

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Tanja BENKO

**VPLIV ZARAŠČANJA JUŽNEGA DELA KRASA NA VRSTNO
PESTROST DNEVNIH METULJEV (Lepidoptera: Rhopalocera)**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**IMPACT OF SUCCESSION IN SOUTHERN KARST REGION ON
BUTTERFLY (Lepidoptera: Rhopalocera) DIVERSITY**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani, na oddelku za biologijo. Popisi so potekali na območju južnega dela Krasa.

Komisija za študijske zadeve Oddelka za biologijo BF je odobrila temo in za mentorja diplomskega dela imenovala izr. prof. dr. Rudija Verovnika, za recenzenta pa prof. dr. Roka Kostanjška.

Komisija za oceno in zagovor:

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

Član: Izr. prof. dr. Rudi VEROVNIK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.

Član: Prof. dr. Rok KOSTANJŠEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo.

Datum zagovora: 29. 9. 2016

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

Tanja Benko

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
DK 595.789: 574.1(497.4Kras)(043.2)=163.6
KG metulji/vrstna pestrost/sukcesija
AV BENKO, Tanja
SA VEROVNIK, Rudi (mentor)/ KOSTANJŠEK Rok (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI 2016
IN VPLIV ZARAŠČANJA JUŽNEGA DELA KRASA NA VRSTNO PESTROST
DNEVNIH METULJEV (Lepidoptera: Rhopalocera)
TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP VIII, 43, 9 pregl., 20 sl., 1 pril., 40 vir.
IJ sl
JI sl/en
AI Območje kraškega roba in južni del Krasa je zaradi zastopanosti redkih vrst in močnih populacij ogroženih vrst metuljev, opredeljeno kot pomembno območje za ohranitev pestrosti dnevnih metuljev v Sloveniji. Zaraščanje Krasa je eden od pomembnih dejavnikov ogrožanja pestrosti na tem območju, kar smo preverili s primerjavo pestrosti in sestave favne dnevnih metuljev. Območje popisovanja je obsegalo južni del slovenskega Krasa na treh lokalitetah: Spodnji Kras, Socerb in Soligrad, ki so predstavljale 3 različne stopnje sukcesije. Vzorčenje je po transektni metodi potekalo leta 2002 in 2003. Skupno smo največ osebkov in največ vrst (53) popisali na transektu, ki je predstavljal najzgodnejšo sukcesijsko fazo. Najmanj pa na transektu, kjer je sukcesija najbolj napredovala (33 vrst). Med popisanimi so bile opažene vrste iz Evropskega rdečega seznama metuljev (7) ter Rdečega seznama metuljev Slovenije (13). Ugotovili smo, da je bila vrstna pestrost, sestava in abundanca dnevnih metuljev odvisna od sukcesijske stopnje transeкта. V začetni fazi sukcesije je na voljo več ekoloških niš in večja strukturiranost habitatov, ki nudijo zavetje v sicer odprti pokrajini in metuljem omogočajo večjo aktivnost. Do drastičnega upada številčnosti, vrstne pestrosti ter sprememb v združbah metuljev pride šele, ko se pojavi zaraščanje z grmičevjem in s tem povezano pomanjkanje virov nektarja. Za ohranitev traviščnih habitatov območja in s tem vrstne pestrosti metuljev, bi bilo smiselno sprejeti ukrepe, ki bi spodbujali primerne načine gospodarjenja na travnikih in pašnikih.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
DC 595.789: 574.1(497.4Kras)(043.2)=163.6
CX butterflies/biodiversity/succession
AU BENKO, Tanja
AA VEROVNIK, Rudi (supervisor)/ KOSTANJŠEK Rok (reviewer)
PP SI-1000, Ljubljana, Jamnikarjeva 101
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of Biology
PY 2016
TI IMPACT OF SUCCESSION IN SOUTHERN KARST REGION ON BUTTERFLY (Lepidoptera: Rhopalocera) DIVERSITY
DT Graduation thesis (University studies)
NO VIII, 43, 9 tab., 20 fig., 1 ann., 40 ref.
LA sl
AL sl/en
AB The Kraški rob and southern Kras are identified as an area of great importance for butterfly diversity conservation in Slovenia, due to presence of rare species and strong populations of endangered butterfly species. We studied succession which is one of the main factors threatening the Kras' diversity, by comparing the diversity and composition of butterfly fauna. Study area consisted of three locations in the southern part of Slovenian Karst: Spodnji Kras, Socerb and Soligrad, representing 3 different succession stages. The transect counts took place in 2002 and 2003. Altogether, more individuals, and the most species (53) were counted on the transect, representing the earliest stages of succession and the least on the transect, where the succession advanced the most (33 species). Seven of the observed species are included in the European Red List of butterflies and 13 in the Red List of butterflies of Slovenia. We concluded that the species diversity, composition and abundance of butterflies depends on the succession stage. In the initial stages of succession various ecological niches and structured habitats are present that shelter butterflies in an otherwise open countryside and allow for their larger activity. A drastic decline in abundance, species diversity and changes in butterfly communities occur with shrub overgrowth and associated lack of nectar sources. We suggest adaptation of agricultural measures that encourage appropriate management of Kras' meadows and pastures to preserve butterfly diversity of grassland habitats.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PRILOG	VIII
1 UVOD.....	1
2 PREGLED OBJAV.....	2
2.1 METULJI KOT BIOINDIKATORJI.....	2
2.2 OGROŽENOST METULJEV	3
2.3 VPLIV SUKCESIJE NA ZDRUŽBE METULJEV	3
3 MATERIAL IN METODE	7
3.1 OPIS POPISNEGA OBMOČJA.....	7
3.1.1 Transekt Spodnji Kras.....	8
3.1.2 Transekt Soligrad	10
3.1.3 Transekt Socerb	12
3.2 POPISNA METODA.....	14
3.3 ANALIZA PODATKOV.....	16
4 REZULTATI.....	18
4.1 RAZLIKE V VEGETACIJI TRANSEKTOV	18
4.2 OKOLJSKI PODATKI.....	18
4.3 REZULTATI FAVNISTIČNIH POPISOV	21
4.3.1 Pregled favne dnevnih metuljev	21
4.3.2 Diverzitetni indeksi.....	23
4.3.3 Analiza indikatorskih vrst	24
4.3.4 Shapiro-Wilk test normalnosti	27
4.3.5 Razlike v vrstni sestavi in diverziteta beta	27
4.3.6 Multipla linearna regresija	33
5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	34
5.1 RAZPRAVA	34
5.1.1 Favna dnevnih metuljev	34
5.1.2 Indikatorske vrste.....	35
5.1.3 Razlike v vrstni sestavi in diverziteta beta	36
5.1.4 Naravovarstveni vidiki.....	37
5.2 SKLEPI.....	38
6 POVZETEK	39
7 VIRI.....	40

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Število popisanih osebkov po transektih in letih.	22
Preglednica 2: Število popisanih vrst na posameznih transektih po popisnih letih.	22
Preglednica 3: Opažene vrste in njihovi naravovarstveni statusi iz Evropskega rdečega seznama metuljev in Rdečega seznama metuljev Slovenije	23
Preglednica 4: Vrednosti Shannon Wienerjevega indeksa (H'), Simpsonovega indeksa raznolikosti ($1-D$) in vzajemnega Simpsonovega indeksa ($1/D$) po transektih, po letih.	24
Preglednica 5: Rezultati analize indikatorskih vrst. Za skupine so opredeljeni transekti po popisnih letih.	24
Preglednica 6: Rezultati analize indikatorskih vrst. Za skupine so opredeljeni transekti s kumulativnimi podatki za obe leti skupaj	26
Preglednica 7: Primerjava disperzije transektov po popisnih letih s Tukeyevim HSD testom.	32
Preglednica 8: Opis modelov multiple linearne regresije, stopinje prostosti in AIC vrednosti.	33
Preglednica 9: Ničelno in residualno odstopanje ter pripadajoče stopinje prostosti za model 4.	33

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Lokacije transektov z označenimi medsebojnimi zračnimi razdaljami: A – Socerb, B – Spodnji Kras, C - Soligrad.	7
Slika 2: Transekt Spodnji Kras z označenimi odseki.	8
Slika 3: Travniki na področju transektu Spodnji Kras. V ozadju viden material, navožen ob gradnji predora Kastelec.	9
Slika 4: Transekt Soligrad z označenimi odseki.	10
Slika 5: Sestoji ruja <i>Cotinus coggygria</i> na transektu Soligrad.	11
Slika 6: Transekt Socerb z označenimi odseki.	12
Slika 7: Travniki na transektu Socerb.	13
Slika 8: Odstotek sončnega obsevanja po popisnih tednih, transektih in letih.	19
Slika 9: Izmerjena temperatura med popisi, po popisnih tednih, transektih in letih. Vrednost 0 pomeni nevihto v času popisa.	20
Slika 10: Pogostost različnih smeri vetra med popisi, po letih in transektih.	20
Slika 11: Jakost vetra med popisi, po popisnih tednih, transektih in letih.	21
Slika 12: Vennov diagram indikatorskih vrst za posamezne transekte po popisnih letih. ...	25
Slika 13: Vennov diagram indikatorskih vrst po transektih.	26
Slika 14: NMDS ponazoritev podobnosti med transekti (kumulativno po letih).	27
Slika 15: Multivariatna homogenost disperzije med transekti (kumulativno po letih)	28
Slika 16: Razlike v varianci disperzije med transekti (kumulativno po letih) po letih pri 95% stopnji zaupanja.	28
Slika 17: Multivariatna homogenost disperzije med popisnimi leti.	29
Slika 18: NMDS ponazoritev podobnosti med transekti po popisnih letih.	30
Slika 19: Multivariatna homogenost disperzije med transekti po letih.	31
Slika 20: Razlike v varianci disperzije med transekti po letih pri 95% stopnji zaupanja....	32

KAZALO PRILOG

Priloga A

Preglednica 1: Število osebkov posamezne vrste na transektih po popisnih letih.

1 UVOD

Človek je s svojim bivanjem in delovanjem bistveno preoblikoval življenjske prostore in v Evropi je ostalo malo habitatov, ki niso nastali pod njegovim vplivom. Z izsekavanjem gozda in s kmetovanjem v srednji Evropi je človek ustvarjal travniške habitate in s tem pripomogel k širjenju travniških vrst metuljev. Nastala je kulturna krajina in mnogi sonaravni sistemi, pri katerih sta razporeditev in vrstna sestava sicer spontana, vendar naravna sukcesija ne dosega svoje terminalne faze zaradi neprestanih posegov človeka. Po II. svetovni vojni se je na ugodnejših zemljiščih kmetijska raba intenzivirala, na obsežnih, za kmetovanje manj primernih zemljiščih, pa je prihajalo do opuščanja vsakršne kmetijske rabe (Hlad in Skoberne, 2001).

Območje kraškega roba in južni del Krasa je dobro raziskano in zaradi izjemno visoke vrstne pestrosti opredeljeno kot pomembno območje za ohranitev pestrosti dnevnih metuljev v Sloveniji (Verovnik in sod., 2012). Dejavniki, ki pomembno prispevajo k veliki diverziteti so reliefna razgibanost, s tem povezana klimatska pestrost, prevladujoča ugodna karbonatna podlaga, pestrost tal (prsti) in človekovi posegi, ki so po eni strani popestrili okolje in ustvarili vrsto novih habitatov, obenem pa vendar ohranili kar dovolj še prvotnih naravnih (Hlad in Skoberne, 2001). Zastopane so redke vrste in močne populacije ogroženih vrst, od katerih so nekatere omejene le na to območje. Okvirno število vrst na tem območju je 120 – 130 (Verovnik in sod., 2012).

Zanimal nas je vpliv zaraščanja, sukcesije južnega dela Krasa na vrstno pestrost dnevnih metuljev, ki so pomembni indikatorji biodiverzitete. Izbrana popisna območja so predstavljala 3 različne stopnje sukcesije. S primerjavo rezultatov transektnih popisov smo ugotavljali:

- kje je največja vrstna pestrost in kje največja številčnost dnevnih metuljev
- kako se s sukcesijo spreminja vrstna sestava
- povezava med vrstno pestrostjo metuljev in sukcesijskimi fazami

Pričakujemo, da bodo vrste, ki favorizirajo kasnejše sukcesijske faze, pokazale pozitivne trende pri večji zaraščenosti. Nasprotno pričakujemo za tipične travniške vrste in termofilne vrste, ki preferirajo odprte habitate. V vmesni sukcesijski fazi pričakujemo poleg travniških vrst tudi mobilnejše vrste in generaliste.

2 PREGLED OBJAV

2.1 METULJI KOT BIOINDIKATORJI

Metulji so sprejemljivi, čeprav nepopolni, bioindikatorji ostalih nevretenčarjev. Trenutno so edini takson med žuželkami, ki je praktičen za natančno spremljanje na različnih koncih sveta. Poseljujejo vse glavne terestrične ekosisteme in so terestrični v vseh fazah svojega razvojnega kroga. Z izjemo saproksilnih vrst (dnevni metulji tu nimajo predstavnikov), se njihova razširjenost ujema z razširjenostjo večine žuželčjih taksonov, z največjim vrstnim bogastvom v srednjih sukcesijskih fazah gozdov, resja, močvirij in travišč, vendar s primerno zastopanimi ogroženimi najzgodnejšimi fazami (Stefanescu in sod., 2009). Poleg naštetih, so primerni še iz sledečih razlogov:

- izkazali so se kot primerni indikatorji večjega deleža talnih vrst (van Swaay in sod., 2006);
- zaradi preprostega vzorčenja, prepoznavnosti in dobro raziskane biologije in ekologije taksonomske skupine so primerni za indikatorske oz. krovne vrste (Weibull in sod., 2000; Pöyry in sod., 2005);
- zaradi krajših generacijskih časov hitro reagirajo na tudi majhne okoljske spremembe (Erhardt, 1985; van Swaay in sod., 2006; Weibull in sod., 2003; Čelik, 2007);
- zaradi dostopnosti podatkov so zelo dobri kandidati za biodiverzitetne indikatorje ter za spremljanje trendov sprememb v biotopih (van Swaay in sod., 2006);
- so pomembni opraševalci, gostitelji parazitov in plen drugih organizmov. Vrste so pogosto odvisne od larvalnih gostiteljskih rastlin. (Weibull in sod., 2003; Čelik, 2007);
- zastopani so z dovolj vrstami in so hkrati dovolj številčno zastopani, da lahko na njih opravimo analizo podatkov (Baker, 1969);
- večina vrst je sedentarnih, vendar dovolj mobilnih, da lahko hitro kolonizirajo nove habitate v svoji neposredni bližini (Baker, 1969), zaradi česar vzorce lahko vzamemo iz relativno majhnih površin;
- so karizmatična skupina, kategorizirana v Rdečem seznamu (van Swaay in Warren, 1999; Balmer in Erhardt, 2000);
- so tudi primerna indikatorska skupina za razlikovanje posameznih sukcesijskih faz;
- razlikujejo se v vrstni sestavi in vrstni pestrosti, različnosti združb metuljev, odvisnosti vrst oz. združb za preživetje od določene sukcesijske faze. Pri ocenjevanju biodiverzitete lahko predhodno znanje o odzivih in tolerančnih pragih vrst uporabimo in predvidimo vplive spremembe podnebja, gospodarjenja (Shreeve in sod., 2001).

2.2 OGROŽENOST METULJEV

Od 576 avtohtonih evropskih vrst metuljev se jih 274 (48%) pojavlja na apnenčastih traviščih, 44 od teh 274 vrst (16%) je evropskih endemitov (van Swaay, 2002). Poleg tega imajo na ekstenzivnih travnikih svoj habitat mnoge vrste iz rdečega seznama evropskih metuljev (Balmer in Erhardt, 2000). Suha apnenčasta travišča in stepe so vrstno najbolj bogati biotopi, travišča v širšem smislu pa biotopi z največim absolutnim številom ogroženih vrst v Evropi. Raziskave kažejo na opazen upad populacij metuljev v Evropi, največjega (za 19%) ravno pri specialistih suhih travišč in odraža splošno izgubo biodiverzitete tudi v drugih taksonomskih skupinah (van Swaay in sod., 2006; van Swaay, 2002).

