

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Nika KOGOVŠEK

**HABITATNE PREFERENCE DVEH OZKO SORODNIH VRST
FRFOTAVČKOV, *Leptidea sinapis* IN *Leptidea reali* (LEPIDOPTERA:
Pieridae), NA GORIČKEM**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Nika KOGOVŠEK

**HABITATNE PREFERENCE DVEH OZKO SORODNIH VRST
FRFOTAVČKOV, *Leptidea sinapis* IN *Leptidea reali* (LEPIDOPTERA:
Pieridae), NA GORIČKEM**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**HABITAT PREFERENCES OF TWO CLOSELY RELATED
BUTTERFLY SPECIES *Leptidea sinapis* AND *Leptidea reali*
(LEPIDOPTERA: Pieridae) IN GORIČKO**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Katedri za zoologijo Oddelka za biologijo, Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Terensko delo je bilo opravljeno na območju Krajinskega parka Goričko.

Komisija za dodiplomski študij Oddelka za biologijo je za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Rudija Verovnika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Jasna Štrus
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Rudi Verovnik, mentor
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Simona Prevorčnik, recenzentka
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 20. april 2012

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Nika Kogovšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Dn
 DK UDK 595.78 (497.4 Goričko) (043.2) = 163.6
 KG *Leptidea sinapis*/*Leptidea reali*/navadni frfotavček/ralov frfotavček/habitatne preference/Goričko
 AV KOGOVŠEK, Nika
 SA VEROVNIK, Rudi (mentor)
 KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
 ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
 LI 2012
 IN HABITATNE PREFERENCE DVEH OZKO SORODNIH VRST FRFOTAVČKOV, *Leptidea sinapis* IN *Leptidea reali* (LEPIDOPTERA: Pieridae), NA GORIČKEM
 TD Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
 OP X, 41 str., 8 pregl., 17 sl., 3 pril., 44 vir.
 IJ sl
 JI sl/en
 AI Navadni (*Leptidea sinapis*) in realov frfotavček (*L. reali*) sta ozko sorodni in v Evropi splošno razširjeni vrsti dnevnih metuljev, ki ju kot ločeni vrsti obravnavamo šele od leta 1989. Po morfoloških znakih ju praktično ne moremo razlikovati, zato so za zanesljivo prepoznavo vrst potrebne meritve delov genitalnega aparata. Ker vrst na terenu ne moremo zanesljivo ločiti, ju pogosto obravnavamo kot kompleks vrst *L. sinapis/reali*. Vrsti imata nekoliko različne habitatne preference, ki pa se v različnih delih Evrope medsebojno razlikujejo. Na območju Goriškega, kjer je pokrajina precej razgibana in habitatsko pestra, smo pričakovali obe vrsti. Zanimalo nas je, če se navadni in realov frfotavček tu pojavljata sintopo ter kakšne so njune habitatne preference. Terensko delo smo na območju Krajinskega parka Goričko opravili v avgustu 2010. Pregledali smo 75 lokacij, na katerih smo beležili prisotnost kompleksa obravnavanih vrst. Kompleks vrst je bil prisoten na 85,3 % pregledanih lokacij. Na 25 lokacijah (vzorčnih lokacijah) smo nato opravili vzorčenje frfotavčkov. Ulovili smo 127 osebkov kompleksa obravnavanih vrst, ki smo jih nato določili na osnovi genitalnega aparata, *aedeagus*-a in *saccus*-a pri samcih in *ductus bursae* pri samicah. Določili smo 80 navadnih in 44 realovih frfotavčkov. Vrsti sta bili skupaj prisotni kar na 56 % vzorčnih lokacij. Ugotovili smo, da je na Goričkem večji specialist realov frfotavček, ki je vezan predvsem na vlažne odprte travnike. Navadni frfotavček je v enaki meri prisoten na vlažnih in suhih travnikih, pogostejši kot na območjih, ki so redno in pogosto košena, pa je na območjih z večjim deležem zaraščajočih se površin. Vrsti imata tudi na Goričkem različne habitatne preference. Kljub temu, da se pojavljata sintopo, je na vzorčnih lokacijah opazna negativna korelacija med številčnostjo ene in druge vrste. Vrsti se torej do določene mere izključujeta. Obe vrsti sta redkejši na suhih travnikih, ki so pogosto košeni.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dn
 DC UDK 595.78 (497.4 Goričko) (043.2) = 163.6
 CX *Leptidea sinapis/Leptidea reali*/habitat preferences/Goričko
 AU KOGOVŠEK, Nika
 AA VEROVNIK, Rudi (supervisor)
 PP SI-1001 Ljubljana, Večna pot 111
 PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology
 PY 2012
 TI HABITAT PREFERENCES OF TWO CLOSELY RELATED SPECIES, *L. sinapis* AND *Leptidea reali* (LEPIDOPTERA: Pieridae) IN GORIČKO
 DT Graduation Thesis (University studies)
 NO X, 41 p., 8 tab., 17 fig., 3 ann., 44 ref.
 LA sl
 AL sl/en
 AB *Leptidea sinapis* and *L. reali* are two closely related butterfly species that are widely distributed in Europe. They have been known as separate species only since 1989 as they cannot be distinguished on the basis of wing patterns. It is necessary to perform measurements of the genitalia for reliable determination. These two species are mostly considered as complex of species *L. sinapis/reali* because of inability to separate them on field. However, the two species have different habitat preferences which vary in different parts of Europe. The landscape in Goričko is very diverse with wet meadows in the valleys of rivers and dry grasslands on the slopes and tops of hills, therefore we expected presence of both species in this area. The goal of this study was to learn if *L. sinapis* and *L. reali* occur syntopically in Goričko and what kind of habitat preferences they have in this area. In august 2010, 75 locations in Goričko Landscape Park were visited and the presence of *L. sinapis/reali* complex was assessed. Adults were recorded at 85,3 % of all visited locations. A total of 127 specimens of *L. sinapis/reali* complex were collected at 25 locations and determined by measurements of the genitalia. The length of the *aedeagus* and *saccus* were used for determination of males and length of *ductus bursae* for the determination of females. We determined 80 specimens as *L. sinapis* and 44 specimens as *L. reali*. Both species were present throughout the majority of Goričko and they co-occurred at 56 % of all sampled locations. However, *L. reali* was more specialised on wet and open meadows while *L. sinapis* was equally present on wet and dry meadows. *L. sinapis* was more common in the areas that were already overgrown with bushes than on meadows that are regularly mowed. *L. sinapis* and *L. reali* have different habitat preference in Goričko and even though they occur syntopically, there is a negative correlation between the abundance of both species in such sites. They are both rare on the dry grasslands that are regularly mowed.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	X
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 SISTEMATIKA NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA	3
2.2 RAZŠIRJENOST IN EKOLOGIJA NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA.....	5
2.3 VEDENJSKE ZNAČILNOSTI NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA.....	7
2.4 RAZVOJNI KROG NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA.....	8
2.5 HRANILNE RASTLINE GOSENIC NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA.....	10
2.6 OPIS OBMOČJA RAZISKAVE	11
3 MATERIAL IN METODE	13
3.1 TERENSKO DELO	13
3.2 IZDELAVA TRAJNIH PREPARATOV GENITALNEGA APARATA IN MERJENJE STRUKTUR GENITALNEGA APARATA	13
3.3 OBDELAVA PODATKOV	16
4 REZULTATI.....	19
4.1 DOLOČITEV UJETIH FRFOTAVČKOV	19
4.2 RAZŠIRJENOST IN POGOSTOST NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA NA GORIČKEM.....	21
4.3 HABITATNE PREFERENCE NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA NA GORIČKEM.....	24
5 RAZPRAVA IN SKLEPI.....	28

5.1 DOLOČITEV UJETIH FRFOTAVČKOV IN DOLŽINE STRUKTUR GENITALNEGA APARATA NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA.....	28
5.1.1 Dolžine struktur genitalnega aparata samcev	29
5.1.2 Dolžine struktur genitalnega aparata samic	31
5.2 RAZŠIRJENOST, POGOSTOST IN HABITATNE PREFERENCE NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA NA GORIČKEM	32
5.3 SKLEPI.....	35
6 POVZETEK.....	36
7 VIRI	38
ZAHVALA	
PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Seznam lokacij na Goričkem, na katerih smo opravili vzorčenje navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>).....	15
Preglednica 2: Lokacije na Goričkem, na katerih v avgustu 2010 frfotavčki (<i>Leptidea sinapis/reali</i>) niso bili prisotni.....	15
Preglednica 3: Opisna statistika značilnih dolžin <i>ductus bursae</i> samic tretje generacije navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>) z vzorčnih lokacij na Goričkem.	20
Preglednica 4: Opisna statistika značilnih dolžin <i>aedeagus</i> -a in <i>saccus</i> -a pri samcih tretje generacije navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>) z vzorčnih lokacij na Goričkem.....	21
Preglednica 5: Rezultati redundantne analize (RDA) 10 okoljskih lastnosti in števila navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>) na 36 lokacijah na Goričkem; lastni vrednosti prvih dveh kanoničnih osi, odstotki pojasnjene variance in korelacijski koeficienti med vrstama in okoljskimi lastnostmi.	24
Preglednica 6: Korelacijski koeficienti med prvima dvema vrstnima osema redundantne analize (VRS os 1, VRS os 2) ter 10 okoljskimi lastnostmi 36 lokacij na Goričkem.	25
Preglednica 7: Opisna statistika značilnih dolžin <i>aedeagus</i> -a in <i>saccus</i> -a samcev navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>). Poleg vrste je v oklepaju navedeno število izmerjenih osebkov. Min. – minimum, povp. – povprečje, maks. – maksimum. Viri: Lorković 1993, Fumi 2008, Cupedo in Hoen 2006.	30
Preglednica 8: Opisna statistika značilnih dolžin <i>ductus bursae</i> samic navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>). Poleg vrste je v oklepaju navedeno število izmerjenih osebkov. Min. – minimum, povp. – povprečje, maks. – maksimum. Viri: Lorković 1993, Fumi 2008, Cupedo in Hoen 2006.	31

