990. Pedosekvence v Sloveniji. V: Stritar I. (ur.). Krajina, krajinski sistem, Raba in varstvo tal v Sloveniji. Ljubljana, Partizanska knjiga: 51-126.

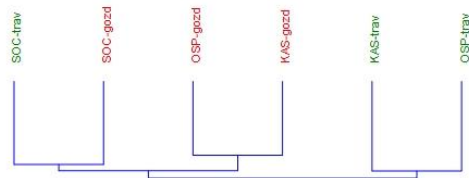
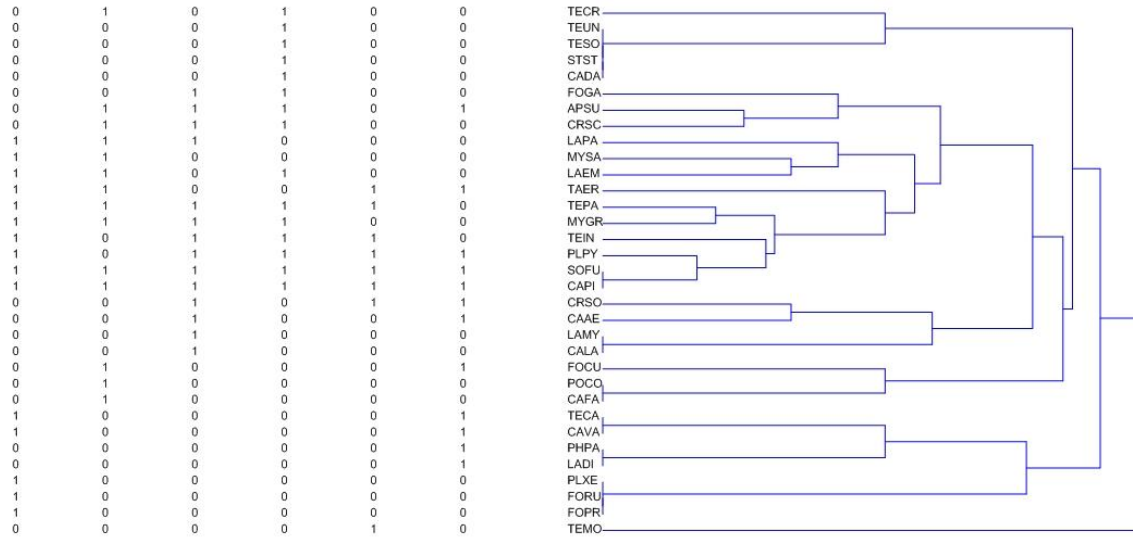
Sudd J.H., Franks N.R. 1987. The Behavioural Ecology of Ants. Chapman and Hall, New York.

Torchote P., Sitthicharoenchai D., Chaisuekul C. 2010. Ant Species Diversity and Community Composition in Three Different Habitats: Mixed Deciduous Forest, Teak Plantation and Fruit Orchard. Tropical Natural history 10 (1): 37 – 51.

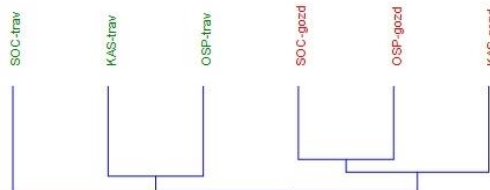
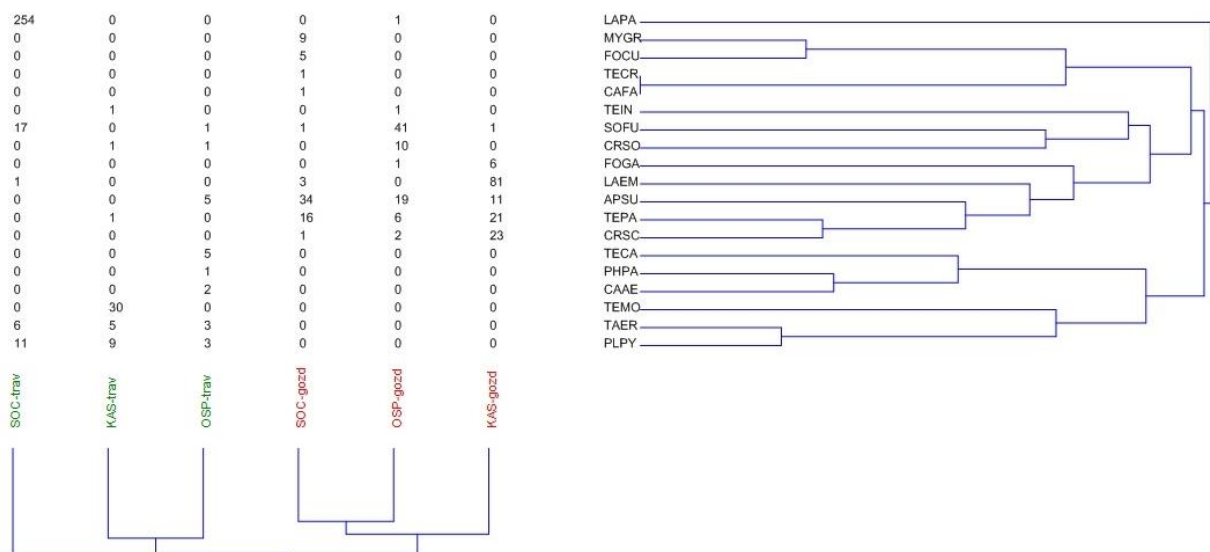
Wang C., Strazanac J.S., Butler L. 2001. Association Between Ants (Hymenoptera: Formicidae) and Habitat Characteristics in Oak-Dominated Mixed Forests. Environ. Entomol. 30 (5): 842 – 848.