Metulji so zelo odvisni od antropogenih biotopov (npr. suha travišča, jase), ki so navadno vzdrževani s tradicionalnimi načini kmetovanja (van Swaay in sod., 2006). Ekstenzivni travniki na apnenčasti podlagi, ki jih obravnavamo kot najpomembnejše traviščne biotope v centralni Evropi, zaradi sprememb v kmetijski rabi tal postajajo vse redkejši in je njihovo število v nekaj desetletjih drastično upadlo. Pogosto so preoblikovani v intenzivno obdelane površine (severna in centralna Evropa) ali pa se njihova raba opusti (predvsem južna Evropa) in se postopno zarastejo v gozd. Poleg tega grožnja predstavljata še izolacija in fragmentacija habitatov (Balmer in Erhardt, 2000; van Swaay, 2002; Verovnik in sod., 2012).

Na večino evropskih ogroženih vrst metuljev (63 od 71, skoraj 90%) najbolj negativno vpliva intenzifikacija kmetijstva, na 65% vpliva opustitev obdelovanja kulturne krajine in spremembe v gospodarjenju z biotopi, na 80% ogroženih vrst vpliva povečana uporaba herbicidov in pesticidov ter urbanizacija, novogradnje. Rezultat je neposredna izguba življenjskega prostora, sledi izolacija in fragmentacija biotopov, kar vpliva na 87% ogroženih vrst (van Swaay in sod., 2006). Poleg naštetega imajo vrste svoje posebne potrebe v vseh razvojnih stadijih in za preživetje ne potrebujejo le kontinuiranega obstoja svojega habitata, temveč tudi vzdrževanje dobrih pogojev s pravilnim gospodarjenjem na teh površinah (van Swaay in sod., 2012)

2.3 VPLIV SUKCESIJE NA ZDRUŽBE METULJEV

Na starejših opuščenih kmetijskih zemljiščih je zastopana specifična favna metuljev, ki je bolj pestra, vrstno bogata in je v njej zastopanih celo več ogroženih vrst, kot na apnenčastih travnikih in opuščenih kmetijskih zemljiščih v zgodnjih fazah zaraščanja. Z zaraščanjem v gozd pride do drastičnega zmanjšanja vrstne pestrosti metuljev. Gozdovi imajo sicer naravovarstveno vrednost za druge skupine organizmov, vendar za razliko od travišč na danem območju niso redki, zaradi česar je pomembno, da se v naravovarstvene in gospodarske načrte vključijo tako ekstenzivno kultivirana, kot starejša opuščena

kmetijska zemljišča, saj predstavljajo dragocen a pogosto prezrt del evropske biodiverzitete (Balmer in Erhardt, 2000).

Obstoječe študije vpliva sukcesije ekstenzivnih pašnikov in travnikov na favno, so si v svojih izsledkih pogosto nasprotujoče: negativni vpliv sukcesije na številne vrste modrinov (*Lycaenidae*) in npr. povečanje vrstne pestrosti metuljev subalpskih regij v zgodnjih fazah sukcesije, ki ji sledi zmanjšanje takoj, ko se pojavi zaraščanje z grmičevjem (Erhardt, 1985; Balmer in Erhardt, 2000).

Vsekakor je namen ohranjanja biotske pestrosti ohranitev vseh ogroženih habitatov, naravnih in antropogenih. Prav tako naravovarstvo ne pomeni ne-vmešavanja, ampak vzdrževanje tradicionalnih kmetijskih dejavnosti, ki so pripeljale do visoke stopnje diverzitete in dolgoročno ohranjanje rastlinskih združb, ki zagotavljajo habitat za preživetje ogroženih vrst. Opustitev in nevmešavanje bi povzročila izgubo pestre gospodarske rabe tal in na ta način negativno vplivala na biodiverzitetu (Smallidge in Leopold, 1997; Atauri in de Lucio, 2001; Hlad in Skoberne, 2001).

Znano je, da spreminjanje kmetijskih površin eden od glavnih vzrokov za upad biodiverzitete v Evropi (Krebs in sod., 1999). V študijah sekundarne sukcesije se največkrat istočasno primerja združbe na različnih lokalitetah z različnimi stopnjami sukcesije (t.i. »snapshot study«). Na splošno so v teh študijah prišli do zaključka, da je diverzitetu v začetnih fazah sukcesije višja, kasneje pa nižja. (Stefanescu in sod., 2009).

Vrstna pestrost metuljev je največja v habitatih v zgodnjih sukcesijskih fazah, kjer prevladujejo trave in zelnate rastline. Visoka je tudi v tradicionalno obdelanih, ekstenzivnih travnikih (negnojeni, košeni) in ekstenzivnih pašnikih (Erhardt, 1985; Smallidge in Leopold, 1997). Razlogi za to so:

- velika rastlinska vrstna pestrost;
- odsotnost motenj zaradi gospodarjenja, larve lahko zaključijo svoj življenjski cikel, hranilne rastline pa so odraslim osebkom na razpolago celo sezono;
- prisotnost nahajališč s plitvo plastjo humusa, ki so relativno stabilni habitati, ker je zaraščanje upočasnjeno, mikroklima je toplejša in primerna za razvoj gosenic in metuljev.

V kasnejših sukcesijskih fazah, kjer prevladuje grmičevje, zmanjšana rastlinska diverzitetu hitro vodi v manjše število vrst metuljev, drastično pa upade s povečanjem intenzivnosti kmetijske obdelave (Erhardt, 1985).

Velik pomen za številčnost manj mobilnih vrst metuljev pripisujejo obnovitvi in vzdrževanju ostankov travnišč med intenzivnimi kmetijskimi površinami. Pomen zavetja –

tople mikroklima, ki v odprti pokrajini metuljem omogoča, da ostanejo aktivni (Pywell, 2004).

Pri raziskavah abundance žuželk v različnih sukcesijskih fazah travišč se običajno primerja njihove skupnosti v traviščih z nizko vegetacijo in intenzivno pašo s skupnostmi žuželk ekstenzivnih pašnikov in/ali pašnikov, kjer je zaradi opuščanja paše dobimo višjo vegetacijo. Pri tem ugotavljajo, da je vrstna sestava obnovljenih pašnikov mešanica vrst starih in opuščenih pašnikov. Vrste, ki jih v večjem številu najdemo na pašnikih in vrste, ki so odvisne od nizke vegetacije, lahko dolgoročno pričakujemo tudi na obnovljenih pašnikih. Uspešna kolonizacija pa je možna le, če so na obnovljenih pašnikih izpolnjeni naslednji minimalni pogoji: dovolj številčna populacija gostiteljskih rastlin; s pašo se mora vegetacija strukturirati in ustvariti niše v katerih lahko žuželke zaključijo vse faze življenjskega cikla in zagotovljene morajo biti sosednje populacije, iz katerih imigrirajo novi osebki (Pöry in sod., 2005).

Ker je ekstenzivnih travnikov v Evropi vedno manj, lahko sklepamo, da je manj tudi vrst, ki na opuščenih pašnikih dobro uspevajo. Raziskava trendov razširjenosti in preferenc za sukcesijske faze to potrjuje (Pöry in sod., 2005). Za obnovitev ekstenzivnih travišč iz zaraščenih pašnikov ali intenzivno gojenih travnikov in polj so glavno orodje razne agrikolturno – okoljevarstvene sheme, od katerih je potencialno najbolj pomembno pašništvo s primerno intenziteto (Pöry in sod., 2005).

Glavni pogoj za diverziteto višjih trofičnih nivojev je rastlinska vrstna pestrost. S prekinitvijo trofičnih odnosov med rastlinami in herbivornimi žuželkami se kratkoročno poenostavi struktura vegetacije (uničenje prehranjevalnih niš, z nutrienti bogata mlada vegetacija, ki zraste po paši ipd). Dolgoročno pride do premikov v sestavi rastlinskih združb in strukturi vegetacije (zmanjša se vrstno bogastvo rastlin, velikost in kompleksnost habitata nadzemnih nevretenčarjev). Osiromašenje vegetacije povzroči upad diverzitete fitofagnih žuželk in njihovih plenilcev, nasprotno pa lahko z zmanjšanjem paše in tradicionalnimi načini gospodarjenja povečamo vrstno bogastvo in številčnost odraslih metuljev in drugih fitofagnih žuželk in dobimo travniške habitate z visoko biološko pestrostjo. Dober način za ohranjanje biodiverzitete in stabilizacijo povezav med trofičnimi nivoji je vzpostavitev mozaika opuščenih in ekstenzivnih pašnikov. Na ta način preprečimo zaraščanje v gozdne habitate, maksimalno povečamo diverziteto in utrdimo trofične povezave, ki jih z redno pašo prekinjamo. Močna korelacija med značilnostmi vegetacije in vrstno pestrostjo metuljev dokazuje, da je ta taksonomska skupina dober indikator diverzitete žuželk. Prav tako rezultati podpirajo hipotezo heterogenosti virov in produkcije - višja vegetacija ima namreč tudi večjo biomaso in strukturno kompleksnost (Kruess in Tschamtkke, 2002).

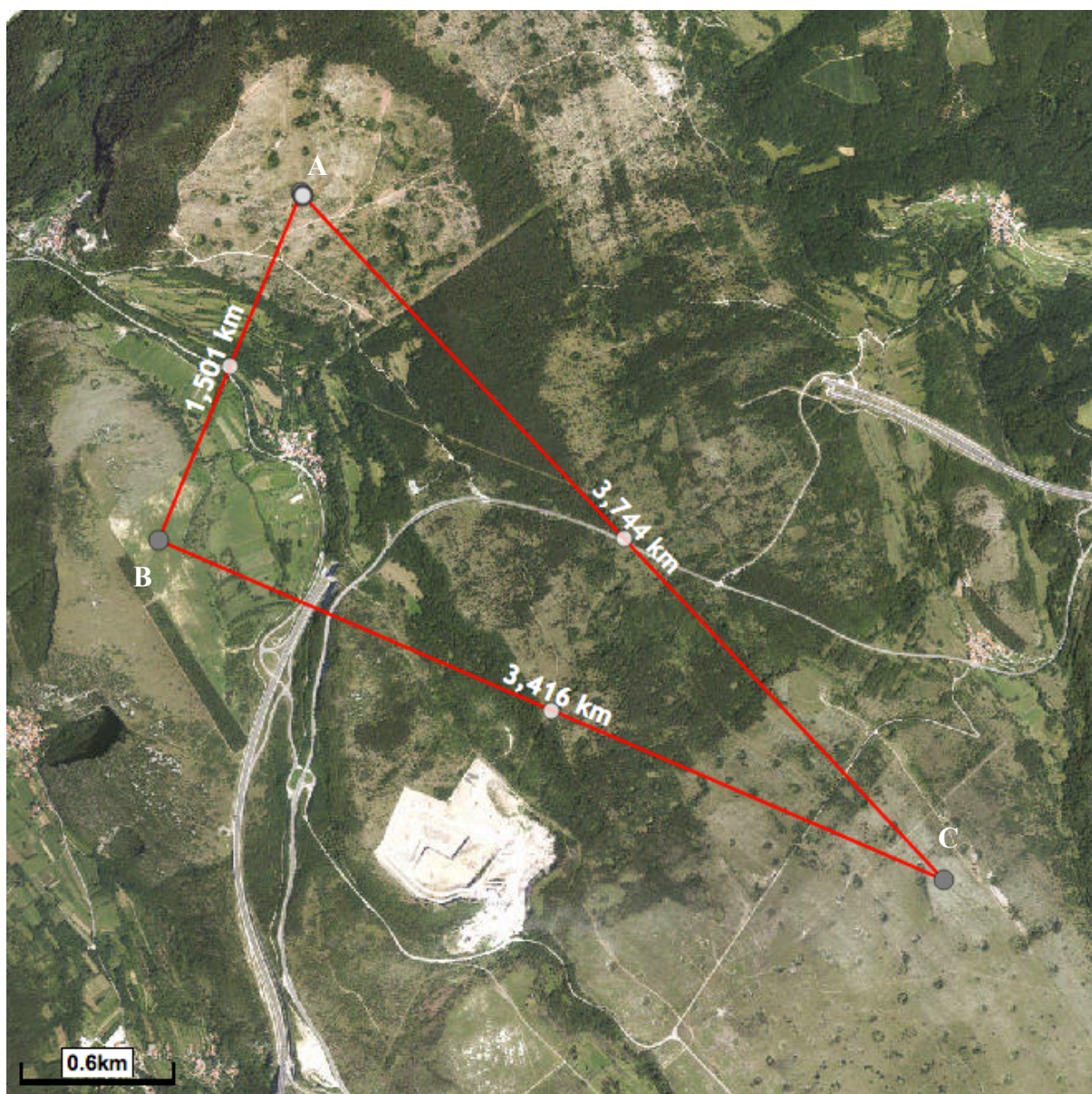
Višjo diverziteto metuljev in njihovih larv na ekstenzivnih ali opuščenih pašnikih lahko pripišemo višji vegetaciji (Balmer in Erhardt, 2000; Kruess in Tschamtkke, 2002).

Nasprotno se kljub povišani vegetaciji vrstno bogastvo metuljev ne poveča v primeru, ko se na ta račun zmanjša vir kvalitetnega nektarja za prevladujoče vrste. Z opuščanjem paše se povečuje diverziteta le nekaterih taksonov, na popolnoma opuščenih pašnikih pa se poveča diverziteta vseh taksonomskih skupin (Kruess in Tschardtke, 2002).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OPIS POPISNEGA OBMOČJA

Območje popisovanja obsega južni del slovenskega Krasa na treh lokalitetah (Slika 1): Spodnji Kras (GKY: 411.735,91 in GKX: 48.947,95), Socerb (GKY: 412.298,15 in GKX: 50.237,80) in Soligrad (GKY: 414.917,52 in GKX: 47.552,28). Vzorčenje je potekalo v letih 2002 in 2003.



Slika 1: Lokacije transektov z označenimi medsebojnimi zračnimi razdaljami: A – Socerb, B – Spodnji Kras, C – Soligrad (Atlas okolja, 2016).

3.1.1 Transekt Spodnji Kras

Dolžina transekt: 1000 m, razdeljen na 10 sektorjev (Slika 2). Spodnji Kras predstavlja lokaliteto z dobro ohranjenimi ekstenzivnimi kraškimi travniki, košenimi dvakrat letno. Na travnikih so prisotni posamični puhasti hrasti *Quercus pubescens*. V drugem popisnem letu je bilo območje jugo-zahodno od transekt in deloma tudi sam transekt zasut z materialom, ki je nastajal ob gradnji predora Kastelec (Slika 3).



Slika 2: Transekt Spodnji Kras z označenimi odseki (Atlas okolja, 2016).



Slika 3: Travniki na področju transeka Spodnji Kras. V ozadju viden material, navožen ob gradnji predora Kastelec (foto: Tanja Benko).

3.1.2 Transekt Soligrad

Dolžina transektu 800 m, razdeljen na 10 sektorjev (Slika 4). Teren pretežno preraščen z 1 m – 1,5 m visokim, težko prehodnim grmičevjem. V veliki meri prevladuje ruj *Cotinus coggygria*, pojavljajo se posamezna drevesa puhastega hrasta *Quercus pubescens*, velikega jesena *Fraxinus excelsior*, navadnega brina *Juniperus communis*. V času popisa je bil ta transekt, v primerjavi z ostalimi, na najvišji stopnji sukcesije. Največ površine je pokrivalo grmičevje, in sicer ruj *Cotinus coggygria*, vmes so se pojavljali posamezni puhasti hrasti *Quercus pubescens*, mali jesen *Fraxinus excelsior* (Slika 5).



Slika 4: Transekt Soligrad z označenimi odseki (Atlas okolja, 2016).



Slika 5: Sestoji ruja *Cotinus coggygria* na transektu Soligrad (foto: Tanja Benko).

3.1.3 Transekt Socerb

Dolžina transektu 955 m, 10 sektorjev (Slika 6). Lokaliteta na Socerbu je bila izbrana, ker predstavlja vmesno fazo sukcesije med zgoraj opisanima. V manjši pogostosti se od lesnih vrst pojavljajo posamični grmi navadnega brina *Juniperus communis*, robidovja *Rubus* sp. ter ruja *Cotinus coggygria* (Slika 7). V zadnjih dveh odsekih je bil ruj bistveno pogostejše zastopan, kot na ostalih odsekih tega transektu.