KAZALO SLIK

Slika 1: Razširjenost navadnega frfotavčka (<i>Leptidea sinapis</i>) v Sloveniji na osnovi podatkov, znanih do leta 2010.	6
Slika 2: Razširjenost realovega frfotavčka (<i>Leptidea reali</i>) v Sloveniji na osnovi podatkov, znanih do leta 2010.	6
Slika 3: Fotografija odraslih navadnih (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovih (<i>L. reali</i>) frfotavčkov. Prva vrsta: 1. generacija navadnega frfotavčka; druga vrsta: 2. generacija navadnega frfotavčka; tretja vrsta: 1. generacija realovega frfotavčka; četrta vrsta: 2. generacija realovega frfotavčka. V prvih dveh stolpcih so samci, v tretjem samice.	9
Slika 4: Karta vseh lokacij (75) na Goričkem, pregledanih v avgustu 2010.	14
Slika 5: Karta lokacij na Goričkem, na katerih smo opravili vzorčenje frfotavčkov (<i>Leptidea sinapis/reali</i>) (vzorčne lokacije; 25) in lokacij, na katerih frfotavčki niso bili prisotni (11). Podrobnejši opis lokacij je v preglednicah 1 in 2.	14
Slika 6: Shema genitalnega aparata samcev (levo) in samic (desno) frfotavčkov (<i>Leptidea sinapis/reali</i>). Za določitev vrste smo uporabili dolžine <i>aedeagus</i> -a (PL) in <i>saccus</i> -a (SL) pri samcih in dolžino <i>ductus bursae</i> (DBL) pri samicah.	16
Slika 7: Razporeditev lokacij na Goričkem, na katerih smo v avgustu 2010 opazili frfotavčke (<i>Leptidea sinapis/reali</i>) (64) in lokacij, na katerih frfotavčkov ni bilo (11).	19
Slika 8: Histogram dolžin <i>ductus bursae</i> pri samicah tretje generacije navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>) z vzorčnih lokacij na Goričkem.	20
Slika 9: Razmerje med dolžino <i>aedeagus</i> -a in <i>saccus</i> -a pri samcih tretje generacije navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>) z vzorčnih lokacij na Goričkem.	21
Slika 10: Vzorčne lokacije na Goričkem, na katerih so bili prisotni navadni (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovi frfotavčki (<i>L. reali</i>).	22
Slika 11: Delež lokacij glede na prisotnost navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>) na Goričkem.	22
Slika 12: Število samcev in samic navadnega (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovega frfotavčka (<i>L. reali</i>) na Goričkem po dnevih vzorčenja.	23
Slika 13: Število navadnih (<i>Leptidea sinapis</i>) in realovih frfotavčkov (<i>L. reali</i>) glede na velikost vzorčnih lokacij, obiskanih v avgustu 2010 na Goričkem.	23

Slika 14: Ordinacijski diagram redundantne analize pojavljanja navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega (*L. reali*) frfotavčka (rdeče puščice) glede na 10 okoljskih lastnosti na 36 lokacijah na Goričkem. Črne puščice predstavljajo lastnosti lokacij (za opis kratic glej preglednico 6 in prilogo C). Zeleni krogi predstavljajo razporeditev lokacij (25), na katerih smo frfotavčke našli, modri plusi pa razporeditev lokacij (11), na katerih frfotavčkov nismo opazili, glede na prvo in drugo os redundantne analize..... 25

Slika 15: Razporeditev števila ujetih navadnih frfotavčkov (*Leptidea sinapis*) po vzorčnih lokacijah (25) na Goričkem. Zelene krožnice predstavljajo vzorčne lokacije, razporejene glede na prvi dve osi redundantne analize, številka poleg pa število tam ujetih frfotavčkov. Črne puščice predstavljajo lastnosti lokacij (za opis kratic glej preglednico 6 in prilogo C). Točke predstavljajo lokacije, na katerih ulova navadnega frfotavčka ni bilo, z modro barvo so označene lokacije, na katerih nismo opazili niti navadnega niti realovega frfotavčka (*L. reali*). 26

Slika 16: Razporeditev števila ujetih realovih frfotavčkov (*Leptidea reali*) po vzorčnih lokacijah (25) na Goričkem. Zelene krožnice predstavljajo vzorčne lokacije, razporejene glede na prvi dve osi redundantne analize, številka poleg pa število tam ujetih frfotavčkov. Črne puščice predstavljajo lastnosti lokacij (za opis kratic glej preglednico 6 in prilogo C). Točke predstavljajo lokacije, na katerih ulova realovega frfotavčka ni bilo, z modro barvo so označene lokacije, na katerih nismo opazili niti realovega niti navadnega frfotavčka (*L. sinapis*). 26

Slika 17: Razmerje med številom ujetih navadnih (*Leptidea sinapis*) in realovih frfotavčkov (*L. reali*) na posamezni vzorčni lokaciji na Goričkem. Manjši znak: ena vzorčno lokacija, večji znak: dve vzorčni lokaciji. 27

KAZALO PRILOG

Priloga A: Število ujetih osebkov navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) ter okoljske lastnosti 36 lokacij (25 vzorčnih in 11 lokacij, na katerih v avgustu 2010 frfotavčkov ni bilo) na Goričkem. Opis oznak okoljskih lastnosti lokacij je v prilogi C.

Priloga B: Rezultati meritev delov genitalnega aparata (*aedeagus*, *saccus*, *uncus* in *vinculus* pri samcih ter *ductus bursae* pri samicah) za 127 vzorčenih frfotavčkov (*Leptidea sinapis/reali*) na Goričkem. D – dolžina, š – širina.

Priloga C: Opis oznak 10 okoljskih lastnosti 36 lokacij na Goričkem, ki smo jih uporabili pri redundantni analizi habitatnih preferenc navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*).

1 UVOD

Metulji (Lepidoptera) so ena najbolj raziskanih in poznanih skupin žuželk (Hexapoda). Predvsem v Evropi so bile v preteklosti taksonomske raziskave metuljev, kot mnogih drugih skupin živali, zelo intenzivne. Evropski dnevni metulji (Rhopalocera) so praktično najboljše proučena skupina nevretenčarjev (Invertebrata) na svetu (Dinca in sod. 2011).

Prav zato je bilo odkritje nove evropske vrste iz rodu frfotavčkov (*Leptidea* Billberg 1820) (*Leptidea* sp.) konec dvajsetega stoletja veliko presenečenje. Že leta 1962 je Real, na isti lokaciji v Pirenejih (1300 m n. v.), opazil sočasno pojavljanje domnevno pomladanske in poletne generacije navadnega frfotavčka (*Leptidea sinapis* L.), zelo pogoste in v Evropi splošno razširjene vrste. Kasneje je Lorković odkril razlike v dolžini genitalij med predstavniki domnevno različnih generacij tega metulja in predpostavil, da sta to dejansko dve vrsti. Leta 1989 je Reissinger pomladansko generacijo opisal kot novo vrsto dnevnega metulja iz družine belinov (Pieridae), danes poznano pod imenom realov frfotavček (*Leptidea reali* Reissinger, 1989) (Lorković 1993).

Nova vrsta je bila opisana na podlagi dolžine *ductus bursae*, anatomske genitalne strukture, ki je pri samicah realovega frfotavčka za približno tretjino daljša kot pri samicah navadnega frfotavčka (Lorković 1993). Podobno velja tudi za samce, saj imajo realovi frfotavčki daljši *aedeagus* in *saccus* kot navadni frfotavčki (Lorković 1993, Mazel in Leestmans 1996). Po morfoloških znakih sta vrsti praktično identični. Nekoliko se sicer razlikujeta po intenziteti temne lise na apeksu sprednjih kril, vendar je ta znak precej variabilen in ni zanesljiv znak za ločevanje vrst.

Na sestrskih kriptičnih vrstah frfotavčkov (Martin in sod. 2003) je bilo kasneje opravljenih veliko raziskav, ki so potrdile obstoj dveh ločenih morfotipov genitalnega aparata pri samcih in pri samicah (Mazel in Leestmans 1999a, Freese in Fiedler 2004, Fumi 2008). Prav tako so obstoj dveh ločenih sestrskih vrst potrdili z molekulskimi genetskimi analizami (Martin in sod. 2003). Verovnik in Glogovčan (2007) pa sta potrdila občasno križanje obeh vrst.

Leta 2011 so Dinca in sod. ugotovili, da sestrski par navadnega in realovega frfotavčka dejansko skriva še eno kriptično vrsto, ki se od navadnega in realovega frfotavčka loči na podlagi DNA ali kariotipa.