PRILOGE

PRILOGA B: Dendrogram podobnosti za šest vzorčnih mest in dendrogram podobnosti med vrstami s Kraškega roba (Jaccardov indeks). Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst). Za okrajšave taksonov gl. Prilogo I.



PRILOGA C: Dendrogram podobnosti za šest vzorčnih mest in dendrogram podobnosti med vrstami s Kraškega roba (Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst). Za okrajšave taksonov gl. Prilogo I.



PRILOGA D: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Jaccardov indeks). Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst).

Name	Axis 1	Axis 2
st_kamnov	0,33366	0,59216
%kamnitosti	0,56693	0,17639
%stelje	-0,3264	-0,26054
%lesa	-0,63492	0,23195
%grmov	-0,7121	-0,48405
temp	0,52885	-0,28675
ekspoz	0,42478	-0,84309
nadm_vis	-0,54277	0,5487
inklin	-0,1274	-0,46736
tla	0,52885	-0,28675
zasen	-0,66665	-0,15047
vlazn_tal	-0,41406	-0,16272

PRILOGA E: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst).

Name	Axis 1	Axis 2
st_kamnov	0,36724	-0,19953
%kamnitosti	0,26789	0,38284
%stelje	-0,028483	-0,42479
%lesa	-0,59964	-0,22759
%grmov	-0,91613	-0,0094729
temp	0,0096276	0,30957
ekspoz	0,025973	0,66924
nadm_vis	0,0074417	-0,50016
inklin	-0,47676	0,21561
tla	0,0096276	0,30957
zasen	-0,8864	-0,12293
vlazn_tal	-0,58181	-0,049285

PRILOGA F: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v nemetričnem multidimenzionalnem skaliranju (NMDS, Bray-Curtisov indeks). Uporabljeni so podatki iz posameznih pasti (abundance vrst).

Name	Axis 1	Axis 2
st_kamnov	0,39471	-0,085848
%kamnitosti	0,14224	-0,39913
%stelje	0,023221	-0,028599
%lesa	-0,4558	-0,17737
%grmov	-0,71317	-0,422
temp	-0,21105	0,18914
ekspoz	-0,25907	0,33005
nadm_vis	0,27887	-0,2545
inklin	-0,41672	-0,28306
tla	-0,21105	0,18914
zasen	-0,667	-0,48259
vlazn_tal	-0,50148	-0,18292

PRILOGA G: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v kanonični korespondenčni analizi. Uporabljeni so podatki iz vseh metod vzorčenja (prisotnost/odsotnost vrst).

	Axis 1	Axis 2
st_kamnov	0,446252	0,295635
%kamnitosti	0,622635	-0,262616
%stelje	-0,468202	0,203053
%lesa	-0,385403	0,307636
%grmov	-0,687784	-0,311211
temp	0,562217	-0,529222
ekspoz	0,141102	-0,908331
nadm_vis	-0,458062	0,760615
inklin	-0,229011	-0,586346
tla	0,562217	-0,529222
zasen	-0,494309	-0,102826
vlazn_tal	-0,264674	-0,057667

PRILOGA H: Prikaz korelacije med okoljskimi parametri in prvima dvema osema v kanonični korespondenčni analizi. Uporabljeni so podatki iz pasti (povprečne abundance vrst).

	Axis 1	Axis 2
st_kamnov	0,237245	-0,323228
%kamnitosti	0,0548815	-0,112267
%stelje	0,21682	0,229048
%lesa	-0,530951	-0,481199
%grmov	-0,798469	-0,393749
temp	0,0122876	-0,242005
ekspoz	-0,0255188	0,456301
nadm_vis	0,0303907	0,0157691
inklin	-0,52724	-0,296107
tla	0,0122876	-0,242005
zasen	-0,796649	-0,664889
vlazn_tal	-0,45577	-0,361137

PRILOGA I: Seznam vrst z okrajšavami.

Vrsta	Okrajšava
<i>Aphaenogaster subterranea</i>	APSU
<i>Camponotus aethiops</i>	CAAE
<i>Camponotus dalmaticus</i>	CADA
<i>Camponotus fallax</i>	CAFA
<i>Camponotus lateralis</i>	CALA
<i>Camponotus piceus</i>	CAPI
<i>Camponotus vagus</i>	CAVA
<i>Crematogaster schmidti</i>	CRSC
<i>Crematogaster sordidula</i>	CRSO
<i>Formica cunicularia</i>	FOCU
<i>Formica gagates</i>	FOGA
<i>Formica pratensis</i>	FOPR
<i>Formica rufibarbis</i>	FORU
<i>Lasius distinguendus</i>	LADI
<i>Lasius emarginatus</i>	LAEM
<i>Lasius myops</i>	LAMY
<i>Lasius paralienus</i>	LAPA
<i>Myrmecina graminicola</i>	MYGR
<i>Myrmica sabuleti</i>	MYSA
<i>Pheidole pallidula</i>	PHPA
<i>Plagiolepis pygmaea</i>	PLPY
<i>Plagiolepis xene</i>	PLXE
<i>Ponera coarctata</i>	POCO
<i>Solenopsis fugax</i>	SOFU
<i>Stenamma striatulum</i>	STST
<i>Tapinoma erraticum</i>	TAER
<i>Temnothorax cf. sordidulus</i>	TESO
<i>Temnothorax unifasciatus</i>	TEUN
<i>Temnothorax crassispinus</i>	TECR
<i>Temnothorax interruptus</i>	TEIN
<i>Temnothorax parvulus</i>	TEPA
<i>Tetramorium cf. caespitum</i>	TECA
<i>Tetramorium moravicum</i>	TEMO