Slika 6: Transekt Socerb z označenimi odseki (Atlas okolja, 2016).



Slika 7: Travniki na transektu Socerb (foto: Tanja Benko).

3.2 POPISNA METODA

Uporabljeno metodologijo, razvoj in standardizacijo transektnega popisovanja metuljev sta podrobno opisala (Pollard in Yates, 1993) – imenovano tudi BMS: »Butterfly Monitoring Scheme«. Podobno metodo za spremljanje so povzeli tudi drugod po Evropi npr. (Pullin, 1995) in jo z manjšimi spremembami uporabljajo na vseh evropskih transektih (Navodila za transektno metodo, 2009). Prvotno je metoda bila namenjena popisovanju dnevnih metuljev, vendar se sedaj uporablja tudi za dnevno aktivne nočne metulje (Butterfly transects, 2007). Uporabljeni pristop se je izkazal za uspešnega tudi pri monitoringu metuljev na kmetijskih površinah (Pywell, 2004). Poleg t.i. 'all species' popisov po tej metodi, poznamo tudi časovno manj zahtevne 'single species' transekte, ki omogočajo monitoring posameznih ogroženih populacij metuljev, ki sicer ne bi bil mogoč.

S stalnim popisovanjem v standardiziranih pogojih po tej metodi lahko primerjamo podatke o številčnosti in vrstni pestrosti metuljev iz leta v leto. S pomočjo trendov, ki jih zabeležimo na enem območju, lahko pri popisovanju s to metodo ocenimo spremembe in vplive, ki bi jih povzročile spremembe v gospodarjenju v drugih območjih. Za primerjavo rezultatov na letni ravni je pomembno, da predpisani metodologiji natančno sledimo (UKBMS, 2007).

Transekti so bili razdeljeni na vegetacijsko homogene odseke in v njih se odražajo habitatni tipi, druge prisotne značilnosti in načini gospodarjenja območja. Zaporedje popisovanja treh transektov smo naključno spreminjali.

Transekte smo popisovali 2 leti, l. 2002 in 2003, enkrat tedensko. V l. 2002 smo pričeli v zadnjem tednu maja (9 teden) in končali v drugem tednu septembra (24 teden). L. 2003 smo začeli aprila (3 teden) in končali drugi teden septembra (24 teden). V letu 2002 zaradi neprimernih vremenskih razmer manjkajo popisi na Socerbu 19 teden, Soligradu in Sp. Krasu 16 teden. V l. 2003 je bil del transeкта Spodnji Kras zasut z materialom, ki so ga na to območje vozili ob gradnji predora Kastelec, zaradi česar smo morali prilagoditi popisno pot. V praksi vseh 26 popisov težko izpeljemo, vendar manjše število manjkajočih podatkov lahko predvidimo s pomočjo preostalih popisov v sezoni (UKBMS, 2007).

Popisovali smo med 10:00 in 17:00 uro, izključno v vremenskih pogojih, primernih za aktivnost metuljev: suho, hitrost vetra pod 5 po Beaufortovi lestvici, minimalne temperaturne vrednosti od 13 – 17°C, pri vsaj 60% sončnem ali nad 17°C ob oblačnem vremenu. Hitrost vetra in odstotek oblačnosti smo ocenili v skladu z navodili popisne metode (Pollard in Yates, 1993). Transekte smo prehodili s počasnim enakomernim tempom in šteli vse osebkke v navideznem kvadru 2,5 m levo in desno od poti ter 5 m pred in nad seboj. Osebkke smo določili med letom oz. smo jih ulovili z ročno mrežo, določili in izpustili na istem mestu. S popisom smo nadaljevali od točke, kjer smo popis prekinili. Določevali smo po ključu Collins Field Guide to the Butterflies of Britain and Europe

(Tolman in Lewington, 1997). Dve težje določljivi vrsti smo združili: *Leptidea sinapis/juvernica*.

Dvojnemu štetju se kljub pozornosti verjetno nismo mogli popolnoma izogniti, vendar ga ne obravnavamo kot problematičnega, saj smo medsebojno primerjali posamezne transekte in ne popisanih vrst (ki so med drugim tudi različno »ujemljive«) ter je bila napaka zato enaka na vseh transektih (Balmer in Erhardt, 2000).

Poleg podatkov o številčnosti metuljev, smo pred začetkom popisa in po njem popisali vrednosti okoljskih in vremenskih spremenljivk (temperatura, jakost vetra po Beaufortu, % oblačnosti) ter zabeležili morebitne spremembe v rabi zemljišča, spremembe v habitatu (Pöyry in sod., 2005).

3.3 ANALIZA PODATKOV

Za analizo podatkov je bil uporabljen program za statistično analizo R (R Development Core Team, 2016).

Podatke o abundanci vrst smo za potrebe analize podatkov organizirali v sledeče skupine: transekte po letih (6 skupin) ter transekte s kumulativnimi podatki za obe leti skupaj (3 skupine).

Analiza indikatorskih vrst je bila narejena s funkcijo »multipatt«, s paketom »Indicspecies« (De Cáceres in Legendre, 2009), ki obsega funkcije za ocenjevanje statistične pomembnosti med pojavljanjem oz. pogostostjo vrste in definiranimi skupinami (npr. lokalitetami oz. skupinami lokalitet). Analiza določi vrste, ki jih lahko povezujemo s posameznimi skupinami oz. kombinacijo skupin. Metoda za izračun povezave med vrstami in skupinami uporablja indikatorsko vrednost IndVal indeks (Dufrene in Legendre, 1997), ki jo izračuna med vrsto in vsako definirano skupino in nato išče skupino z najvišjo vrednostjo podobnosti. Statistična pomembnost tega izračuna je nato testirana s permutacijskim testom. Indikatorske vrste posameznih transektov in kombinacije le-teh smo vizualno ponazorili s paketom »VennDiagram« (Chen in Boutros, 2011). Za ponazoritev indikatorskih vrst po transektih in po letih smo uporabili spletno orodje (Calculate ... , 2016).

Za oceno vrstne diverzitete skupin smo izračunali Shannon-Wienerjev, Simpsonov in vzajemni Simpsonov indeks raznolikosti (Waite, 2000).

Podatke smo nato analizirali s funkcijami paketa »Vegan« (Oksanen in sod., 2016). Razlike v vrstni sestavi med skupinami smo ponazorili s pomočjo funkcije »metaMDS«, ki opravi ne-metrično večdimenzionalno skaliranje (NMDS) in za lažjo interpretacijo standardizira končni rezultat skaliranja. Ali se vrstna sestava med skupinami razlikuje, smo testirali s funkcijo »adonis«: permutacijsko multivariatno analizo variance, z uporabo distančnih matrik, kjer je ničelna hipoteza, da med skupinami ni razlike v vrstni sestavi. Ne-parametrična multivariatna analiza testira za razlike med centriidi skupin, vendar je test občutljiv na razlike v multivariatni disperziji podatkov okoli centroida.

Da bi ugotovili, koliko k razliki prispeva relativna abundanca in koliko vrstna sestava smo opravili analizo multivariatne homogenosti disperzije skupin s funkcijo »betadisper« (Anderson, 2006a; Anderson, 2006b). Testirali smo ničelno hipotezo, da se varianca ne spreminja, da razlike v beta diverziteti ni.

Skupine smo nato medsebojno primerjali še s Tukeyevim HSD testom, s funkcijo »TukeyHSD.betadisper«.

Odvisnost med spremenljivkami smo preverili še s splošnim linearnim modelom analize variance. Za merilo pri izbiri modelov smo vzeli Akaikejev informacijski kriterij (AIC) (Sakamoto in sod., 1986). Ustreznost izbranega modela smo testirali s χ^2 testom.

4 REZULTATI

4.1 RAZLIKE V VEGETACIJI TRANSEKTOV

Transekti predstavljajo tri različne sukcesijske faze, ki so posledica različnega načina gospodarjenja z zemljišči na območju Krasa. Na transektu Spodnji Kras gre za dvakrat letno košene travnike, s posamičnimi drevesi, medtem ko gre na Socerbu za prve faze opuščanja gospodarjenja in posledično do zaraščanja z grmičevnatimi in drevesnimi vrstami. V zadnjih dveh odsekih tega transeкта je bilo zaraščanje z rujem *Cotinus coggygria* že intenzivno in podobno, kot na transektu Soligrad, le da je tam bila višina grmičevja in pokrovnost z rujem višja, njegovi sestoji pa bistveno gostejši.

Opuščena travišča na transektu Soligrad so v primerjavi z drugima dvema transektoma imela izrazite spremembe v sestavi, strukturi in višini vegetacije. Razrasli so se gosti, težko prehodni sestoji ruja *Cotinus coggygria*, znotraj katerih so bila prisotna posamezna drevesa puhastega hrasta *Quercus pubescens*, velikega jesena *Fraxinus excelsior* in navadnega brina *Juniperus communis*.

Transekt Socerb, ki po rastju predstavlja srednjo fazo sukcesije je bil po strukturi in vrstni sestavi vegetacije najpestrejši. Od lesnih vrst so bili zastopani puhasti hrasti *Quercus pubescens*, posamični grmi navadnega brina *Juniperus communis*, robidovje *Rubus* sp. ter ruj *Cotinus coggygria*. Opaženih je bilo več termofilnih območij s plitvo plastjo humusa ter zaplat s cvetočimi vrstami iz družine metuljnic *Fabaceae*, od katerih so bile najpogostejše navadna podkvica *Hippocrepis comosa*, navadna nokota *Lotus corniculatus*, timijan *Thymus* sp., ranjak *Anthyllis vulneraria*. Zastopana je bila še ametistasta možina *Eryginium ametistinum*, med travami pa je na večini odsekov prevladovala *Stipa* spp. V zadnjih dveh odsekih je bil ruj bistveno pogostejše zastopan, kot na preostalih odsekih tega transeкта.

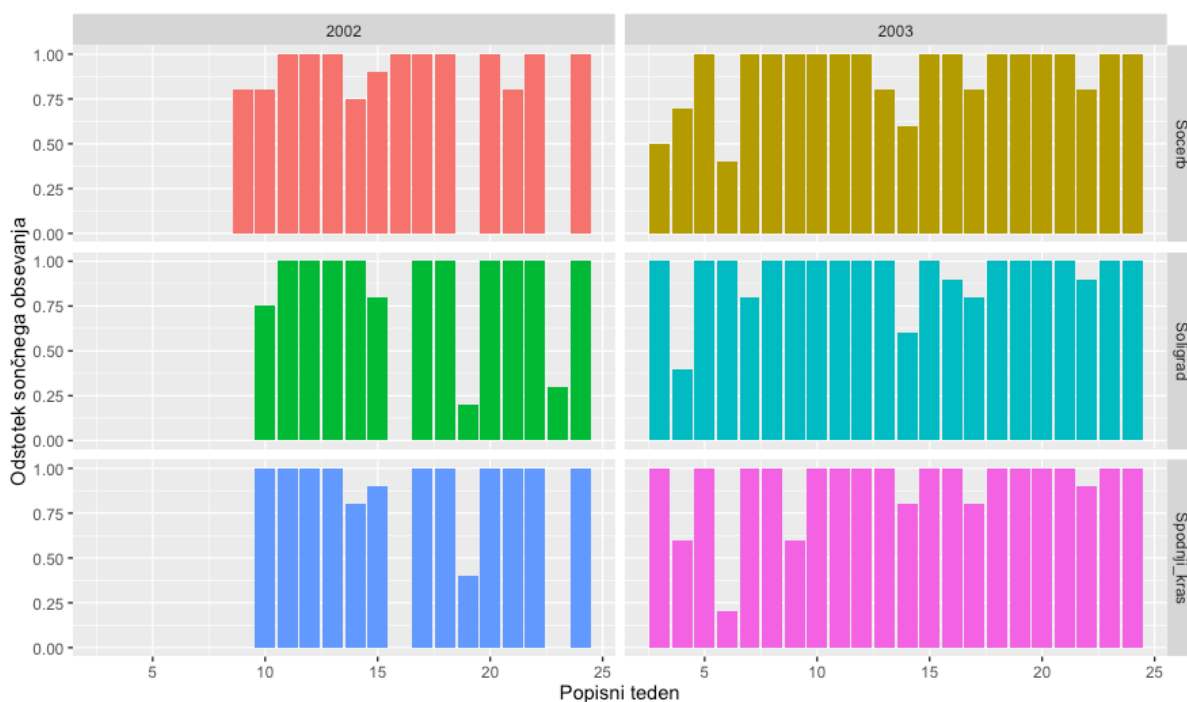
Na transektu Spodnji Kras so bili zastopani ekstenzivni kraški travniki, s posamičnimi puhastimi hrasti *Quercus pubescens*. Od cvetočih rastlin so bile najpogostejše zastopane vrste iz družine metuljnic *Fabaceae*. Leta 2003 je bilo večje območje neposredno ob in v samem transektu zasuto z materialom, ki je bil tja navožen v času gradnje predora Kastelec.

4.2 OKOLJSKI PODATKI

Po celoletnih statističnih podatkih, ki so povzeti po podatkih portala SI-STAT (Statistični urad RS, 2007) za Koper in Portorož je bilo leto 2002 v primerjavi z 2003 za 0,2°C hladnejše. V obeh letih so bili najtoplejši meseci junij (22 in 24°C), julij (23,2 in 24,5°C) in avgust (21,7 in 26,1°C). Jasnih dni je bilo leta 2002 78, leta 2003 pa 112 (razlika 34). Oblačnih dni je bilo leta 2002 97, l. 2003 pa 56 (razlika 41). V povprečju je l. 2002 padlo 43,33% (414 mm) več padavin kot 2003, bilo je 43 več deževnih dni kot leta 2003. Največ

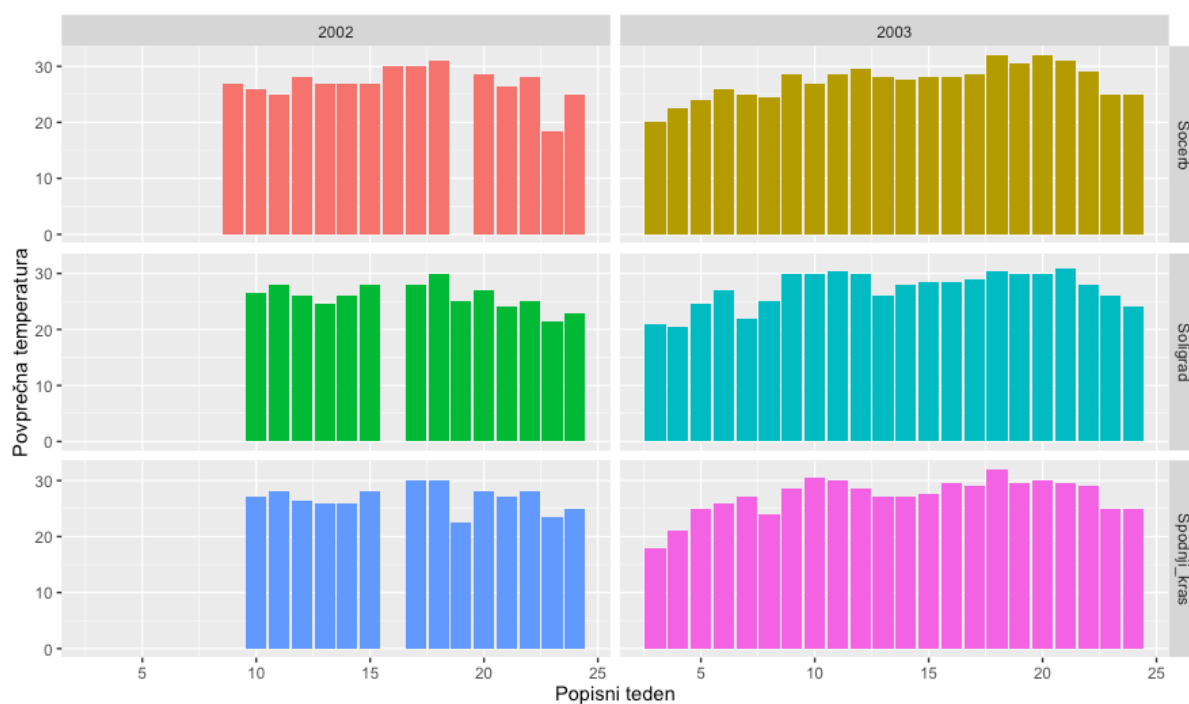
padavin je padlo meseca septembra (240 mm), ki mu sledita avgust (147 mm) in junij (138 mm). Leta 2003 je padlo največ padavin meseca septembra (123 mm), sledi november (119 mm) in december (100 mm). Neviht je bilo leta 2002 69, leta 2003 45, kar je za 24 manj. Leta 2002 je prevladoval JV veter, leta 2003 pa V–JV veter. Med izvajanjem popisov v obdobju od maja do septembra smo zabeležili podatke okoljskih spremenljivk, ki ustrezajo tem podatkom.