Novo odkrita vrsta je po morfologiji identična realovemu frfotavčku in se od te vrste ne razlikuje niti na podlagi anatomije genitalnih struktur. Vse osebk, za katere se je po analizah DNA in kariotipa izkazalo, da pripadajo novi vrsti frfotavčka, so na podlagi anatomije (dolžine genitalnih struktur) pred tem določili kot realove frfotavčke. Za vse osebk, po anatomiji določene kot navadne frfotavčke, pa so analize DNA in kariotipa potrdile pravilno določitev. Ugotovili so torej, da znotraj vrste, ki jo je Reissinger opisal

leta 1989, obstajata dve skupini osebkov, ki ju lahko obravnavamo kot dve ločeni vrsti, njun areal pa se ne prekriva. Ena od njiju je namreč razširjena v Španiji, na skrajnem severozahodu Italije in v južni Franciji, druga pa v večjem delu Evrope, od Irske do Francije na zahodu in do Kazahstana na vzhodu. Ker je tipska lokaliteta realovega frfotavčka v Pirenejih, je skupina, razširjena v JZ delu Evrope, ohranila ime realov frfotavček, drugo vrsto pa so poimenovali *Leptidea juvernica* stat. nov. (angleško ime: Cryptic Wood White, vrsta še nima slovenskega imena). V Sloveniji je tako na podlagi teh podatkov, poleg navadnega frfotavčka, prisotna novo odkrita vrsta *L. juvernica* stat. nov. (Dinca in sod. 2011).

Kljub spremembi nomenklature v primeru realovega frfotavčka pri nas bomo v nadaljevanju uporabljali do zdaj uporabljeno ime realov frfotavček, in sicer v pomenu, ki je bil znan pred raziskavo Dince in sod. (2011).

Ker navadnega in realovega frfotavčka na terenu ne moremo razlikovati in je zato potrebna preparacija genitalij, je o ekologiji obeh vrst še veliko nejasnosti. Naš osnovni namen je bil ugotoviti, ali se na območju Krajinskega parka Goričko obe vrsti pojavljata sintopo ter kakšne so njune ekološke zahteve. V ta namen smo na izbranih travnikih na območju Krajinskega parka Goričko opravili vzorčenje odraslih frfotavčkov. Vzorčene osebkove smo določili na podlagi morfometrije genitalij po izdelavi trajnih preparatov genitalnega aparata. Poleg tega smo na večjem številu lokacij preverjali in beležili prisotnost obeh predstavnikov rodu (*L. sinapis/reali*) (v nadaljevanju bomo uporabljali izraz kompleks vrst ali samo frfotavčki), brez determinacije vrst. Zanimalo nas je namreč tudi, ali so frfotavčki prisotni na celotnem območju Goričkega.

Delovne hipoteze:

- obe obravnavani vrsti, navadni in realov frfotavček, sta prisotni na Goričkem;
- kompleks vrst je prisoten na celotnem obravnavanem območju;
- na obravnavanem območju sta vrsti enako pogosti;
- vrsti se na obravnavanem območju pojavljata sintopo;
- navadni frfotavček je vezan predvsem na suhe tipe travnikov, realov frfotavček pa na vlažnejše travnike;
- navadni frfotavček je pogostejši na območjih z višjim deležem gozda, realov frfotavček pa na bolj odprtih območjih, z manjšim deležem gozda v okolici.

2 PREGLED OBJAV

2.1 SISTEMATIKA NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA

Sestrski vrsti, navadni in realov frfotavček (Martin in sod. 2003), spadata v družino belinov (Pieridae), v poddružino Dismorphiinae. Belini so majhni do srednje veliki metulji, razširjeni povsod po svetu, najpogosteje pa so bele, rumene ali oranžne barve. Vrste iz poddružine Dismorphiinae so sicer razširjene predvsem v Južni Ameriki, ena vrsta se pojavlja tudi na jugu Severne Amerike, rod frfotavčkov (*Leptidea*) pa ima palearktično razširjenost. Vsi predstavniki te poddružine imajo nežna, rahlo podaljšana krila, ozek trup in zadek. Frfotavčki so majhni metulji bele barve s temno liso na apeksu sprednjih kril. Na spodnji strani zadnjih kril imajo predvsem pomladanske generacije značilne sivozelene vzorce.

V Evropi so prisotne štiri vrste frfotavčkov (Tolman 1997): *Leptidea sinapis* Linne 1758 (navadni frfotavček), *L. reali* Reissinger 1989 (realov frfotavček), *L. morsei* Fenton 1881 (veliki frfotavček) in *L. duponcheli* Staudinger 1871. Od leta 2011 je znano, da je v Evropi prisotna tudi vrsta *L. juvernica* stat. nov., ki je bila odkrita na podlagi analiz DNA zaporedij in kariotipa ter je razširjena praktično po celotni Evropi. Pred tem smo to vrsto obravnavali kot realovega frfotavčka, saj se ti dve vrsti morfološko in na podlagi anatomije genitalij ne razlikujeta (Dinca in sod. 2011). V Sloveniji je poleg navadnega in velikega frfotavčka prisotna vrsta *L. juvernica* stat. nov., ki pa jo v tem delu obravnavamo kot realovega frfotavčka, v pomenu, ki je bil znan pred raziskavo Dinca in sod. v letu 2011.

Podobno, kot je bil v sklopu navadnega frfotavčka odkrit realov in kasneje v sklopu slednjega še nova vrsta *L. juvernica* stat. nov., je bila tudi v sklopu velikega frfotavčka odkrita nova vrsta, *L. lactea* Lorković 1950. Ta se od velikega frfotavčka razlikuje po daljših genitalnih strukturah (*aedeagus*-u in *saccus*-u pri samcih in *ductus bursae* pri samicah). Po morfologiji kril se *L. lactea* bolj razlikuje od velikega frfotavčka kot realov od navadnega frfotavčka. Vrsta *L. lactea* je razširjena na vzhodnem delu palearktične biogeografske regije (Lorković, 1993).

Sedem vrst iz rodu frfotavčkov (navadni, realov in veliki frfotavček, *L. duponcheli*, *L. lactea*, *L. gigantea* Leech 1890 in *L. amurensis* (Menetries 1859)) tvori monofiletsko skupino (Martin in sod. 2003). Njihov skupni prednik naj bi bil podoben vrsti *L. gigantea*, ki ima izrazit vzorec na spodnji strani zadnjih kril. Iz takega vzorca lahko izvajamo manj izrazit vzorec na spodnji strani zadnjih kril današnjih vrst frfotavčkov. Iz vzorca kril skupnega prednika naj bi se razvil vzorec, kakršnega ima vrsta *L. duponcheli*. Ta vrsta ima najbolj pigmentirana krila, pri katerih je osnovni vzorec zabrisan in ni več prepoznaven. Prednik današnjega rodu je lahko prišel le iz Južne Amerike, saj vse ostale predstavnike poddružine Dismorphiinae, ki ji pripadajo frfotavčki, najdemo v neotropih. Ta poddružina je tam zastopana z rodом *Dismorphia*. V Severni Ameriki (nearktika), z izjemo skrajnega

južnega dela, nista prisotna niti rod *Dismorphia* niti rod frfotavčkov. Kljub nesporni skladnosti obeh rodov v strukturi genitalnega aparata so nekateri ostali deli telesa, predvsem krila, zelo različni (Lorković 1993).

Navadnega in realovega frfotavčka na terenu ne moremo zanesljivo določiti na podlagi morfologije, zato je za zanesljivo razlikovanje vrst potrebna preparacija genitalij. Dolžine določenih delov genitalnega aparata so doslej najbolj jasen in zanesljiv taksonomski znak za ločitev navadnega in realovega frfotavčka, vendar se vrsti nekoliko ločita tudi po vzorcih na krilih. Za realovega frfotavčka je značilno, da so krila bolj pigmentirana kot pri navadnem frfotavčku (Mazel 2001, Lorković 1993). Ta razlika je najbolj opazna pri samicah druge (poletne) generacije. Tako razlikovanje je bilo do sedaj mogoče le na območju Pirenejev, od koder je Real opisal realovega frfotavčka, vendar le zaradi sočasnega pojavljanja pomladanske generacije ene in poletne generacije druge vrste na isti lokaciji. Obarvanost kril in intenziteta pigmenta sta odvisni od geografske lege in nadmorske višine pojavljanja posameznih osebkov (Mazel in Leestmans 1999b). Določevanje vrst glede na pigmentiranost kril je zato tvegano, saj obstajajo različne forme obeh vrst (in prehodi med njimi), ki variirajo geografsko in sezonsko (Lorković 1993, Mazel in Leestmans 1996).

Navadni in realov frfotavček sta »skoraj popolni sestrski vrsti«, ki se razlikujeta v več genetskih kriterijih in ju lahko obravnavamo kot »dobri« vrsti (Martin in sod. 2003). Med vrstama pa občasno prihaja do porušanja reproduktivne bariere in pojavljanja hibridnih osebkov (Verovnik in Glogovčan 2007).

Osebki navadnega frfotavčka imajo krajše genitalne strukture v primerjavi z realovimi frfotavčki, zato sklepamo, da lahko samci realovega frfotavčka oplodijo samice navadnega, obratno pa ni mogoče. *Aedeagus* namreč lahko penetrira v *corpus bursae* tako daleč, kot dovolita dve fini trnasti strukturi poleg distalnega konca *aedeagus*-a. V tej poziciji je *aedeagus* fiksiran z mišicami *adductor aedeagi* med bazo *aedeagus*-a in *vinculum*-om genitalne kapsule. Dolgi *aedeagus* realovega frfotavčka lahko doseže konec kratkega *ductus bursae* in bi zato lahko izpraznil spermatofor v *corpus bursae* navadnega frfotavčka. Ni pa znano, ali je v tem primeru, zaradi nepopolne kontrakcije mišice *adductor aedeagi*, *aedeagus* zadostno fiksiran (Lorković 1993).

Aedeagus samcev je nameščen v genitalni kapsuli in na obeh straneh sega prek nje, *saccus* pa se stika s kapsulo na njenem spodnjem delu in sega ventro-kavdalno (slika 6). Dolžini teh dveh struktur sta v pozitivni korelaciji, saj je konec *saccusa* mesto pritrditve mišice *retractor aedeagi*, ki omogoča, da se na začetku kopulacije *aedeagus* povleče nazaj, da lahko najde pot v *ostium bursae* in naprej v *ductus bursae* samice (Lorković 1993). Lorković (1993) navaja tudi dejstvo, da velikost odraslih metuljev ne vpliva na velikost genitalnih struktur. Značilne dolžine genitalij, po katerih se obravnavani vrsti ločita, se razlikujejo v različnih delih Evrope (preglednici 7 in 8) (Lorković 1993, Cupedo in Hoen 2006, Fumi 2008).

2.2 RAZŠIRJENOST IN EKOLOGIJA NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA

Navadni in realov frfotavček sta palearktični vrsti z evro-sibirsko razširjenostjo (Mazel 2002). Prisotni sta v večjem delu Evrope in se pojavljata simpatrično ter ponekod tudi sintopo (Beneš in sod. 2003, Martin in sod. 2003, Amiet 2004, Friberg in sod. 2008c, Verovnik in Glogovčan 2007). Ker vrst na terenu na podlagi morfologije kril ne moremo zanesljivo določiti, je razširjenost obeh vrst slabo poznana (Beneš in sod. 2003).

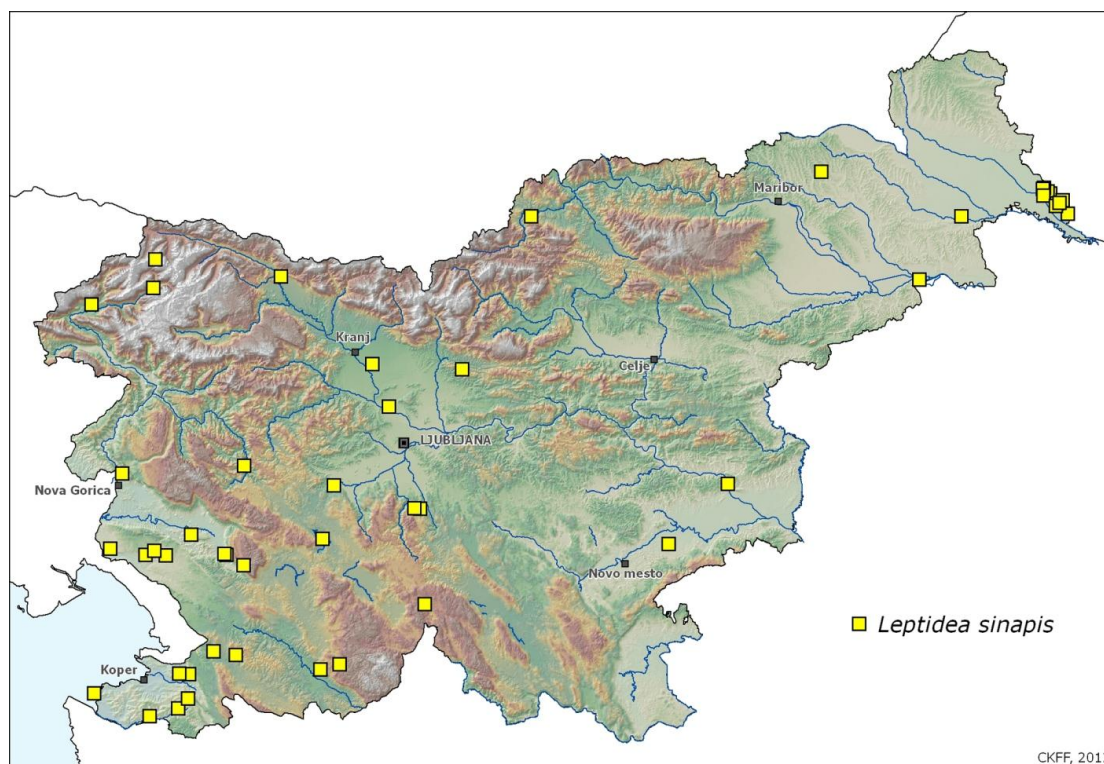
Navadni in realov frfotavček se razlikujeta tudi po ekoloških zahtevah, vendar prihaja do razlik v izbiri habitata posamezne vrste v različnih delih Evrope. Mozaična delitev niš navadnega in realovega frfotavčka ter njuno menjavanje v vlogah specialista oziroma generalista v različnih delih Evrope je najverjetneje posledica lokalnih procesov znotraj posameznega sekundarnega kontaktnega prostora in nedefiniranih medvrstnih razlik v habitatnih preferencah (Friberg in sod. 2008a).

Na Češkem in Slovaškem (Beneš in sod. 2003) je navadni frfotavček specialist, vezan na kserofilne habitate, realov pa je splošno razširjen generalist, ki poseljuje tudi vlažnejše gozdne habitate. Podobno je tudi na Irskem (Thomas 2007), kjer je realov frfotavček splošno razširjen, navadni pa se pojavlja le na odprtih travnikih na apnenčasti podlagi. Tudi na Poljskem naj bi se realov frfotavček pojavljal tako na suhih kot vlažnih površinah, vendar predvsem na odprtih travnikih, navadni pa se pogosteje pojavlja na kserotermnih habitatih v bližini gozda (Sachanowicz in sod. 2011). Tudi Lorkovič (1993) poroča o večjem deležu osebkov realovega frfotavčka na vlažnih travnikih v različnih delih Hrvaške v primerjavi z navadnim frfotavčkom. Na teh območjih samice realovega frfotavčka odlagajo jajčeca predvsem na travniški grahor (*Lathyrus pratensis*), ki je vezan na vlažnejša okolja (Lorkovič 1993).

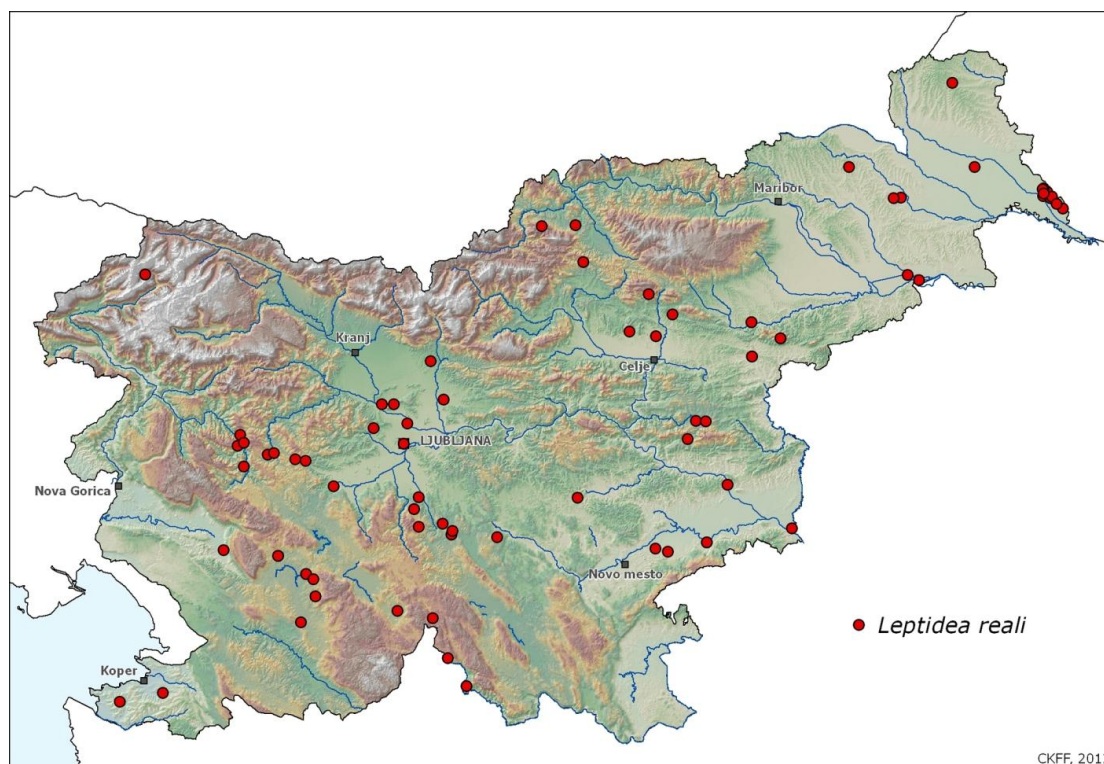
Drugače je na Švedskem (Friberg in sod. 2008b), v Franciji (Amiet 2004) in Španiji (Vila in sod. 2003), kjer je navadni frfotavček habitatni generalist, realov pa travniški specialist (Friberg in Wiklund 2009).

Realov frfotavček je, podobno kot navadni, razširjen po vsej Evropi: v Ukrajini, na Poljskem, Madžarskem, v Franciji, na Hrvaškem, v Sloveniji, Črni gori, Bosni in Hercegovini, na Švedskem, Korziki, v Belgiji, na Slovaškem, Bavarskem, v Španiji, Bolgariji in na Češkem, našli pa so ga tudi v Grčiji (Lorković 1993, Mazel in Leestmans 1996, Beneš in sod. 2003). Na Portugalskem realov frfotavček ni bil opažen (Maravalhas 2003). Mazel (2001) podaja podatke o razširjenosti te vrste na južni meji Zahodne Sibirije, torej ni omejena samo na Evropo, ampak je evrazijska vrsta.