Leta 2002 je bila povprečna izmerjena temperatura na transektih v času popisov 26,6°C (Soligrad 25,9°C, Sp. Kras 26,8°C, Socerb 27,0°C). Temperature so bile leta 2003 v primerjavi z letom 2002 za 0,68°C višje (Soligrad 27,3°C, Sp. Kras 27,2°C, Socerb 27,3°C). Temperatura se je od začetka do konca posameznega popisa l. 2002 spremenila povprečno za 0,12°C, spustila oz. dvignila se je za največ 1°C. Najvišja zabeležena temperatura je bila 31°C, najnižja pa 18°C. Leta 2003 se je temperatura navzgor oz. navzdol spremenila za največ 2°C. Najvišja je bila 32°C, najnižja pa 18°C. Leta 2002 so bili dnevi popisov po naših ocenah povprečno 86% sončni, leta 2003 pa 91% (Slika 8).

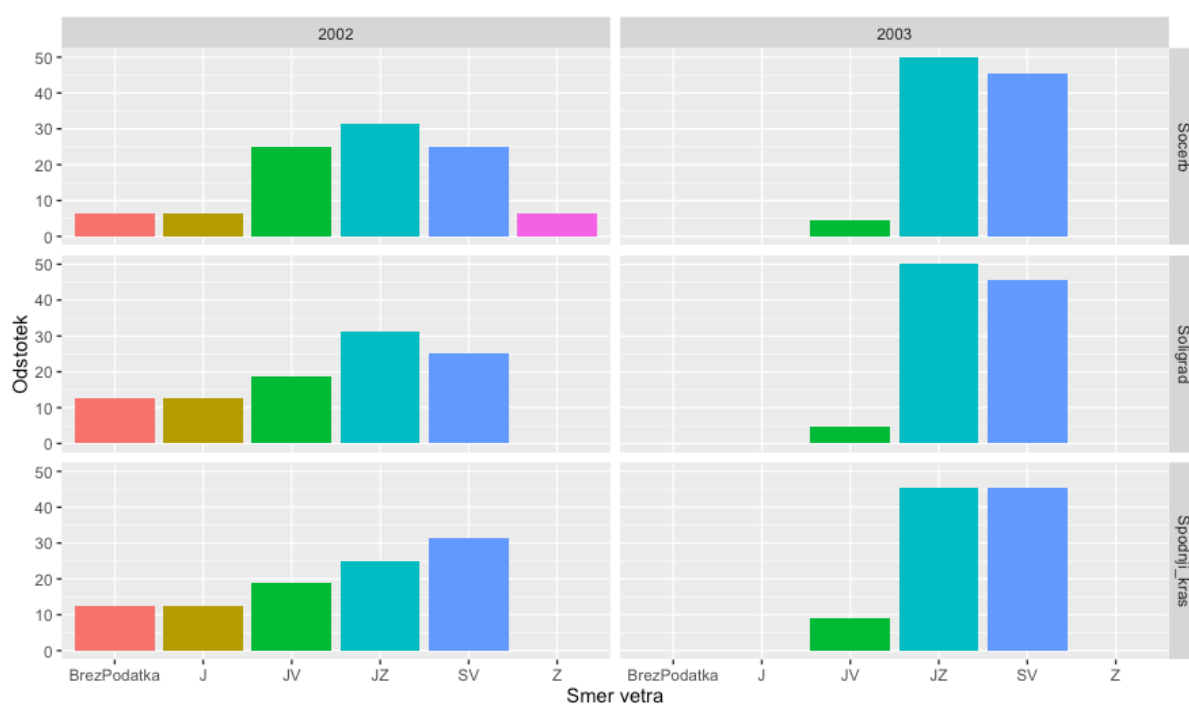


Slika 8: Odstotek sončnega obsevanja po popisnih tednih, transektih in letih.

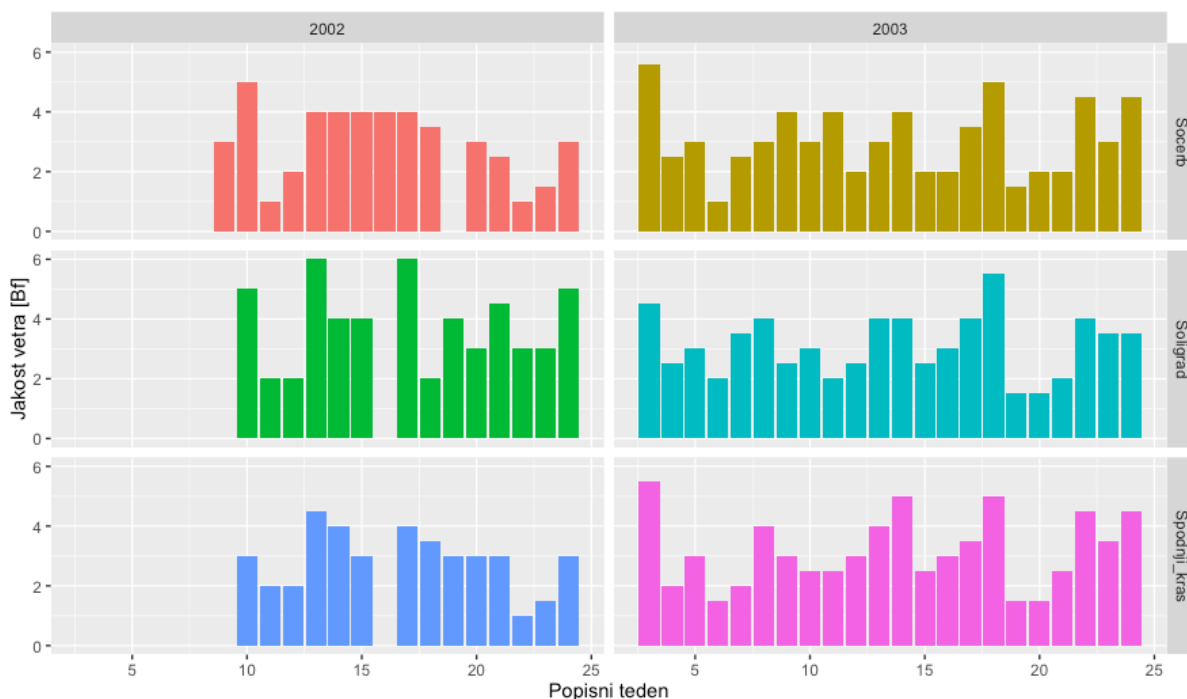
Temperatura okolja na začetku in koncu popisa sta navzgor oz. navzdol odstopali za največ 2°C. Povprečna razlika v obeh letih med omenjenima temperaturama je bila 0,22 stopinje (l. 2002: 0,12 stopinje in l. 2003 0,32 stopinje), zato smo za nadaljnjo obdelavo podatkov uporabili povprečje med začetno in končno izmerjeno vrednostjo. Povprečne vrednosti izmerjenih temperatur so prikazane spodaj (Slika 9).



Slika 9: Izmerjena temperatura med popisi, po popisnih tednih, transektih in letih. Vrednost 0 pomeni nevihto v času popisa.



Slika 10: Pogostost različnih smeri vetra med popisi, po letih in transektih.



Slika 11: Jakost vetra med popisi, po popisnih tednih, transektih in letih.

Leta 2002 so se padavine v obliki neviht pojavile v času popisa v 3 primerih (9, 16 in 19 popisni teden), l. 2003 takih primerov ni bilo. Leta 2002 je bila povprečna jakost vetra 3,24 Bf, najvišja vrednost 6 je bila zabeležena v Soligradu, najmanjša 1 pa na Socerbu in Sp. Krasu. Leta 2003 je bilo povprečje 3,12 Bf, najvišja vrednost 5,5 Bf je bila prav tako zabeležena v Soligradu, najnižja 1 pa v Socerbu (Slika 11). Obe leti je med popisi prevladoval JZ veter (Slika 10).

O okoljskih parametrih, ki smo jih spremljali ob popisovanju, lahko v splošnem rečemo, da je bilo drugo popisno leto toplejše, z manj padavinami in manj vetrovno.

4.3 REZULTATI FAVNISTIČNIH POPISOV

4.3.1 Pregled favne dnevnih metuljev

Leta 2002 smo popise izpeljali med 9. – 24. popisnim tednom, popisanih je bilo 3.528 osebkov, leta 2003 smo popisovali med 3. – 24. tednom in popisali 2.882 osebkov, skupaj 6.410 osebkov (Preglednica 1). Skupno smo največ osebkov popisali na Spodnjem Krasu, leta 2002 na Spodnjem Krasu, leta 2003 pa na Socerbu. Najmanj jih je bilo obe leti popisanih na transektu Soligrad.

Preglednica 1: Število popisanih osebkov po transektih in letih.

Transekt	2002	2003	Skupaj
Socerb	1.229	1.242	2.471
Soligrad	806	543	1.349
Spodnji Kras	1.493	1.097	2.590
Skupaj	3.528	2.882	6.410

V obeh popisnih letih je bilo na vseh transektih skupaj popisanih 66 različnih vrst. 52 različnih vrst smo popisali v l. 2002 in 61 v l. 2003. Največ jih je bilo popisanih na transektu v Spodnjem Krasu (53 vrst), za tem na Socerbu (50 vrst) in najmanj na transektu v Soligradu (33 vrst). Podatki o številu popisanih vrst na posameznih transektih, po popisnih letih so predstavljeni v spodnji preglednici (Preglednica 2). Celotni seznam vrst se nahaja v prilogah (Priloga A).

Preglednica 2: Število popisanih vrst na posameznih transektih po popisnih letih.

Transekt in popisno leto	Število vrst
Socerb (l. 2002)	39
Socerb (l. 2003)	47
Soligrad (l. 2002)	27
Soligrad (l. 2003)	31
Spodnji Kras (l. 2002)	42
Spodnji Kras (l. 2003)	49

Med popisanimi so bile opažene vrste iz Evropskega rdečega seznama metuljev (Van Swaay, 2010) ter Rdečega seznama metuljev Slovenije (Pravilnik ... , 2002) (Preglednica 3).

Preglednica 3: Opažene vrste in njihovi naravovarstveni statusi iz Evropskega rdečega seznama metuljev (Van Swaay, 2010) in Rdečega seznama metuljev Slovenije (Pravilnik ... , 2002).

Status vrste v seznamu	Socerb	Soligrad	Sp. Kras
Evropski rdeči seznam metuljev			
NT (»near threatened«)	4 vrste <i>Chazara briseis</i> <i>Hipparchia fagi</i> <i>Polyommatus dorylas</i> <i>Pseudophilotes vicrama</i>	1 vrsta <i>Hipparchia fagi</i>	5 vrst <i>Chazara briseis</i> <i>Hipparchia fagi</i> <i>Hipparchia statilinus</i> <i>Melitaea britomartis</i> <i>Polyommatus dorylas</i>
Rdeči seznam metuljev Slovenije			
Status E (prizadete vrste)	1 vrsta <i>Chazara briseis</i>	1 vrsta <i>Polyommatus thersites</i>	3 vrste <i>Chazara briseis</i> <i>Hipparchia statilinus</i> <i>Polyommatus thersites</i>
Status V (ranljive vrste)	8 vrst <i>Pieris mannii</i> <i>Hipparchia semele</i> <i>Satyrus ferula</i> <i>Spialia sertorius</i> <i>Pyrgus armoricanus</i> <i>Polyommatus escheri</i> <i>Pseudophilotes vicrama</i> <i>Scolitantides orion</i>	4 vrste <i>Pieris mannii</i> <i>Hipparchia semele</i> <i>Satyrus ferula</i> <i>Spialia sertorius</i>	7 vrst <i>Pieris mannii</i> <i>Hipparchia semele</i> <i>Satyrus ferula</i> <i>Spialia sertorius</i> <i>Pyrgus armoricanus</i> <i>Melitaea britomartis</i> <i>Lycaena dispar</i>
Skupaj število vrst iz obeh rdečih seznamov			
	11 vrst	6 vrst	12 vrst

V obeh letih in vseh transektih skupaj je to 7 vrst z NT statusom iz Evropskega rdečega seznama ter 10 s statusom V in 3 s statusom E iz Rdečega seznama metuljev Slovenije.

4.3.2 Diverzitetni indeksi

Najvišje vrednosti diverzitetnih indeksov (Preglednica 4) so bile izračunane za transekt Spodnji Kras leta 2003, sledi mu transekt Socerb v letu 2003, sledita Socerb in Soligrad v letu 2002. Najnižji vrednosti indeksov ima transekt Soligrad v letu 2002.

Preglednica 4: Vrednosti Shannon Wienerjevega indeksa (H'), Simpsonovega indeksa raznolikosti (1-D) in vzajemnega Simpsonovega indeksa (1/D) po transektih, po letih.

Transekt in popisno leto	Shannon Wiener indeks (H')	Simpsonov indeks raznolikosti (1-D)	Vzajemni Simpsonov indeks (1/D)
Socerb 2002	2,832	0,916	11,969
Socerb 2003	3,097	0,934	15,228
Soligrad 2002	2,328	0,854	6,850
Soligrad 2003	2,677	0,904	10,508
Spodnji Kras 2002	2,807	0,909	11,003
Spodnji Kras 2003	3,164	0,939	16,343

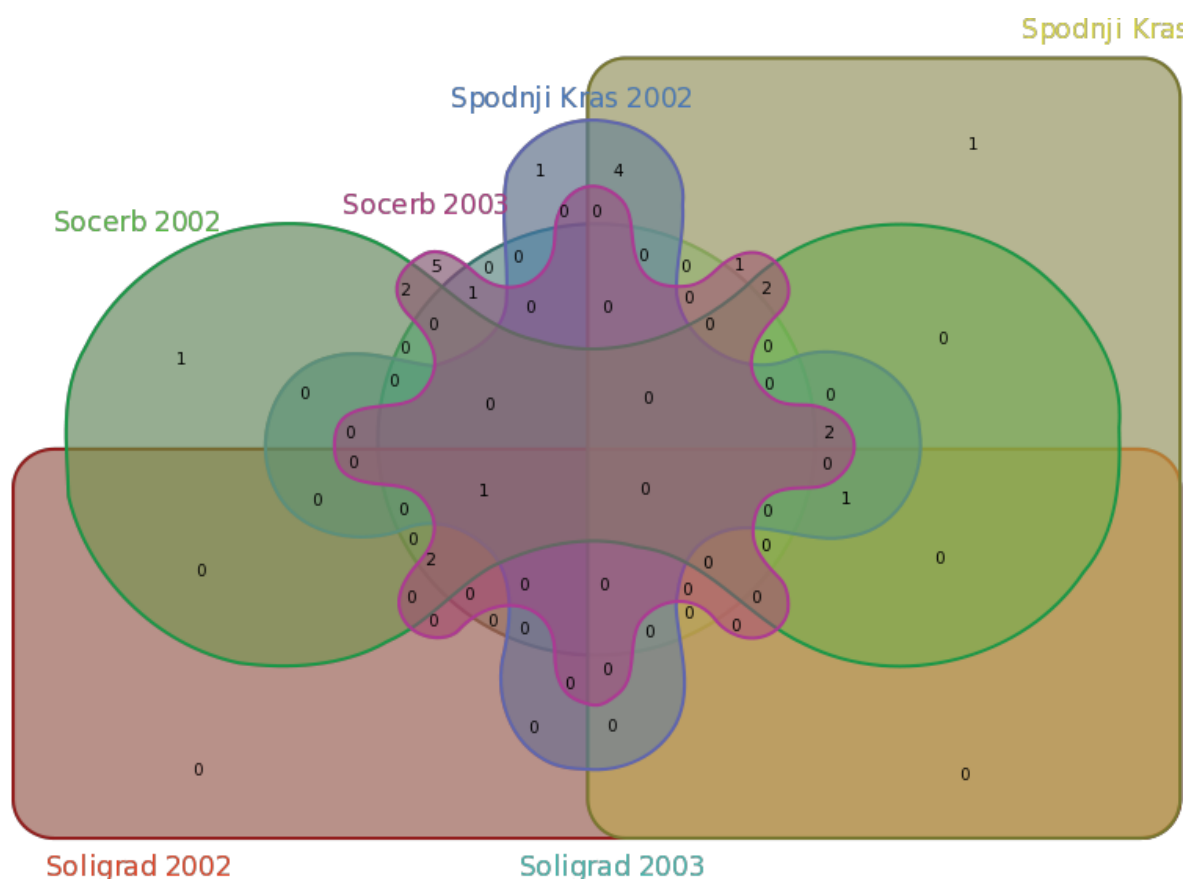
4.3.3 Analiza indikatorskih vrst

Pri analizi indikatorskih vrst smo za skupine najprej opredelili transekte po popisnih letih. Od skupno 66 vrst, je bilo za indikatorske izbranih 24, od tega jih 8 pripada eni skupini, 8 dvema skupinama, 2 trem skupinam, 5 vrst štirim in po 1 vrsta petim skupinam (Preglednica 5, Slika 12).

Preglednica 5: Rezultati analize indikatorskih vrst. Za skupine so opredeljeni transekti po popisnih letih.

Št.	Skupina	Št. vrst	Vrsta (IndVal indeks P vrednost)
1	Socerb 2002	1	<i>Issoria lathonia</i> (0,5 0,024 *)
2	Socerb 2003	5	<i>Hipparchia fagi</i> (0,772 0,001 ***) <i>Erynnis tages</i> (0,735 0,001 ***) <i>Callophrys rubi</i> (0,659 0,001 ***) <i>Melitaea phoebe</i> (0,594 0,013 *) <i>Lasiommata megera</i> (0,548 0,013 *)
3	Sp. Kras 2002	1	<i>Brenthis daphne</i> (0,632 0,001 ***)
4	Sp. Kras 2003	1	<i>Melitaea britomartis</i> (0,48 0,013 *)
5	Socerb 2002 + Socerb 2003	2	<i>Pyrgus armoricanus</i> (0,753 0,001 ***) <i>Colias alfacariensis</i> (0,698 0,001 ***)
6	Socerb 2003 + Soligrad 2003	1	<i>Argynnis niobe</i> (0,739 0,001 ***)
7	Socerb 2003 + Sp. Kras 2003	1	<i>Hamearis lucina</i> (0,59 0,004 **)
8	Sp. Kras 2002 + Sp. Kras 2003	4	<i>Thymelicus lineola</i> (0,732 0,001 ***) <i>Hipparchia statilinus</i> (0,707 0,001 ***) <i>Pyronia tithonus</i> (0,707 0,001 ***) <i>Brenthis hecate</i> (0,550 0,023 *)
10	Socerb 2002 + Socerb 2003 + Sp. Kras 2003	2	<i>Melitaea cinxia</i> (0,767 0,001 ***) <i>Polyommatus coridon</i> (0,649 0,042 *)
12	Socerb 2002 + Socerb 2003 + Soligrad 2002 + Soligrad 2003	1	<i>Aporia crataegi</i> (0,890 0,001 ***) <i>Satyrus ferula</i> (0,875 0,001 ***)
13	Socerb 2002 + Socerb 2003 + Sp. Kras 2002 + Sp. Kras 2003	1	<i>Plebejus argus</i> (0,894 0,001 ***) <i>Melitaea didyma</i> (0,880 0,001 ***)
14	Socerb 2002 + Soligrad 2002 + Sp. Kras 2002 + Sp. Kras 2003	1	<i>Aricia agestis</i> (0,772 0,002 **)
15	Socerb 2002 + Socerb 2003 + Soligrad 2002 + Soligrad 2003 + Sp. Kras 2002	1	<i>Polyommatus bellargus</i> (0,839 0,039 *)

Statistična značilnost vrst je označena z: 0 '****' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1



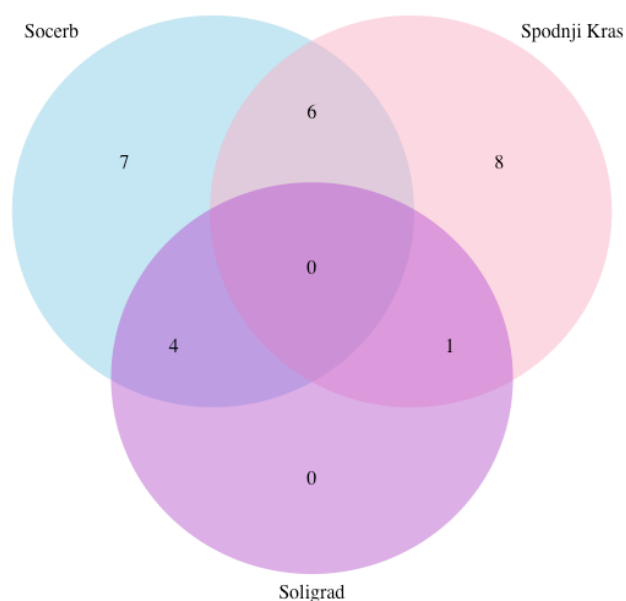
Slika 12: Vennov diagram indikatorskih vrst za posamezne transekte po popisnih letih.

Analizo smo ponovili, s tem, da smo za skupine tokrat opredelili transekte s kumulativnimi podatki za obe leti skupaj. Za indikatorske vrste je bilo v tem primeru izbranih 26 vrst, od tega jih 15 pripada eni skupini in 11 dvema skupinama (Preglednica 6, Slika 13).

Preglednica 6: Rezultati analize indikatorskih vrst. Za skupine so opredeljeni transekti s kumulativnimi podatki za obe leti skupaj

Št.	Skupina	Št. vrst	Vrsta (IndVal indeks P vrednost)
1	Socerb	7	<i>Pyrgus armoricanus</i> (0,753 0,001 ***) <i>Colias alfacariensis</i> (0,695 0,001 ***) <i>Callophrys rubi</i> (0,595 0,001 ***) <i>Hipparchia fagi</i> (0,550 0,023 *) <i>Erynnis tages</i> (0,522 0,005 **) <i>Issoria lathonia</i> (0,447 0,009 **) <i>Lasiommata megera</i> (0,387 0,035 *)
2	Spodnji Kras	8	<i>Thymelicus lineola</i> (0,732 0,001 ***) <i>Hipparchia statilinus</i> (0,707 0,001 ***) <i>Pyronia tithonus</i> (0,707 0,001 ***) <i>Aricia agestis</i> (0,678 0,028 *) <i>Brenthis hecate</i> (0,550 0,004 **) <i>Brenthis daphne</i> (0,463 0,016 *) <i>Minois dryas</i> (0,423 0,045 *) <i>Limenitis reducta</i> (0,378 0,046 *)
3	Socerb+Soligrad	4	<i>Aporia crataegi</i> (0,890 0,001 ***) <i>Satyrus ferula</i> (0,878 0,001 ***) <i>Polyommatus bellargus</i> (0,832 0,003 **) <i>Argynnis niobe</i> (0,592 0,001 ***)
4	Socerb+Spodnji Kras	6	<i>Plebejus argus</i> (0,894 0,001 ***) <i>Melitaea didyma</i> (0,880 0,001 ***) <i>Melitaea cinxia</i> (0,661 0,001 ***) <i>Polyommatus coridon</i> (0,619 0,036 *) <i>Melitaea phoebe</i> (0,508 0,035 *) <i>Polyommatus dorylas</i> (0,500 0,043 *)
5	Soligrad+Spodnji Kras	1	<i>Melitaea athalia</i> (0,5 0,03 *)

Statistična značilnost vrst je označena z: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1



Slika 13: Vennov diagram indikatorskih vrst po transektih.

4.3.4 Shapiro-Wilk test normalnosti

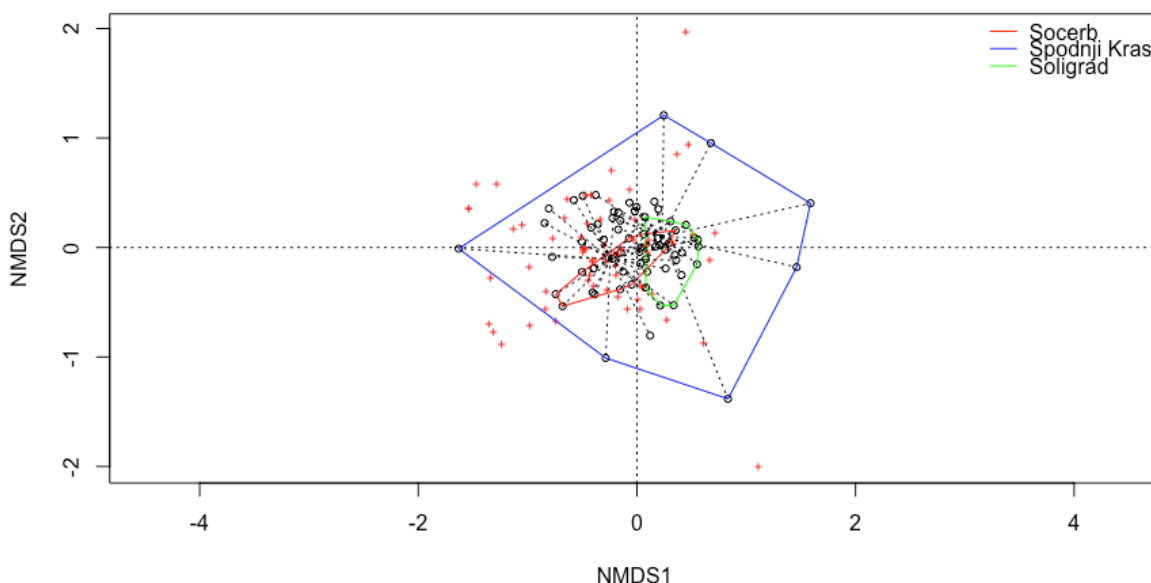
Normalnost porazdelitve podatkov smo testirali s Shapiro – Wilk testom. Test celotnih podatkov nam da p-vrednost $<0,001$, prav tako so nizke tudi p-vrednosti testa po transektih po posameznih letih (vse $p<0,001$). Podatki torej niso normalno porazdeljeni, zato so bili za nadaljnjo analizo uporabljeni ne-parametrični testi.

4.3.5 Razlike v vrstni sestavi in diverziteti beta

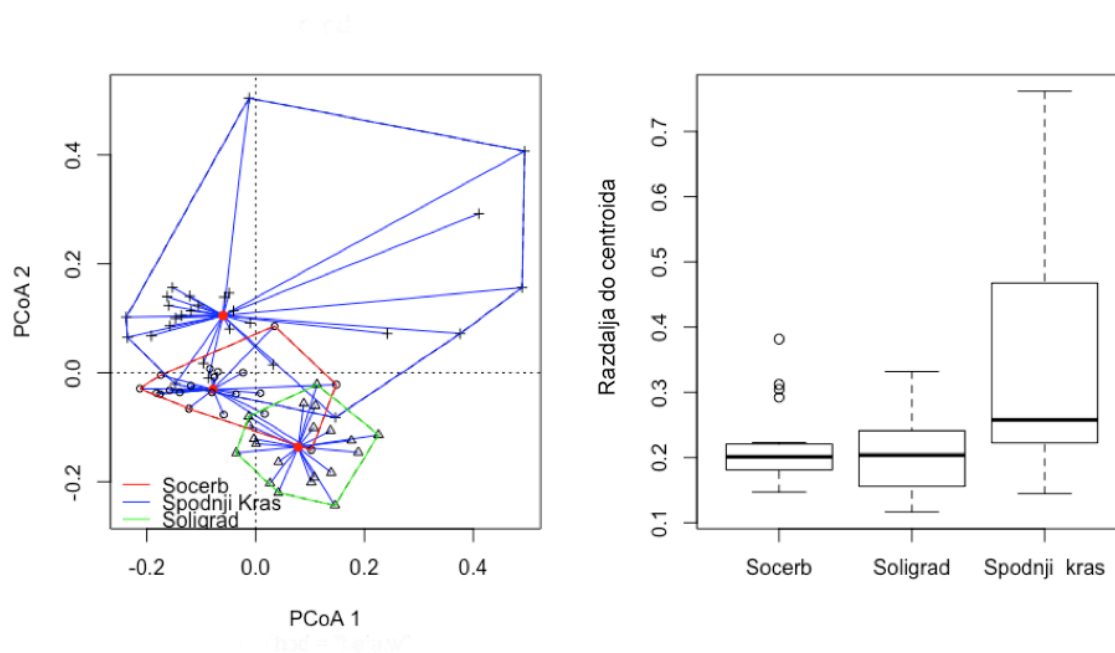
Podatke smo najprej analizirali po transektih, kumulativno za obe leti skupaj.

Multivariatna analiza variance je pokazala, da so razlike v vrstni sestavi med transekti statistično značilne ($p<0,001$). Delna varianca R^2 , ki jo lahko razložimo z lokacijo transeкта je 0,307. Razlike oz. podobnosti v vrstni sestavi transektov, kumulativno po letih, smo grafično ponazorili z ne-metričnim večdimenzionalnim skaliranjem (NMDS) (Slika 14).

Analiza multivariatne homogenosti disperzije (Slika 15) je dala sledeče rezultate: povprečna razdalja do mediane za transekt Socerb je 0,217 za Soligrad 0,207 in za Sp. Kras 0,348. Razdalje med objekti in centriidi skupin (heterogenost disperzije) so tu ocena diverzitete beta. Pri vrednosti $p<0,001$ lahko trdimo, da so razlike v diverziteti beta med transekti statistično značilne. Enako je pokazal tudi permutacijski test povprečne disperzije med skupinami ($p=0,001$).

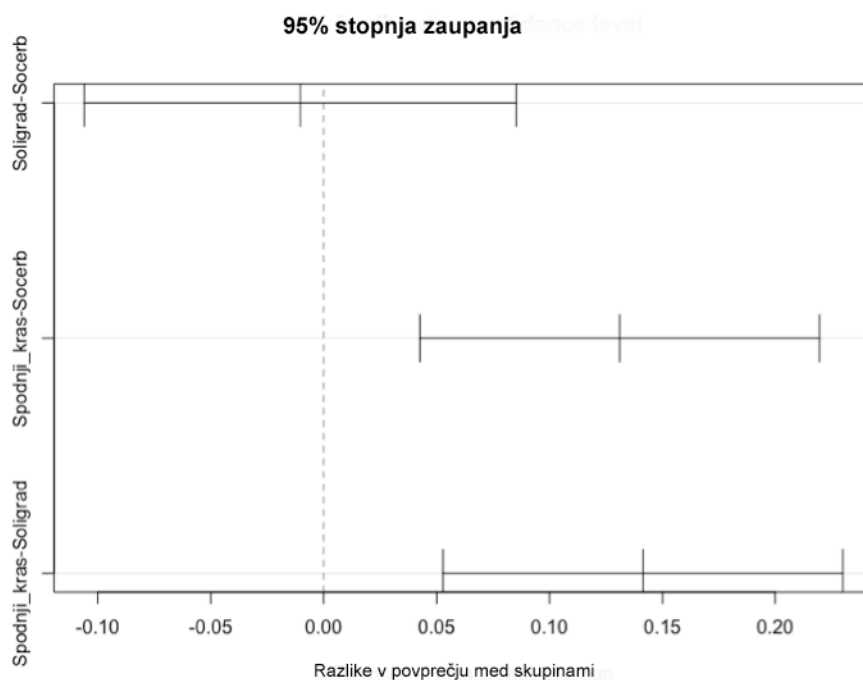


Slika 14: NMDS ponazoritev podobnosti med transekti (kumulativno po letih).