Vrsti sta splošno razširjeni do nadmorske višine 1000 m, pojavljata pa se tudi v višjih legah, vse do 1900 m (SBN 1987).



Slika 1: Razširjenost navadnega frfotavčka (*Leptidea sinapis*) v Sloveniji na osnovi podatkov, znanih do leta 2010 (vir: podatkovna zbirka CKFF).



Slika 2: Razširjenost realovega frfotavčka (*Leptidea reali*) v Sloveniji na osnovi podatkov, znanih do leta 2010 (vir: podatkovna zbirka CKFF).

Vzorec razširjenosti navadnega in realovega frfotavčka kaže na alopatrično speciacijo vrst in rekolonizacijo navadnega frfotavčka iz vzhodnega Mediterana (Ponto-mediteranskega refugija). Realov frfotavček se je verjetno razširil iz južne Španije (Atlantsko-mediteranskega refugija) (Martin in sod. 2003). Obstajata dva biogeografska aspekta, ki nasprotujeta tej možnosti speciacije, in sicer, da realov frfotavček na Portugalskem ni bil zabeležen (Maravalhas 2003) in da je bila ta vrsta najdena tudi v Sibiriji (Mazel 2001). Večina vrst metuljev z atlantsko-mediteranskim izvorom namreč ni razširjena vzhodneje od severne Italije in zahodne Nemčije (Kudrna 2002). Simpatrična speciacija je še manj verjetna, saj so med vrstama le manjše ekološke razlike in tudi očitnih etoloških razlik med njima ni (Verovnik in Glogovčan 2007).

Najnovejše raziskave Dince in sod. (2011), ki vključujejo tudi novo odkrito vrsto *L. juvernica* stat. nov., potrjujejo, da skupni prednik obravnavanih vrst izvira iz centralne oziroma zahodne Azije in da se je navadni frfotavček na območje današnjega areala razširil iz jugozahodne Evrope. Pred približno 270 tisoč leti naj bi v jugozahodni Evropi prišlo do ločitve vrst. Ena od novo nastalih vrst, danes znana kot *L. juvernica* stat. nov., se je razširila preko Evrope in Azije, druga vrsta pa se je, 150 tisoč let kasneje, na istem območju ponovno razdelila na dve vrsti, navadnega in realovega frfotavčka. Navadni frfotavček se je kasneje iz območja jugozahodne Evrope razširil proti severu in vzhodu na območje vrste *L. juvernica* stat. nov., medtem ko je realov frfotavček ostal omejen na območje jugozahodne Evrope (Dinca in sod. 2011).

V Sloveniji sta navadni in realov frfotavček splošno razširjeni vrsti (sliki 1 in 2), vendar je realov frfotavček nekoliko pogostejši v kontinentalni regiji, kjer poseljuje predvsem vlažne travnike. Na območju submediteranske Slovenije, na pretežno kserotermnih travnikih, je pogostejši navadni frfotavček (Verovnik in Glogovčan 2007). V Sloveniji so bili, in sicer v različnih delih, opaženi tudi hibridni (intermediarni) osebki (Verovnik in Glogovčan 2007).

2.3 VEDENJSKE ZNAČILNOSTI NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA

Obe obravnavani vrsti frfotavčkov imata značilen počasen in frfotav let, po katerem je rod dobil slovensko ime. Večinoma letijo nizko pri tleh in niso pretirano dobri letalci. Samice večinoma posedajo na rastlinju, medtem ko so samci aktivnejši in med letom iščejo samice (Ebert in Rennwald 1991).

Vedenjske značilnosti med dvorjenjem in parjenjem so pri navadnem in realovem frfotavčku podobne. Ko samec najde samico, ji sede nasproti, izvleče rilček in premika glavo sem ter tja ter ob tem z rilčkom obkroža glavo samice. Samica svojo pripravljenost za kopulacijo pokaže tako, da spusti zadek, ki je prej skrit med njenimi krili. S tem izpostavi zadek samcu, ki spoji svoj zadek z njenim za približno eno uro. Če samica ni pripravljena za parjenje, zadka ne spusti. Samci z dvorjenjem vztrajajo tudi do pol ure. Če v tem času samica ne spusti zadka, odnehajo (Friberg in sod. 2008c).

Samice se vedejo monogamno in tiste, ki so se že parile, reagirajo na dvorjenje drugega samca ali z begom ali pa obsedijo negibne z daleč nazaj ukrivljenimi tipalkami in ne spustijo zadka, dokler samec ne odneha (Friberg in sod. 2008c).

Samci obeh obravnavanih vrst dvorijo tako samicam iste kot tudi druge vrste. Samice pa prepoznajo samca iste vrste in so pripravljene na kopulacijo samo z njimi. Na dvorjenje samca druge vrste odreagirajo tako kot tiste samice, ki so se že parile, torej odletijo ali pa obsedijo na mestu in ne spustijo zadka. Za prekopulacijsko izolacijo med vrstama torej poskrbi samičja izbira. Ta verjetno temelji na nekoliko različnem vedenju samcev obeh vrst med dvorjenjem in nekoliko različni sestavi feromonov, ki jih oddajajo tako samice kot samci obeh vrst (Friberg in sod. 2008c).

Samci realovega frfotavčka med dvorjenjem nikoli ne zamahnejo s krili, medtem ko samci navadnega frfotavčka med dvorjenjem, kadar to traja več kot 20 sekund, občasno zamahnejo s krili. Verjetno to ni edini način, po katerem samice prepoznajo istovrstnega samca, saj nekatere pokažejo pripravljenost za kopulacijo že po nekaj sekundah dvorjenja (Friberg in sod. 2008c).

Hlapne kemijske signalne substance (feromoni), ki jih oddajajo osebki obeh vrst, se razlikujejo tako med vrstama kot med spoloma. Samci in samice navadnega frfotavčka oddajajo feromone, ki vsebujejo 3,3,5-trimetilcikloheksan-1-on (*dihydrosophorone*) in 3,3,5-trimetilcikloheksan-1-ol (*cyclonol*), ki ju pri realovem frfotavčku niso našli (Friberg in sod. 2008c).

Friberg in sod. (2008c) so opazili, da samci realovega frfotavčka dalj časa dvorijo samicam navadnega frfotavčka kot pa samicam svoje vrste, ki niso pripravljene za kopulacijo.

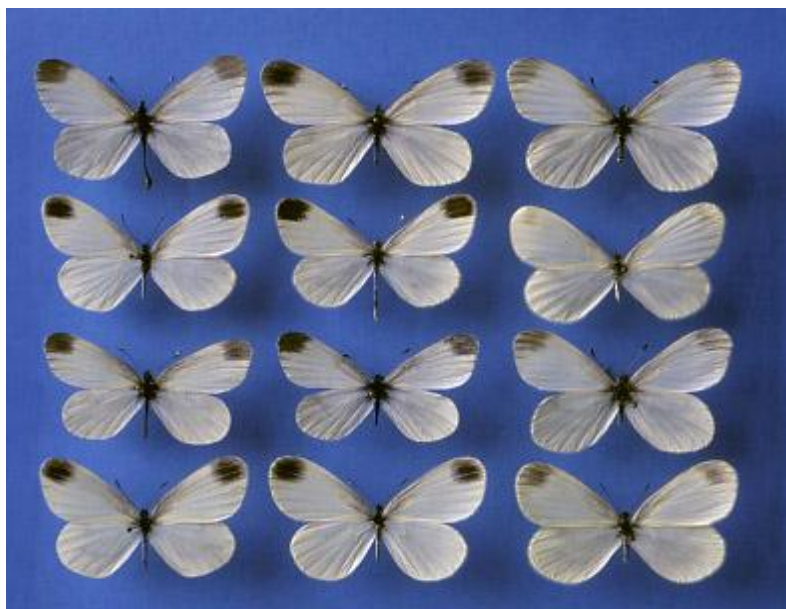
2.4 RAZVOJNI KROG NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA

Navadni in realov frfotavček imata poleg podobne morfologije, razširjenosti in vedenja tudi podoben razvojni krog. Samice obeh vrst odlagajo jajčeca posamezno na spodnje strani listov hranilnih rastlin gosenic (glej poglavje 2.5). Jajčeca so vitka in so na začetku belkaste barve, kasneje pa se obarvajo rdeče (Ebert in Rennwald 1991, SBN 1987). Samice praviloma odlagajo jajčeca na terminalne dele rastlin (Asher in sod. 2001). Primerno rastlino za odložitev jajčec samice frfotavčka prepoznajo tako, da s sprednjima nogama otipajo zgornjo plast rastline in preverijo kemijsko sestavo površine lista in s tem primernost rastline (Friberg in sod. 2008a).

Gosenice so zelene z rumenimi do belimi črtami ob straneh. Tudi gosenice sčasoma nekoliko spremenijo barvo, saj potemniijo. Dolge so do 3 cm. Hranijo se na mladih in hranilno bogatejših poganjkih hranilnih rastlin iz družine metuljnic (glej poglavje 2.5). Razvoj gosenice traja 3 do 4 tedne (Settele in sod. 1999, SBN 1987).

Gosenice se zabubijo v zavetju trav ali grmišč, lahko tudi nekoliko stran od hranilnih rastlin, na steblih rastlin na višini 20 – 40 cm od tal. Bube so zelenkasto-okor do rjavordeče barve in imajo rdečkaste stranske črte. Antene bub realovega frfotavčka so roza barve, z razpršenimi belimi pigmenti na obeh straneh centralne linije. Pri navadnem frfotavčku so antene roza le na omejenem centralnem delu, lateralni deli pa so skoraj popolnoma beli, z nekaj roza pikami. Bube realovega frfotavčka so ponavadi temnejše, z več rdečega pigmenta kot bube navadnega frfotavčka, ki so bolj zelenkaste. Obarvanost bub obeh vrst se lahko tudi delno prekriva, zato določitev vrst na podlagi splošne obarvanosti bub ni zanesljiva. Ob koncu razvoja bube navadnega frfotavčka potemnijo in postanejo zelo podobne bubam realovega frfotavčka. Poleti traja mirovanje bube približno 10 dni. Ker frfotavčki zimo preživijo v stadiju bube, takrat mirovanje traja nekaj mesecev (Friberg 2007).

Odrasli osebki se pojavljajo od konca meseca aprila do konca septembra. V severnem delu razširjenosti imata vrsti vsaj dve generaciji letno, v Sloveniji in ostalih južnoevropskih državah pa imata vrsti tudi tri generacije letno (Ebert in Rennwald 1991, SBN 1987). Na Švedskem ima navadni frfotavček samo eno generacijo, v letih s toplejšo pomladjo in poletjem pa ima lahko tudi dve generaciji. Realov frfotavček ima na Švedskem praviloma dve generaciji. Glede na vremenske razmere je druga generacija lahko popolna ali pa samo delna (Friberg in Wiklund 2010).



Slika 3: Fotografija odraslih navadnih (*Leptidea sinapis*) in realovih (*L. reali*) frfotavčkov. Prva vrsta: 1. generacija navadnega frfotavčka; druga vrsta: 2. generacija navadnega frfotavčka; tretja vrsta: 1. generacija realovega frfotavčka; četrta vrsta: 2. generacija realovega frfotavčka. V prvih dveh stolpcih so samci, v tretjem samice (vir: Remarkable records of Macrolepidoptera in Sweden 1998: <http://www.bostream.nu/butter/butter/macro96.htm>).

Vse vrste frfotavčkov imajo najmanj dve sezonski formi: prvo, pomladansko, in drugo, poletno. Krila pomladanskih osebkov imajo vedno bolj poudarjen vzorec in barvo kot osebkovi poletne generacije (Mazel 2000). Samci in samice se ločijo po tem, da imajo samice manj izrazito apikalno liso na sprednjem krilu ali pa je celo nimajo. Kljub določenim razlikam v vzorcu na krilih, predvsem pri pomladanski generaciji, vrst na podlagi vzorca na krilih ne moremo zanesljivo ločiti med seboj (slika 3) (Lorković 1993).

Na Švedskem (Friberg in sod. 2008b), kjer je realov frfotavček vezan predvsem na travniške habitate, so ugotovili, da se odrasli osebkovi te vrste spomladi pojavijo nekoliko prej kot odrasli osebkovi navadnega frfotavčka. To gre pripisati dejstvu, da se gosenice realovega frfotavčka večinoma zabubijo na travnikih in so zato bolj izpostavljene soncu in toplejšim razmeram, s čimer je povezan hitrejši razvoj. Po drugi strani se določen delež gosenic navadnega frfotavčka zabubi tudi v gozdnih habitatih oziroma na gozdnem robu. Zato ima navadni frfotavček, v primerjavi z realovim, podaljšano prvo fazo pojavljanja odraslih osebkov; tisti, ki so se zabubili na travnikih, se pojavijo nekoliko prej kot tisti, ki so se zabubili v senčnejših legah (Friberg in sod. 2008b).

Med vrstama ni razlik v življenjski dobi, prav tako pa imata podobno zmožnost razširjanja (Friberg in sod. 2008b).

2.5 HRANILNE RASTLINE GOSENIC NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA

Večina vrst metuljev je na stopnji gosenice specializirana na eno ali nekaj ozko sorodnih vrst hranilnih rastlin, manj kot 10 % vrst pa je polifagnih in se hrani s številnimi rastlinskimi vrstami iz različnih družin (Bernays in Graham 1988). Kam samice metuljev odložijo jajčeca, je ključnega pomena za preživetje njihovih potomcev (Garcia-Barros in Fartman 2009).

Gosenice obeh obravnavanih vrst so oligofagne in se hranijo z več hranilnimi rastlinami iz družine metuljnic (Fabaceae) ter kažejo podobne preference do več rastlinskih vrst. To so predvsem travniški grahor (*Lathyrus pratensis*), gorski grahor (*L. linifolius*), navadna nokota (*Lotus corniculatus*) in ptičja grašica (*Vicia cracca*). Manj pogosto pa samice odlagajo jajčeca na gozdno grašico (*V. sylvatica*) in spomladanski grahor (*Lathyrus vernus*) (Friberg in Wiklund 2009).

Friberg in Wiklund (2009) sta ugotovila, da je na Švedskem izbor rastlin za odlaganje jajčec pri obeh vrstah spomladi podoben, pretežno izbirata travniški grahor. Samice navadnega frfotavčka nekoliko pogosteje odlagajo jajčeca tudi na ostale zgoraj omenjene rastline kot samice realovega frfotavčka.

Samice realovega frfotavčka tudi poleti raje odlagajo jajčeca na travniški grahor, medtem ko samice navadnega frfotavčka v tem času jajčeca pogosteje odlagajao na navadno nokoto in ptičjo grašico. V primerjavi s pomladjo tudi samice realovega frfotavčka poleti v nekoliko večjem deležu odlagajo jajčeca na ostale hranilne rastline (Friberg in Wiklund 2009). Razlike v odlaganju jajčec spomladi in poleti so verjetno posledica sezonskih razlik v kvaliteti rastlin (Friberg in Wiklund 2009).

Tudi Lorković (1993) je opazil, da samice realovega frfotavčka odlagajo jajčeca pretežno na travniški grahor. Med njegovim opazovanjem pa so samice te vrste popolnoma ignorirale navadno nokoto in ptičjo grašico. Vse tri rastline so pretežno travniške vrste. Med ostalimi hranilnimi rastlinami gosenic navadnega in realovega frfotavčka, ki so nekoliko bolj vezane na gozdne predele oziroma robove gozda (gorski grahor, spomladanski grahor in gozdna grašica), so frfotavčki za odlaganje jajčec največkrat izbrali gorski grahor. Pri tem navadni frfotavček odlaga jajčeca na gorski grahor v veliko večjem deležu kot realov (Friberg in sod. 2008c).

Samice pred odlaganjem jajčec na rastlino preverijo njeno primernost in izbirajo tudi med posameznimi rastlinami iste vrste. Samice navadnega frfotavčka tako odložijo jajčeca le na 27 % vseh pregledanih rastlin (Friberg in sod. 2008a). Očitno izbirajo mlajše rastline, ki so bolj sveže in ne preveč razraščene, suhe oziroma trde (Friberg in Wiklund 2009).

Friberg in Wiklund (2009) sta ugotovila, da imajo gosenice realovega frfotavčka nizko stopnjo preživetja na dveh od štirih gozdnih vrst, gosenice navadnega frfotavčka pa imajo podobno stopnjo preživetja na vseh rastlinah (tako travniških kot tistih, vezanih na gozd oziroma gozdni rob), na katerih samice te vrste odlagajo jajčeca.

2.6 OPIS OBMOČJA RAZISKAVE

Goričko je skrajna severovzhodna slovenska pokrajina, ki je pretežno gričevnata in zavzema približno 500 km². Leži med mejo z Avstrijo na zahodu, mejo z Madžarsko na severu in vzhodu ter Mursko ravnico na jugu. Slovenski del Goričkega ni zaključena naravnogeografska enota. Proti zahodu, severu in vzhodu se podobna pokrajina nadaljuje v Avstriji (Gradiščansko) in na Madžarskem, le na jugu je izrazita naravnogeografska meja med gričevjem in Mursko ravnico. Povprečna nadmorska višina Goričkega je 275 m, najvišji vrh, Sotinski breg, pa je visok 418 m (Perko in Orožen Adamič 2001).

Goričko gradijo predvsem nekarbonatne terciarne kamnine, stare med 66 in 1,6 milijoni let. Na območju Sotine in Rdečega brega najdemo starejše kamnine, filitoidne skrilavce na magmatski podlagi, ki so se odlagale pred približno 400 milijoni let, ko je bilo tam morje. Po vmesnem kopnem obdobju se je, pred približno 23 milijoni let, ozemlje pogreznilo in zalilo ga je Panonsko morje. Kopen je ostal le severozahodni del starih paleozojskih kamnin, kjer so še danes vidni skrilavci, ki tvorijo starejša pobočja (Planjšek in Činč

Juhant 2002). Zaradi ponovnega dvigovanja ozemlja se je Panonsko morje, ki je izgubilo povezavo z drugimi morji, po približno 18 milijonih let umikalo proti vzhodu, od zahoda pa so ga še dodatno zasipavale reke. Pri Gradu na Goričkem pa so plasti bazalnega tufa in tufita, ki sta ostanek vulkanskega delovanja v okolici Klöcha v Avstriji pred 1,6 milijona let (Kuštör 2006).