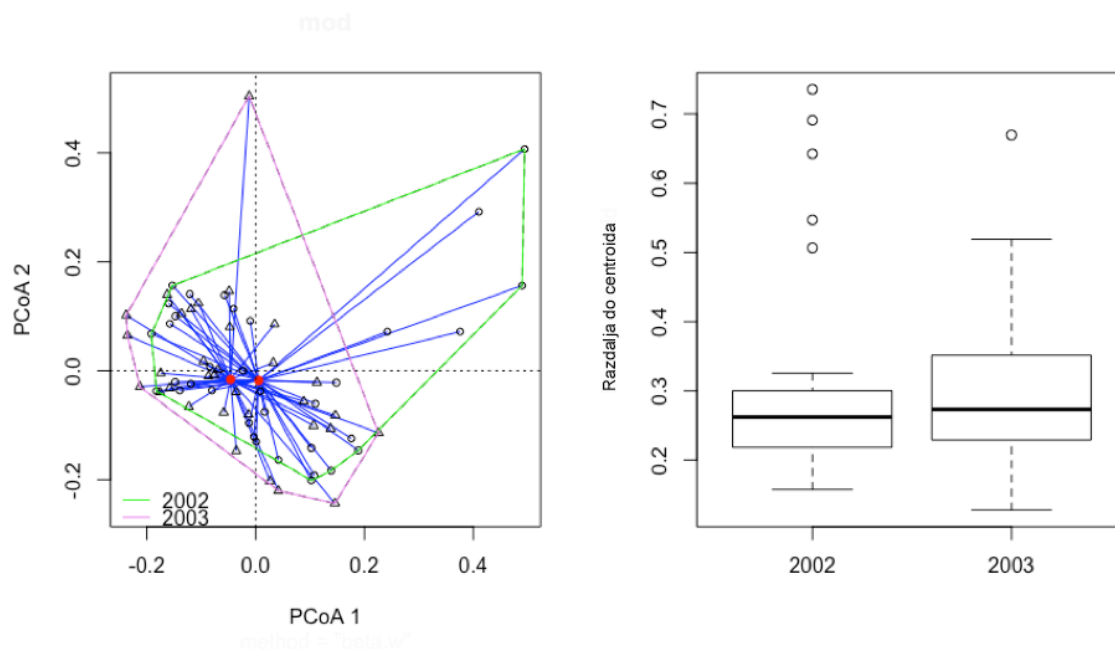
Slika 15: Multivariatna homogenost disperzije med transekti (kumulativno po letih)

Tukeyev HSD test pri 95% stopnji zaupanja ne pokaže statistično značilne razlike v disperziji od centroida med Soligradom in Socerbom ($p=0,964$), medtem ko razlike med Spodnjim Krasom in Socerbom ($p=0,002$) ter Spodnjim Krasom in Soligradom ($p<0,001$) so statistično značilne (Slika 16).



Slika 16: Razlike v varianci disperzije med transekti (kumulativno po letih) po letih pri 95% stopnji zaupanja.

Razlike v vrstni sestavi med popisnima letoma niso statistično značilne ($p=0,996$). Analiza multivariatne homogenosti disperzije prikaže povprečno razdaljo do mediane za 2002 0,298 in za 2003 0,297. Razlika v disperziji od centroida med letoma (Slika 17) ni statistično značilna ($p=0,995$).



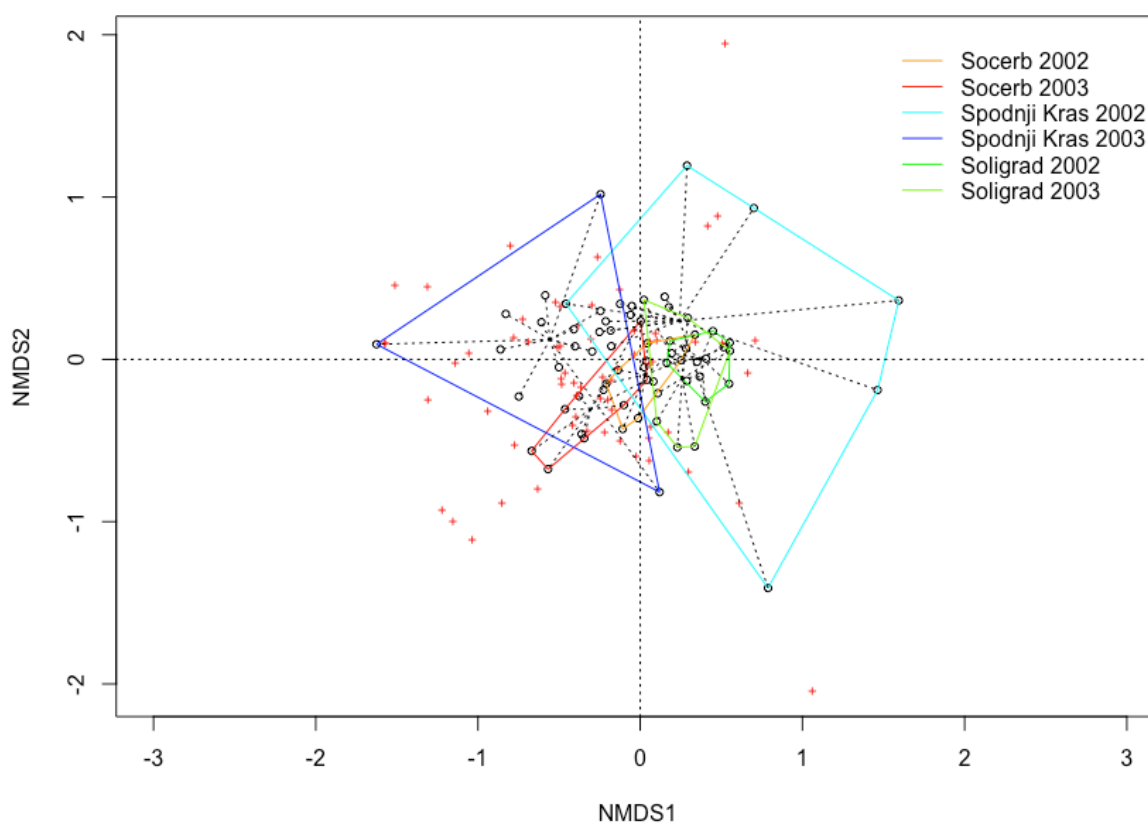
Slika 17: Multivariatna homogenost disperzije med popisnimi leti.

Tukeyeva večkratna primerjava srednjih vrednosti pri 95% stopnji zaupanja prav tako ne pokaže statistično značilne razlike v disperziji od centroida med obema popisnima letoma ($p=0,996$).

Analizo smo nato ponovili s skupinami transektov, ločenih po letih.

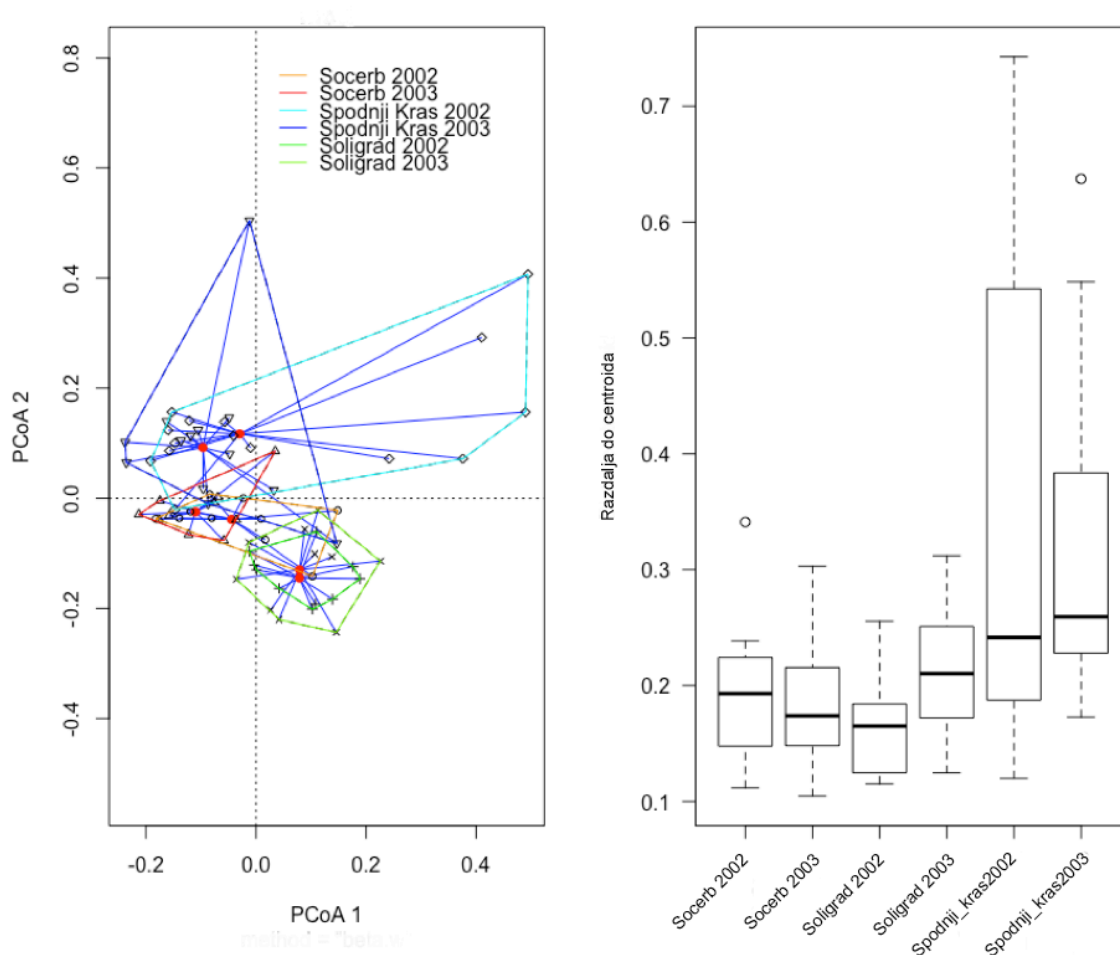
Razlike oz. podobnosti v vrstni sestavi transektov po letih smo grafično ponazorili z ne-metričnim večdimenzionalnim skaliranjem (NMDS) (Slika 18).

Multivariatna analiza variance je pokazala, da so razlike v vrstni sestavi med transekti po letih statistično značilne ($p < 0,001$). Delna varianca R^2 , ki jo lahko razložimo z lokacijo in popisnim letom je 0,307.



Slika 18: NMDS ponazoritev podobnosti med transekti po popisnih letih.

Analiza multivariatne homogenosti disperzije (Slika 19) je dala sledeče rezultate: povprečna razdalja do mediane za transekt Socerb 2002: 0,196, Socerb 2003: 0,187, Soligrad 2002: 0,169, Soligrad 2003: 0,219, Sp. Kras 2002: 0,342, Sp. Kras 2003: 0,322. Razlike v disperziji transektov od centroida so statistično značilne ($p=0,002$). Podoben rezultat dobimo tudi s permutacijskim testom povprečne disperzije ($p=0,003$).

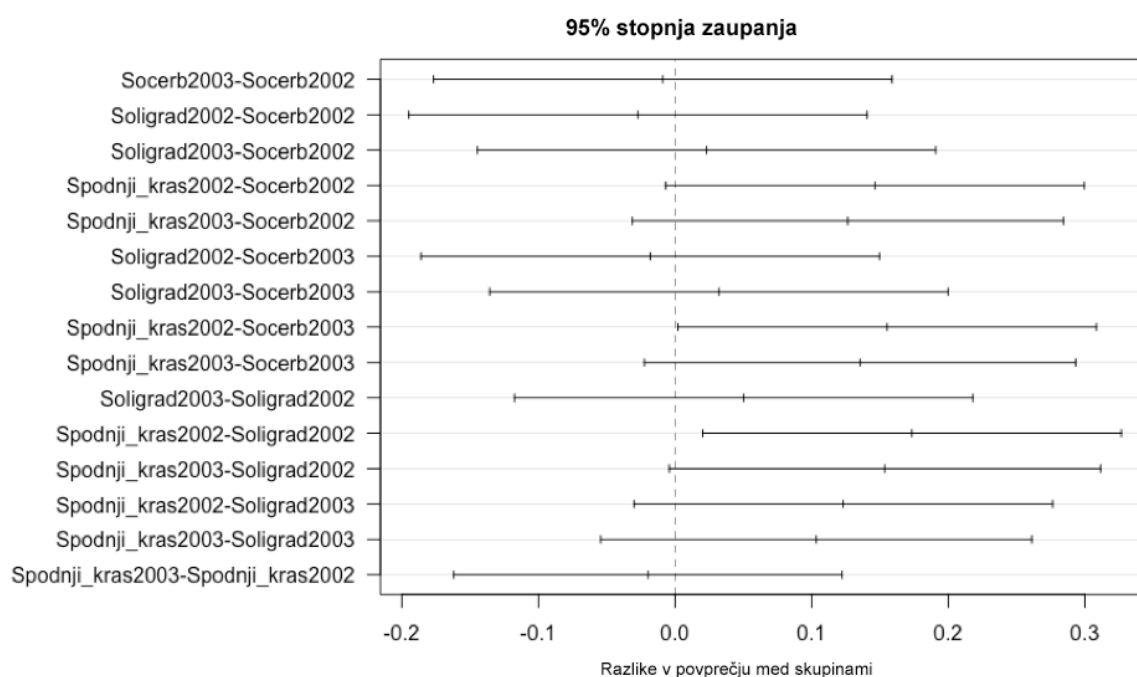


Slika 19: Multivariatna homogenost disperzije med transekti po letih.

Po rezultatih Tukeyevega HSD testa (Preglednica 7, Slika 20) lahko kot različne izpostavimo le 4 pare skupin in sicer: Spodnji Kras 2002 in Socerb 2002 ($p=0,069$), Spodnji Kras 2002 in Socerb 2003 ($p=0,045$), Spodnji Kras 2002 in Soligrad 2002 ($p=0,017$), Spodnji Kras 2003 in Soligrad 2002 ($p=0,061$). Razlike v disperziji med ostalimi primerjanimi pari niso statistično značilne.

Preglednica 7: Primerjava disperzije transektov po popisnih letih s Tukeyevim HSD testom.

Primerjava skupin	p-vrednost
Socerb 2003 – Socerb 2002	0,999
Soligrad 2002 – Socerb 2002	0,997
Soligrad 2003 – Socerb 2002	0,998
Spodnji Kras 2002 – Socerb 2002	0,069*
Spodnji Kras 2003 – Socerb 2002	0,188
Soligrad 2002 - Socerb 2003	0,999
Soligrad 2003 - Socerb 2003	0,993
Spodnji Kras 2002 – Socerb 2003	0,045*
Spodnji Kras 2003 – Socerb 2003	0,133
Soligrad 2003 – Soligrad 2002	0,950
Spodnji Kras 2002 – Soligrad 2002	0,017*
Spodnji Kras 2003 – Soligrad 2002	0,061*
Spodnji Kras 2002 – Soligrad 2003	0,185
Spodnji Kras 2003 – Soligrad 2003	0,396
Spodnji Kras 2003 – Spodnji Kras 2002	0,998



Slika 20: Razlike v varianci disperzije med transekti po letih pri 95% stopnji zaupanja.

4.3.6 Splošni linearni model analize variance

Postavili smo 5 modelov odvisnosti abundance od različnih spremenljivk (Preglednica 8) in jih primerjali glede na dobljeno AIC vrednost.

Preglednica 8: Opis splošnih linearnih modelov analize variance, stopinje prostosti in AIC vrednosti.

Model	Opis	Stopinje prostosti	AIC
Model 1	Abundanca~leto+mesec+teden+transekt	25	5837,417
Model 2	Abundanca~leto+mesec+transekt	9	5988,682
Model 3	Abundanca~transekt*(leto+mesec+teden)	67	5602,561
Model 4	Abundanca~transekt*(leto+teden)	67	5602,561
Model 5	Abundanca~leto+teden+transekt	25	5837,417

Modela 3 in 4 imata enako najnižjo vrednost AIC in konvergirata po 5 iteracijah. Ker mesec na AIC vrednost ni imel vpliva, smo izbrali model 4 (Preglednica 9).

Preglednica 9: Ničelno in residualno odstopanje ter pripadajoče stopinje prostosti za model 4.

Model 4	Devianca	Stopinje prostosti
Niželna devianca	3471,8	977
Residualna devianca	2080,1	911

Ustreznost izbranega modela smo testirali s χ^2 testom ($p=1$), zaradi česar lahko ovržemo ničelno hipotezo in model sprejmemo za ustreznega.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Favna dnevnih metuljev

Na transektu Spodnji Kras z ekstenzivnimi travniki je bilo skupno popisano največ osebkov (Preglednica 1), največje število vrst (Preglednica 2) in bilo je opaženih največ vrst iz Evropskega rdečega seznama metuljev (Van Swaay, 2010) in Rdečega seznama metuljev Slovenije (Pravilnik ... , 2002; Preglednica 3). Nekaj manj jih je bilo popisanih na transektu Socerb, ki predstavlja sukcesijsko fazo med ekstenzivnimi ter že zaraščenimi travniki in skoraj pol manj na transektu Soligrad, ki je imel najvišjo stopnjo zaraščenosti z grmišči.

Izrazito manjše število popisanih osebkov, vrst, predstavnikov vrst iz rdečih seznamov in nižje diverzitetne indekse na transektu Soligrad pripisujemo napredujoči sukcesiji in zaraščanju travniških površin zaradi opustitve gospodarjenja z ekstenzivnimi travniki, kar kot razlog za zmanjšanje biodiverzitete navajajo tudi drugi avtorji (Erhardt, 1985; Smallidge in Leopold, 1997; Balmer in Erhardt, 2000; Atauri in de Lucio, 2001; Hlad in Skoberne, 2001). Travniske površine so tu skoraj povsem prerasli gosti grmovnati sestoji ruja *Cotinus coggygria* in v veliki meri nadomestili cvetoče rastlinske vrste, ki bi sicer zagotavljale kvaliteten vir nektarja za metulje (Kruess in Tschardtke, 2002).

Na splošno torej velja, da je diverziteta v začetnih fazah sukcesije višja in se zmanjšuje z napredovanjem sukcesije (Stefanescu in sod., 2009), kot je to vidno na transektu Soligrad. Rezultati popisov pa si nasprotujejo, če med leti primerjamo druga dva transekt. Obe leti je bilo na Spodnjem Krasu popisanih več vrst kot na Socerbu, s tem, da je bila v prvem letu popisa vrstna pestrost in enakomernost zastopanosti vrst večja na Socerbu, večje število osebkov pa zabeleženo na Sp. Krasu. Leta 2003 je bila situacija obrnjena – večje število osebkov zabeleženih na Socerbu, večja vrstna pestrost in enakomernost zastopanosti vrst pa na Spodnjem Krasu.

Manjše vrstno bogastvo na transektu Socerb v primerjavi s Sp. Krasom, bi lahko pripisali relativni izoliranosti travniške površine, ki jo iz vseh strani obkroža gozd in manjšo površino okoliških travniških površin, ki bi pomagale vzdrževati dovolj velike, viabilne metapopulacije večjega števila travniških vrst metuljev. Iz majhne razlike v diverzitetnih indeksih med transektoma Spodnji Kras in Socerb lahko sklepamo tudi, da je zaraščanje v začetni fazi in upad vrstne pestrosti metuljev še ni izrazil, kot na transektu Soligrad.

Rezultati študij vpliva sukcesije ekstenzivnih travnikov na favno so si pogosto nasprotujoči. V zgodnjih fazah lahko npr. na diverziteti vpliva pozitivno, do upada pa pride takoj, ko se pojavi zaraščanje z grmičevjem (Erhardt, 1985; Balmer in Erhardt,

2000), kot se je to zgodilo na transektu Soligrad. Socerb v našem primeru predstavlja vmesno fazo med ekstenzivnimi in že zaraščenimi travniki. V primerjavi z drugima dvema lokalitetama ima Socerb tako več različnih, bolj strukturiranih habitatov in niš, ki nudijo življenjski prostor različnim vrstam metuljev, nudijo pa tudi več zavetja v sicer odprti pokrajini in jim omogočajo večjo aktivnost, kar bi lahko bil razlog za višjo vrstno pestrost leta 2002 (Pywell, 2004).

V letu na Socerbu 2003 ni bilo sprememb v gospodarjenju s travniki, s katerimi bi lahko razložili razliko v vrstni pestrosti. Na Spodnjem Krasu je bil l. 2003 zasut del zemljišča neposredno ob in deloma na samem transektu. Zaradi uničenja habitata v neposredni bližini transeкта (zasutje z materialom od izkopa predora Kastelec) so bili prisotni osebki in predstavniki vrst širšega območja, saj je motnja v okolju povzročila disperzijo metuljev po širšem območju okolice transeкта in iskanje nadomestnega habitata.

Med popisovanjem smo tudi opazili, da so se metulji ob najvišjih temperaturah (najbolj vročem delu dneva) zadrževali v rastju, kar bi lahko prispevalo k rezultatom popisa. Aktivnih osebkov je bilo v teh pogojih manj in ob višjih temperaturah smo lahko popisali le osebkke, ki smo jih med popisovanjem splašili. Pojav je bil najbolj izrazit na območjih z izpostavljeno kamninsko podlago in travnikih Sp. Krasa, saj so se travniške površine zaradi večje izpostavljenosti soncu segrevale bolj, kot površine drugih transektov, ki so bile zaradi drevja in grmičevja mestoma bolj zasenčene.

5.1.2 Indikatorske vrste

Rezultati analize indikatorskih vrst so pokazali prepoznavna transeкта Sp. Kras in Socerb, ki sta se razločevala tudi, če smo pri analizi upoštevali leto popisovanja. Prve 4 skupine, ki jih loči analiza (Preglednica 5, Slika 12) so transekti Socerb 2002, Socerb 2003 in Sp. Kras 2002, Sp. Kras 2003. Naslednja skupina da kombinacijo popisnih let za transekt Socerb, kar ga definira kot najbolj prepoznavnega po indikatorskih vrstah med transekti. Sp. Kras v letu 2003 se po podobnosti nato pojavlja v kombinaciji z drugima dvema transektoma istega popisnega leta, kar si lahko razlagamo s povečano disperzijo metuljev in iskanjem nadomestnih habitatov zaradi uničenja dela habitata v neposredni okolici transeкта.

Na transektu Socerb so bile za indikatorske vrste izbrane jagodnjakov slezovček *Pyrgus armoricanus*, ki je vrsta suhih travnišč, bledi senoženik *Colias alfacarensis*, ki skoraj izključno poseljuje apnenčasta suha travnišča in splošno razširjeni zeleni robidar *Callophrys rubi*. Indikatorske vrste Sp. Krasa so bile kratkočrti debeloglavček *Thymelicus lineola*, ki je značilen za pozno košene travnike, primorski gozdnik *Hipparchia statilinus* za suha travnišča in odprte sestoje borovega gozda, gozdni vratar *Pyronia tithonius*, ki je značilen za mejice in grmičevnata območja. Za oba transeкта Socerb in Spodnji Kras skupaj, pa so statistično značilne indikatorske vrste širokorobi mnogook *Plebejus argus*, ki poseljuje širok spekter habitatov, rdeči pisanček *Melitaea didyma*, ki je vrsta suhih habitatov,

pogosta na opuščenih kmetijskih zemljičih in mejicah in pikasti pisanček *Melitaea cinxia*, ki poseljuje travnike, odprta pobočja in mejice. Na teh dveh transektih so torej zastopane vrste, značilne za suha travišča in mejice, dve pa sta splošno razširjeni.

Analiza indikatorskih vrst po transektih in letih za transekt Socerb in Spodnji Kras poleg zgoraj omenjenih, za Socerb v letu 2003 izpostavi še vrsti veliki gozdnik *Hipparchia fagi*, značilen za grmičaste, travniške gozdne jase, robove borovih gozdov in nokotin sivček *Erynnis tages*, ki je razširjena travniška vrsta. Za Spodnji Kras leta 2002 je indikatorski še robidov livadar *Brenthis daphne*, ki poseljuje odprta travišča in gozdne jase. Glede na habitatne preference izbranih indikatorskih vrst lahko rečemo, da se na transektih Sp. Krasa in Socerba pojavljajo metulji značilni za suhe, termofilne travniške habitate in torej sukcesija na transektu Socerb še ni toliko napredovala, da bi se to odražalo kot upad številčnosti travniških vrst in biodiverzitete.

Za transekt Soligrad analiza ni pokazala značilnih indikatorskih vrst ne po popisnih letih in tudi ne po posameznih transektih in glede na svojo vrstno sestavo tako ni bil izpostavljen kot samostojna enota. Sklepamo, da tam zastopane vrste v večini predstavljajo osebkke, katerih matična populacija se nahaja v okolici transektu, kjer so še prisotni kraški travniki oz. negozdna vegetacija. S transektom Socerb je tvoril skupino s tremi indikatorskimi vrstami: splošno razširjeno glogovo belinko *Aporia crataegi*, skalnim okarjem *Satyrus ferula*, ki je značilen za suhe travnike z izpostavljeno kamninsko podlago in temnim bisernikom *Argynnis niobe*, ki poseljuje gozdne jase, mejice. Izbrane indikatorske vrste imajo različne habitatne preference in že odražajo prehodni značaj sukcesijske stopnje tega transektu. Travnisko vegetacijo so na Soligradu skoraj popolnoma nadomestili gosti sestoji ruja s posamičnimi drevesi in predstavljajo vmesno, ne pa končno, terminalno sukcesijsko fazo s klimaksno vegetacijo, zaradi česar sta v tej sukcesijski fazi vrstna sestava in diverziteta bistveno osiromašeni.

5.1.3 Razlike v vrstni sestavi in diverziteta beta

Zaradi razlik v gospodarjenju, različnih sukcesijskih faz, s tem povezano strukturiranostjo habitata, različno zastopanimi ekološkimi nišami in mikrohabitati je analiza rezultatov popisov po pričakovanjih pokazala tri različne skupine oz. združbe metuljev, z različno vrstno sestavo (Slika 14) in disperzijo – diverziteto beta (Slika 15). Prav tako je na abundanco metuljev najbolj vplivala lokacija transektu in ne leto, oz. mesec/teden popisa (Preglednica 8).

Tukeyev test podobnosti, ne pokaže razlike v disperziji med transektoma Soligrad in Socerb (Slika 16) - par, ki ga je izpostavila tudi analiza indikatorskih vrst, zaradi česar lahko sklepamo, da kljub večji vrstni pestrosti na transektu Socerb že prihaja do sprememb v združbah metuljev, ki postanejo izrazitejše z napredovanjem sukcesije. Podoben rezultat je dala tudi analiza z ločenimi popisnimi leti.

Med popisnima letoma sicer ni razlik v vrstni sestavi in disperziji (Slika 17), z analizo transektov ločenih po letih pa vidimo, da je izrazito največja disperzija in pestra vrstna sestava na transektu Spodnji Kras (Slika 18) poleg habitatne strukture, tudi posledica motnje v letu 2003.

Disperzija, torej diverziteta beta po letih in transektih je pokazala izrazito podobnost parov popisov obeh let na istem transektu in so skupine primerljive s tistimi, ki jih je dala analiza indikatorskih vrst. Rezultati tako kažejo, da smo imeli opravka s tremi ločenimi združbami, katerih vrstna sestava in diverziteta je bila odvisna od sukcesijske stopnje. Opazne so bile tudi razlike v disperziji med transektom Spodnji Kras in Socerb ter Spodnji Kras in Soligrad (Slika 19), torej med travniški habitatni ter zgodnejšo in že napredujočo sukcesijo.

5.1.4 Naravovarstveni vidiki

V času po popisih sta zaradi sukcesije že izginili dve vrsti. Popisana sta bila dva velika okarja, ki sta v tem obdobju v Sloveniji že izumrla: puščavar *Chazara briseis*, ki je bil zadnjič opažen leta 2008 (Verovnik in sod., 2012) in primorski gozdnik *Hipparchia statilinus*, ki ni bil opažen zadnja 4 leta (Verovnik, ustni vir).

Suha apnenčasta travišča in ekstenzivni travniki ter pašniki predstavljajo najbolj vrstno bogate biotope v Evropi, kjer so bogato zastopane mnoge vrste iz rdečega seznama evropskih metuljev (Balmer in Erhardt, 2000). Njihovi habitatni so zelo odvisni od antropogenih posegov, načina gospodarjenja (van Swaay in sod., 2006) in zato bi bilo smiselno sprejeti ukrepe, ki bi ohranjali tradicionalne načine kmetovanja in s tem na ekstenzivnih travnikih omogočiti primerne habitate za nadaljnji oz. ponovni obstoj viabilnih populacij metuljev in drugih taksonomskih skupin.

Od ukrepov za ohranjanje primernih habitatov za populacije metuljev na Krasu bi izpostavili izvajanje košnje le enkrat letno, in sicer pozno poleti, saj bi se na ta način omogočil uspešen zaključek razvojnega cikla gosenic, ki so v nekaterih primerih odvisne tudi od gostiteljskih rastlin. Ustrezne razmere se da vzpostaviti tudi s primernim režimom paše, ki mora vegetacijo strukturirati in ustvariti pogoje, v katerih se lahko zaključijo vse faze življenjskega cikla (Pöyry in sod, 2005).

Lastniki zemljišč in kmetje so tisti, ki sprejmejo odločitev o načinu gospodarjenja z zemljišči. Zato je nujno, da je lokalno prebivalstvo aktivno vključeno v proces osveščanja o naravovarstvenem pomenu primerne gospodarjenja, ki ohranja vrstno pestrost na travnikih in pašnikih, ter hkrati o pomenu metuljev kot opraševalcev in bioindikatorjev. Le na ta način je nato mogoče pripraviti kmetijske sheme, ki bi lastnike zemljišč uspešno spodbudili, da bi predlagani naravovarstveni ukrepi zaživel tudi v praksi. Trenutna evropska kmetijska politika je namreč naravnana k subvencijam, ki kmete spodbujajo k intenzifikaciji kmetijstva oz. posredno privedejo do opuščanja rabe kmetijskih zemljišč.

5.2 SKLEPI

Vrstna pestrost, sestava in abundanca dnevnih metuljev je bila odvisna od sukcesijske stopnje. Opazne so bile razlike med transekti s travniškimi habitatami ter z zgodnejšo in že napredujočo sukcesijo. Vrstna pestrost dnevnih metuljev je v začetnih fazah sukcesije višja in se zmanjšuje z napredovanjem sukcesije.

Največ osebkov, največje število vrst in največ vrst iz Evropskega rdečega seznama metuljev in Rdečega seznama metuljev Slovenije je bilo popisanih na transektu z najnižjo stopnjo sukcesije, na Sp. Krasu. Najmanj popisanih osebkov, vrst, predstavnikov vrst iz rdečih seznamov in najnižje diverzitetne indekse smo zabeležili na transektu z največjo stopnjo sukcesije na Soligradu.

Sukcesija v zgodnjih fazah lahko na diverziteti vpliva pozitivno, ker nastane več različnih, bolj strukturiranih habitatov in niš, ki nudijo življenjski prostor različnim vrstam metuljev, nudijo zavetje v sicer odprti pokrajini in jim omogočajo večjo aktivnost. Do upada vrstne pestrosti in sprememb v združbah metuljev pride takoj, ko se pojavi zaraščanje z grmičevjem in s tem povezano pomanjkanje cvetočih rastlinskih vrst. Spremembe z napredovanjem sukcesije postanejo izrazitejše.

Na transektu z vmesno sukcesijsko fazo na Socerbu, se pojavljajo vrste metuljev, značilne za suhe, termofilne travnike in mejice. Napredovanje sukcesije se še ne odraža kot upad številčnosti travniških vrst in biodiverzitete, analiza indikatorskih vrst pa že pokaže prehoden značaj sukcesijske stopnje tega transeкта.

Transekt z največjo stopnjo sukcesije na Soligradu, predstavlja vmesno, ne končno, terminalno sukcesijsko fazo s klimakso vegetacijo, zaradi česar sta v tej fazi vrstna sestava in diverzitetna bistveno osiromašeni.