Goričko je znano po najbolj celinskem podnebj v Sloveniji. Zime so zelo mrzle, poletja pa zelo vroča. Letno pade povprečno nekaj manj kot 800 mm padavin, od tega največ v vegetacijski dobi (Perko in Orožen Adamič 2001).

Goričko je izrazito gričevnata pokrajina, z značilnimi dolinami in z gozdom poraslimi pobočji. V ozkih, vlažnih dolinah se pojavljajo parapodzolne in oglejne peščeno-ilovnate in glinaste prsti. Slemen in višja pobočja pa večinoma pokrivajo peščeno-ilovnate prsti s kremenčevim peskom in prodrom. Pliocenski prod srednjega in vzhodnega Goriškega večinoma prekriva tanka kisl prst, ki je izprana in slabo rodovitna. Zaradi nekarbonatne podlage so tla večinoma nevtralna do kisl (Perko in Orožen Adamič 2001).

V dolinah potokov najdemo vlažne travnike, pobočja pa so pretežno porasla z gozdom ali obdelana. Na južnih pobočjih lahko najdemo tudi suha travišča (Verovnik 2002). Na splošno je na Goričkem nekoliko več vlažnih kot suhih travniških površin (Kaligarič in sod. 2003).

Na Goričkem je bilo do sedaj zanesljivo zabeleženih več kot 90 vrst dnevnih metuljev, kar priča o veliki pestrosti in ohranjenosti življenjskih prostorov na tem območju (Verovnik 2002). Večina vrst metuljev vlažnih travnikov je na Goričkem splošno razširjenih, predvsem zaradi mreže za njih ustreznih vlažnih travnikov, kjer košnja poteka le občasno, saj takšne travnike najdemo skoraj v vsaki dolini. Z naravovarstvenega vidika so najpomembnejši vlažni travniki z zdravilno strašnico (*Sanguisorba officinalis*), kjer skoraj povsod na Goričkem najdemo v evropskem merilu prizadeti vrsti temnega (*Phengaris nausithous*) in strašničinega mravljiščarja (*P. teleius*) (Verovnik 2002).

Zaradi redkosti so na območju Goriškega najbolj ogrožena suha travišča. Na teh najdemo nekatere redke in ogrožene vrste metuljev, kot so veliki mravljiščar (*Maculinea arion*), šetrajev sleparček (*Pseudophilotes vicrama*) in slezenovčev kosmičar (*Carcharodus alceae*) (Verovnik 2002).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 TERENSKO DELO

V avgustu 2010 smo obiskali 75 lokacij (slika 4) na Goričkem, na katerih smo beležili prisotnost kompleksa obravnavanih vrst (*L. sinapis/reali*). Izmed teh lokacij smo jih izbrali 25 (v nadaljevanju bomo za te lokacije uporabljali izraz vzorčne lokacije), na katerih smo opravili vzorčenje frfotavčkov (slika 5, preglednica 1). Vse lokacije smo obiskali v vremenskih razmerah ugodnih za vzorčenje metuljev.

Vsako lokacijo smo obiskali enkrat. Čas, ki smo ga porabili za obisk ene lokacije, je bil odvisen od njene velikosti, nikoli pa nismo porabili manj kot pol ali več kot eno uro.

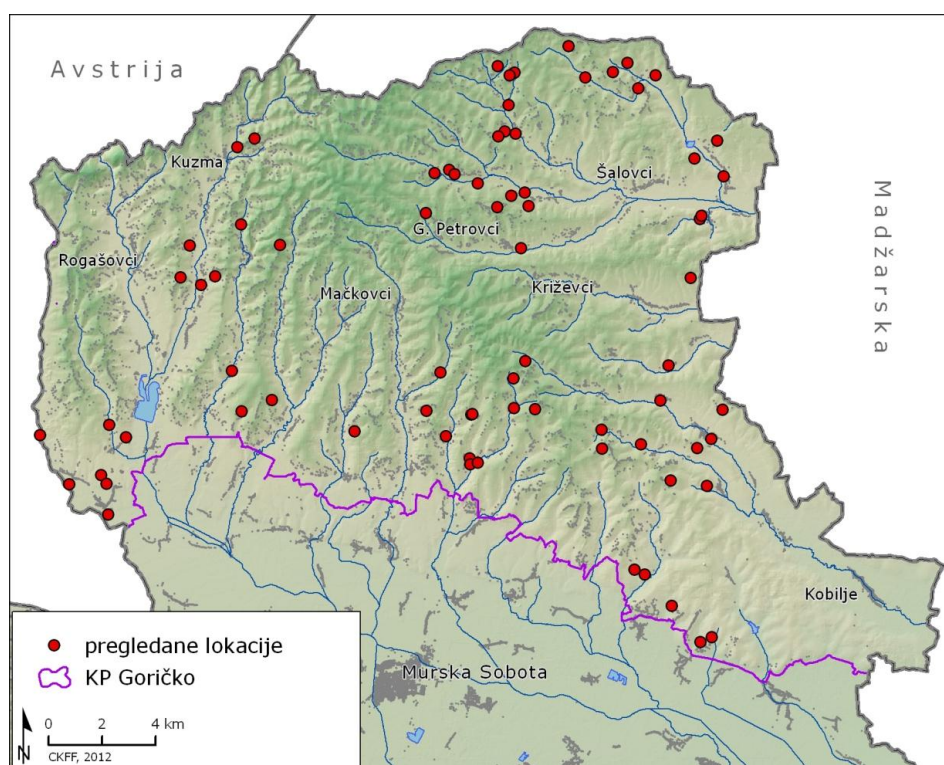
Izbrane vzorčne lokacije so bile velike od 0,12 do 1,38 ha. Večinoma so obsegale več parcel oziroma travnikov. Zaradi tega vzorčne lokacije večinoma niso bile homogene glede na vlažnost in pogostost košnje. Na terenu smo zato določili, kateri kategoriji pripadajo posamezni deli (travniki) vzorčnih lokacij: na osnovi vlažnosti smo ločili suhe in vlažne travnike, na osnovi pogostosti košnje pa travnike, košene večkrat letno, travnike, košene večinoma enkrat letno ali enkrat na dve leti ter že več let nekošene travnike, ki se že zaraščajo z lesnimi vrstami. Vse našteje kategorije smo vrisali na karte. Prav tako smo določili in na karte izrisali zgoraj omenjene kategorije za lokacije, na katerih med terenskim delom nismo opazili nobenega frfotavčka (slika 5, preglednica 2).

Na izbranih vzorčnih lokacijah smo vse videne frfotavčke ujeli s pomočjo metuljnice in jih prenesli v usmrtilnik s kalijevim cianidom. Usmrčene metulje s posamezne vzorčne lokacije smo do prihoda s terena shranili v ločenih posodicah, ki smo jih označili z oznako vzorčne lokacije. Skupno smo usmrtili 127 frfotavčkov. V raziskavo smo zajeli tretjo generacijo frfotavčkov.

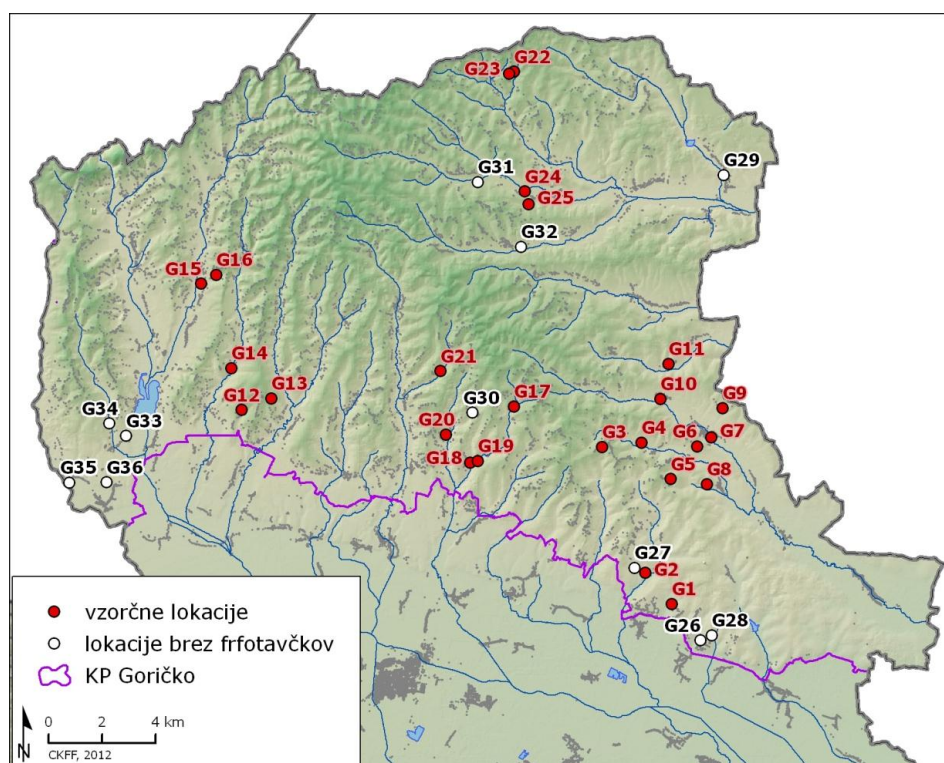
3.2 IZDELAVA TRAJNIH PREPARATOV GENITALNEGA APARATA IN MERJENJE STRUKTUR GENITALNEGA APARATA

Po prihodu s terena smo ulovljene metulje razpeli na lesenih razpenjalih s pomočjo entomoloških igel in paus papirja, da so se posušili. Po sušenju smo metulje z razpenjal prenesli v entomološko vitrino. Metulje smo označili glede na vzorčno lokacijo, na kateri so bili ulovljeni.