Za ohranitev travniških habitatov območja in s tem nadaljnji oz. ponovni obstoj viabilnih populacij metuljev in drugih organizmov, bi bilo smiselno sprejeti ukrepe, ki bi spodbujali primerne načine gospodarjenja in ohranjali vrstno pestrost metuljev na travnikih in pašnikih.

6 POVZETEK

Človek je s svojim bivanjem in delovanjem bistveno preoblikoval življenjske prostore in ustvaril kulturno krajino, v kateri naravna sukcesija ne dosega svoje terminalne faze. Tako nastali travniški habitati so pripomogli k širjenju travniških vrst metuljev. Območje Kraškega roba in južni del Krasa je zaradi zastopanosti redkih vrst in močnih populacij ogroženih vrst metuljev, opredeljeno kot pomembno območje za ohranitev pestrosti dnevnih metuljev v Sloveniji. Po II. svetovni vojni se je na ugodnejših zemljiščih kmetijska raba intenzivirala, na manj primernih zemljiščih pa je prihajalo do opuščanja vsakršne kmetijske rabe in do zaraščanja travniških habitatov.

Območje popisovanja je obsegalo južni del slovenskega Krasa na treh lokacijah: Spodnji Kras, Socerb in Soligrad, ki so predstavljale 3 različne stopnje sukcesije. Zanimal nas je vpliv zaraščanja na vrstno pestrost dnevnih metuljev, kje je le-ta največja, kje je največja njihova številčnost, kako se s sukcesijo spreminja vrstna sestava ter ali obstaja povezava med vrstno pestrostjo dnevnih metuljev in sukcesijskimi fazami. Na odprtih, travniških habitatih smo pričakovali večjo vrstno pestrost in številčnejšo prisotnost travniških in termofilnih vrst. Pričakovali smo, da bodo vrste, ki favorizirajo kasnejše sukcesijske faze, pokazale pozitivne trende pri večji zaraščenosti. V vmesni sukcesijski fazi smo pričakovali poleg travniških vrst tudi mobilnejše vrste in generaliste.

Vzorčenje s transektno metodo je potekalo leta 2002 od maja in septembra in leta 2003 od aprila in septembra. Skupaj smo v obeh letih popisali 6.410 osebkov in 66 vrst (52 l. 2002 in 61 l. 2003). Skupno smo največ osebkov in največ vrst (53) popisali na transektu Sp. Kras, ki je predstavljal najzgodnejšo sukcesijsko fazo. Najmanj pa na transektu Soligrad, kjer je sukcesija najbolj napredovala (33 vrst). Med popisanimi so bile opažene vrste iz Evropskega rdečega seznama metuljev (7 skoraj ogroženih) ter Rdečega seznama metuljev Slovenije (10 ranljivih in 3 ogrožene vrste).

Ugotovili smo, da je vrstna pestrost, sestava in abundanca dnevnih metuljev odvisna od sukcesijske stopnje transeкта. Opazne so bile razlike med transekti s travniškimi habitatami ter z zgodnejšo in že napredujočo sukcesijo. V začetni fazi sukcesije je na voljo več ekoloških niš in bolj strukturiranih habitatov, ki nudijo zavetje v sicer odprti pokrajini in metuljem omogočajo večjo aktivnost, zaradi česar do drastičnega upada številčnosti, vrstne pestrosti ter sprememb v združbah metuljev pride šele, ko se pojavi zaraščanje z grmičevjem in s tem povezano pomanjkanje cvetočih rastlinskih vrst.

Za ohranitev travniških habitatov območja in s tem nadaljnji oz. ponovni obstoj viabilnih populacij metuljev in drugih taksonomskih skupin, bi bilo smiselno sprejeti ukrepe, ki bi spodbujali primerne načine gospodarjenja in ohranjali vrstno pestrost metuljev na travnikih in pašnikih.

7 VIRI

- Anderson M. E. 2006a. Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics*, 62, 1: 245–253
- Anderson M. E. 2006b. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters*, 9, 6: 683–693
- Atauri J. A., de Lucio J. V. 2001. The role of landscape structure in species richness distribution of birds, amphibians, reptiles and lepidopterans in Mediterranean landscapes. *Landscape Ecology*, 16, 2: 147–159
- Atlas okolja. 2016. Agencija RS za okolje.
<http://gis.arso.gov.si/atlasokolja> (14. mar. 2016)
- Baker R. R. 1969. The evolution of the migratory habit in butterflies. *Journal of Animal Ecology*, 38, 3: 703–746
- Balmer O., Erhardt A. 2000. Consequences of Succession on Extensively Grazed Grasslands for Central European Butterfly Communities: Rethinking Conservation Practices. *Conservation Biology*, 14, 3: 746–757
- Butterfly transects. 2007. West Midlands Branch of Butterfly Conservation: saving butterflies, moths and their habitats.
<http://www.westmidlands-butterflies.org.uk/transects.html> (30. jul. 2007)
- Calculate and draw custom Venn diagrams. 2016. University of Gent.
<http://bioinformatics.psb.ugent.be/webtools/Venn/> (6. sep. 2016)
- Chen H., Boutros P. C. 2011. VennDiagram: a package for the generation of highly-customizable Venn and Euler diagrams in R. *BMC Bioinformatics*, 12, 1: 35
<https://cran.r-project.org/web/packages/VennDiagram/index.html> (6. sep. 2016)
- Čelik T. 2007. Dnevni metulji (Lep.: Papilionoidea in Hesperioidea) kot bioindikatorji za ekološko in naravovarstveno vrednotenje planinskega polja. *Varstvo narave*, 20, 20: 83–105
- De Caceres M., Legendre P. 2009. Associations between species and groups of sites: indices and statistical inference. *Ecology*, 90, 12: 3566–3574
- Dufrene M., Legendre P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67, 3: 345–366

- Erhardt A. 1985. Diurnal Lepidoptera: Sensitive Indicators of Cultivated and Abandoned Grassland. *The Journal of Applied Ecology*, 22, 3: 849–861
- Hlad B., Skoberne P. 2001. Pregled stanja biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti v Sloveniji, gradivo. Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije. Agencija RS za okolje: 100 str.
- Krebs J. R., Wilson J. D., Bradbury R. B., Siriwardena G. M. 1999. The second silent spring?. *Nature*, 400, 6745: 611–612
- Kruess A., Tscharntke T. 2002. Grazing Intensity and the Diversity of Grasshoppers, Butterflies, and Trap-Nestin Bees and Wasps. *Conservation Biology*, 16, 6: 1570–1580
- Navodila za transektno metodo. 2009. Društvo za proučevanje in ohranjanje metuljev Slovenije.
<http://metulji.biologija.org/?q=sl/node/71> (20. nov. 2009)
- Oksanen J., Blanchet G. F., Kindt R., Legendre P., Minchin P. R., O'Hara R. B., Simpson G. L., Solymos P., Stevens M. H. H., Wagner H. 2016. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.3-5.
<http://CRAN.R-project.org/package=vegan> (14. mar. 2016)
- Pollard E., Yates T. J. 1993. *Monitoring Butterflies for Ecology and Conservation*. London, Chapman & Hall.: 274 str.
- Podatkovni portal SI-STAT. 2007. Statistični urad RS.
http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Arhiv/01_ozemlje_podnebje/10_01561_podnebni_kazalniki/10_01561_podnebni_kazalniki.asp (2. dec. 2007)
- Pöyry J., Lindgren S., Jere S., Kuussaari M. 2005. Responses of butterfly and moth species to restored cattle grazing in semi-natural grasslands. *Biological Conservation*, 122, 3: 465–478
- Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Ur. l. RS št. 82–4055/2002
- Pullin A. S. 1995. *The Ecology and Conservation of Butterflies*. 1st edition. London, Chapman & Hall: 363 str.
- Pywell R. F. 2004. Assessing habitat quality for butterflies on intensively managed arable farmland. *Biological Conservation*, 118, 3: 313–325

- R Development Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing Vienna, Austria.
<http://www.R-project.org> (1. mar. 2016)
- Sakamoto Y., Ishiguro M., Kitagawa G. 1986. Akaike Information Criterion Statistics. Dordrecht, Reidel Publishing Company: 290 str.
- Shreeve T. G., Dennis R. L. H., Roy D. B., Moss D. 2001. An Ecological Classification of British butterflies: Ecological attributes and biotope occupancy. *Journal of Insect Conservation*, 5, 3: 145–161
- Smallidge P. J., Leopold D. J. 1997. Vegetation management for the maintenance and conservation of butterfly habitats in temperate human - dominated landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 38, 1–2: 259–280
- Stefanescu C., Peñuelas J., Filella I. 2009. Rapid changes in butterfly communities following the abandonment of grasslands: a case study. *Insect Conservation and Diversity*, 2, 4: 261–269
- Tolman T., Lewington R. 1997. Collins Field Guide to the Butterflies of Britain and Europe. London, HarperCollins Publishers Ltd.: 320 str.
- UKBMS. 2007. Biological Records Centre at CEH Monks Wood, UK. UK Butterfly Monitoring Scheme (UKMBS).
<http://www.ukbms.org/> (30. sep. 2007)
- van Swaay C. A. M., Warren M. 1999. Red Data Book of European Butterflies (Rhopalocera). *Nature and Environment*, 99. Strasbourg, Council of Europe Publishing: 264 str.
- van Swaay C. A. M. 2002. The importance of calcareous grasslands for butterflies in Europe. *Biological Conservation*, 104, 3: 315–318
- van Swaay C. A. M., Warren M., Løis G. 2006. Biotope use and trends of European butterflies. *Journal of Insect Conservation*, 10, 2: 189–209
- van Swaay C. A. M., Cuttelod A., Collins S., Maes D., López Munguira M., Šašić M., Settele J., Verovnik R., Verstrael T., Warren M., Wiemers M. and Wynhof I. 2010. European Red List of Butterflies. Luxembourg, Publications Office of the European Union: 58 str.

- van Swaay C. A. M., Collins S., Dušej G., Maes D., Munguira M.L., Rakosy L., Ryrholm N., Šašić M., Settele J., Thomas J., Verovnik R., Verstrael T., Warren M., Wiemers M., Wynhoff I. 2012. Dos and Don'ts for butterflies of the Habitats Directive of the European Union. *Nature Conservation*, 1, 1: 73–153
- Verovnik R., Rebeušek F., Jež M. 2012. Atlas dnevnih metuljev (Lepidoptera: Rhopalocera) Slovenije. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 456 str.
- Waite S. 2000. *Statistical Ecology in practice: A Guide to analysing Enviromental and Ecological Field Data*. Essex, Pearson Education Limited: 414 str.
- Weibull A. C., Bengtsson J., Nohlgren E. 2000. Diversity of butterflies in the agricultural landscape: the role of farming system and landscape heterogeneity. *Ecography*, 23, 6: 743–750
- Weibull A. C., Östman Ö., Granqvist Å. 2003. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation*, 12, 7: 1335–1355

ZAHVALA

Mentorju izr. prof. dr. Rudiju Verovniku se iskreno zahvaljujem za prenos znanja in navdušenja nad metulji, za dolgoletno spodbudo in popravke pri pisanju diplomskega dela.

Recenzentu prof. dr. Roku Kostanjšku se zahvaljujem za kritičen pregled diplome, dopolnitve in za hitro odzivnost.

Predsedniku komisije prof. dr. Janku Božiču se zahvaljujem za takojšen pregled in tehtne dopolnitve.

Za prijaznost, pomoč in zanesljivi vir optimizma se zahvaljujem referentki Zdenki Repanšek Tavčar ter knjižničarki Lučki Glavač.

Za reševanje težav z R-jem se zahvaljujem dr. Maartenu de Grootu.

Za dolgoletno podporo se zahvaljujem tudi sodelavcem na Andragoškem centru Slovenije.

Za neusahljivo podporo, spodbude različnih oblik in predvsem veliko mero potrpljenja se zahvaljujem staršem in Gašperju.

Domen in Laura, hvala za vse prespane noči.

PRILOGE

Priloga A

Preglednica 1: Število osebkov posamezne vrste na transektih po popisnih letih.

Vrsta	Socerb 2002	Socerb 2003	Soligrad 2002	Soligrad 2003	Sp. Kras 2002	Sp. Kras 2003
<i>Aporia crataegi</i>	58	22	30	16	13	11
<i>Arethusana arethusa</i>	170	183	84	69	186	124
<i>Argynnis niobe</i>	1	13	1	7		
<i>Argynnis paphia</i>	1	4	1	2		
<i>Aricia agestis</i>	13	1	7		52	22
<i>Boloria dia</i>				1		
<i>Brenthis daphne</i>					18	
<i>Brenthis hecate</i>				1	19	4
<i>Brintesia circe</i>	65	43	75	51	156	82
<i>Callophrys rubi</i>	2	9			1	1
<i>Chazara briseis</i>	6	7			9	13
<i>Coenonympha arcania</i>	72	38	74	50	32	35
<i>Coenonympha pamphilus</i>	85	129	32	34	120	145
<i>Colias alfacariensis</i>	24	7			6	
<i>Colias crocea</i>	2	19	4	7	11	18
<i>Cupido minimus</i>						1
<i>Erynnis tages</i>		18		3		3
<i>Glaucopsyche alexis</i>	1					
<i>Gonepteryx rhamni</i>	3	11	4		2	5
<i>Hamearis lucina</i>		3				8
<i>Hesperia comma</i>	3					
<i>Heteropterus morpheus</i>		1			1	1
<i>Hipparchia fagi</i>		49		3		18
<i>Hipparchia semele</i>	77	26	18	14	54	27
<i>Hipparchia statilinus</i>					15	13
<i>Iphiclides podalirius</i>	12	26	5	18	11	30
<i>Issoria lathonia</i>	5	1				
<i>Lasiommata maera</i>						2
<i>Lasiommata megera</i>		4				
<i>Leptidea sinapis/ juvernica</i>	13	27	7	10	16	32
<i>Limenitis reducta</i>					4	2
<i>Lycaena dispar</i>						1
<i>Lycaena phlaeas</i>	2	2			5	3
<i>Maniola jurtina</i>	126	82	133	99	178	45
<i>Melanargia galathea</i>	212	120	234	70	278	70
<i>Melitaea athalia</i>			2	2	4	10
<i>Melitaea britomartis</i>						5

(se nadaljuje)

Vrsta	Socerb 2002	Socerb 2003	Soligrad 2002	Soligrad 2003	Sp. Kras 2002	Sp. Kras 2003
(nadaljevanje)						
<i>Melitaea cinxia</i>	24	9			2	16
<i>Melitaea didyma</i>	35	29	1	2	34	62
<i>Melitaea phoebe</i>	1	12		1	5	4
<i>Minois dryas</i>					2	8
<i>Papilio machaon</i>	4	9		1	2	2
<i>Pararge aegeria</i>						2
<i>Pieris brassicae</i>					1	
<i>Pieris mannii</i>	5	4	5	2	13	4
<i>Pieris napi</i>		1				
<i>Pieris rapae</i>	1	2				2
<i>Plebejus argus</i>	49	85	1	3	39	93
<i>Polygonia c-album</i>		1				
<i>Polyommatus bellargus</i>	51	86	25	26	25	16
<i>Polyommatus coridon</i>	12	34	1	5	6	27
<i>Polyommatus dorylas</i>	4	10			6	2
<i>Polyommatus escheri</i>		2				
<i>Polyommatus icarus</i>	37	25	21	16	63	53
<i>Polyommatus thersites</i>			2	1	2	6
<i>Pseudophilotes vicrama</i>		1				
<i>Pyrgus armoricanus</i>	6	19			1	1
<i>Pyrgus malvae</i>	3	1	1	2		1
<i>Pyronia tithonus</i>					51	15
<i>Satyrrium ilicis</i>		2			1	
<i>Satyrrium spini</i>	2					
<i>Satyrus ferula</i>	29	49	23	10	2	14
<i>Scolitantides orion</i>	2	3				
<i>Spialia sertorius</i>		2	1	1		1
<i>Thymelicus lineola</i>					41	24
<i>Vanessa cardui</i>	11	11	14	16	6	13

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Tanja BENKO

**VPLIV ZARAŠČANJA JUŽNEGA DELA KRASA NA
VRSTNO PESTROST DNEVNIH METULJEV
(Lepidoptera: Rhopalocera)**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2016