V laboratoriju smo vsakemu metulju s škarjami odrezali zadnjo tretjino zadka, ki smo ga nato dali v epruveto s 15 % raztopino KOH. Epruvete smo nato zaprli z vato in jih za 30 minut postavili v vodno kopel, ki smo jo segreli na 100° C. Pri tem je prišlo do hidrolize mišičnega in maščobnega tkiva s hitiniziranih delov genitalnega aparata.



Slika 4: Karta vseh lokacij (75) na Goričkem, pregledanih v avgustu 2010.



Slika 5: Karta lokacij na Goričkem, na katerih smo opravili vzorčenje frfotavčkov (*Leptidea sinapis/reali*) (vzorčne lokacije; 25) in lokacij, na katerih frfotavčki niso bili prisotni (11). Podrobnejši opis lokacij je v preglednicah 1 in 2.

Preglednica 1: Seznam lokacij na Goričkem, na katerih smo opravili vzorčenje navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*).

oznaka	najbližji kraj	koordinata x	koordinata y	datum	m n. v.	površina (ha)
G1	Bogojina	599506	171709	1.8.2010	211	0,741
G2	Vučja Gomila	598501	172906	1.8.2010	205	0,437
G3	Fokovci	596889	177595	1.8.2010	298	1,423
G4	Selo	598356	177731	2.8.2010	254	2,359
G5	Selo	599430	176389	2.8.2010	284	2,084
G6	Prosenjakovci	600443	177621	2.8.2010	275	0,610
G7	Prosenjakovci	600974	177943	2.8.2010	227	0,854
G8	Čikečka vas	600799	176198	2.8.2010	247	0,370
G9	Prosenjakovci	601387	179037	3.8.2010	260	0,117
G10	Berkovci	599072	179383	3.8.2010	245	1,132
G11	Ivanjševci	599417	180743	3.8.2010	245	1,601
G12	Vadarci	583478	178942	8.8.2010	291	2,457
G13	Bodonci	584551	179416	8.8.2010	287	1,413
G14	Vadarci	583054	180499	8.8.2010	244	1,867
G15	Dol. Slaveči	581915	183699	8.8.2010	237	1,380
G16	Dol. Slaveči	582448	184012	8.8.2010	289	1,197
G17	Kukeč	593601	179098	16.8.2010	268	0,992
G18	Bokrači	591946	176990	17.8.2010	234	0,876
G19	Bokrači	592248	177062	17.8.2010	234	0,330
G20	Dolina	591063	178065	17.8.2010	259	1,899
G21	Moščanci	590843	180428	17.8.2010	268	2,681
G22	Čepinci	593622	191635	18.8.2010	300	1,090
G23	Čepinci	593432	191539	18.8.2010	324	0,805
G24	Adrijanci	594006	187162	23.8.2010	263	1,315
G25	Adrijanci	594122	186659	23.8.2010	277	0,865

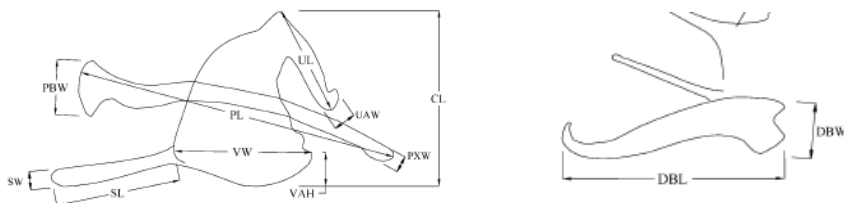
Preglednica 2: Lokacije na Goričkem, na katerih v avgustu 2010 frfotavčki (*Leptidea sinapis/reali*) niso bili prisotni.

oznaka	najbližji kraj	koordinata x	koordinata y	datum	m n.v.	površina (ha)
G26	Filovci	600568	170347	1.8.2010	216	0,449
G27	Vučja Gomila	598092	173068	1.8.2010	215	0,148
G28	Filovci	600992	170534	1.8.2010	219	0,262
G29	Hodoš	601428	187759	11.8.2010	235	2,175
G30	Bokrači	592049	178870	16.8.2010	261	0,674
G31	Šulinci	592243	187497	26.8.2010	276	0,998
G32	Gor. Petrovci	593866	185081	26.8.2010	268	1,788
G33	Gor. Črnci	579108	178002	27.8.2010	232	1,365
G34	Gor. Črnci	578481	178465	27.8.2010	234	0,874
G35	Korovci	576975	176259	27.8.2010	217	0,388
G36	Cankova	578365	176267	27.8.2010	223	1,120

Po končani kopeli smo epruvete odprli in vsebino s pinceto prenesli v petrijevko z destilirano vodo. S pomočjo igle in pincete smo pod lupo ločili luske, ostanke prebavnega trakta, maščobno tkivo in dele zadka od hitiniziranega genitalnega aparata, ki smo ga nato za približno pol minute prenesli v 70 %, nato v 80 % in nazadnje v 96 % etanol, da smo ga dehidrirali.

Segreli smo glicerin-želatino, da je postala tekoča. Nato smo eno kapljico s pomočjo puhalke prenesli na objektno stekelce. Pod lupo smo s pomočjo pincete in igle prenesli genitalni aparat na kapljico glicerin-želatine in ga prekrili s krovnim stekelcem. Preparat smo postavili na stojalo, da se je glicerin-želatina ponovno strdila. Med postopkom smo pozorno označevali vzorce z istih vzorčnih lokacij, da ne bi prišlo do zamenjave.

Preparate smo najprej pregledali s stereomikroskopom Olympus SZX9 pod 40-kratno povečavo, nato smo jih fotografirali s kamero Color View III, nameščeno na stereomikroskopu in povezano z osebnim računalnikom. Z računalniškim programom Cell[^]B smo izmerili dolžine posameznih delov genitalnega aparata. Pri samcih smo merili: dolžino *aedeagus*-a, *saccus*-a in *uncus*-a ter širino *vinculum*-a, pri samicah pa dolžino *ductus bursae* (slika 6). Merili smo na stotinko milimetra natančno. Samice smo določili na podlagi dolžine *ductus bursae*, samce pa na podlagi dolžin *aedeagus*-a in *saccus*-a.



Slika 6: Shema genitalnega aparata samcev (levo) in samic (desno) frfotavčkov (*Leptidea sinapis/reali*). Za določitev vrste smo uporabili dolžine *aedeagus*-a (PL) in *saccus*-a (SL) pri samcih in dolžino *ductus bursae* (DBL) pri samicah (vir: Fumi, 2008: 43).

3.3 OBDELAVA PODATKOV

Po končanem terenskem delu in meritvah genitalnega aparata smo vse podatke uredili v tabele v programu Excel. Z njim smo izrisali tudi vse grafe, razen grafa multivariatne statistike, ki je bil izrisan s programom CanoDraw 4.0.

Vzorčne lokacije (slika 4, preglednica 1) ter njihove lastnosti oziroma lastnosti njihovih delov (glej poglavje 3.1), ki smo jih določili in izrisali na karte že na terenu, smo nato izrisali v programu ArcView. Z omenjenim programom smo izmerili obseg vzorčnih lokacij, njihovo velikost (površino) ter velikost vlažnih oziroma suhih površin ter velikost površin, košenih večkrat letno, površin, košenih enkrat letno ali enkrat na dve leti ter

velikost več let nekošenih površin, ki se že zaraščajo z lesnimi vrstami na posamezni vzorčni lokaciji. Izmerili smo tudi dolžino gozdnega roba, na katerega meji posamezna vzorčna lokacija.

Velikost vzorčnih lokacij ter suhih in vlažnih površin na posamezni vzorčni lokaciji smo podali v hektarjih. Zaraščenost oziroma pogostost košnje posameznih vzorčnih lokacij smo podali v obliki deleža vsake od kategorij (glej poglavje 3.1) na posamezni vzorčni lokaciji. Dolžino gozdnega roba, na katerega meji posamezna vzorčna lokacija, smo podali kot kvocient dolžine gozdnega roba in celotnega obsega vzorčne lokacije (priloga A).

Na registracijo vrste na določenem mestu lahko vpliva tudi lastnost okolice in ne samo lastnost mesta ulova. Metulji so namreč mobilne živali in jih pri iskanju nektarskih rastlin najdemo tudi na lokacijah, kjer jih, glede na ekološke zahteve vrste, ne bi pričakovali. Zato smo za vsako vzorčno lokacijo s pomočjo programa ArcView določili 100-metrsko pufersko cono. Na podlagi predhodnega kartiranja habitatnih tipov (Kaligarič in sod. 2003) smo posamezne habitatne tipe razdelili v štiri kategorije, in sicer: vlažni travniki, suhi travniki, gozd ter ostalo (ceste, naselja, vode). Na podlagi površine posamezne kategorije v 100-metrskem puferskem pasu smo določili njihove deleže v tem pasu (priloga A).

Na enak način smo določili lastnosti lokacij, na katerih nismo opazili frfotavčkov (slika 5, preglednica 2), saj smo te lokacije vključili v analize habitatnih preferenc navadnega in realovega frfotavčka (priloga A).

Za ugotavljanje habitatnih preferenc obeh frfotavčkov smo uporabili direktno gradientno multivariatno analizo (kanonično analizo), s katero smo preverjali odnos med pojavljanjem in številčnostjo navadnega in realovega frfotavčka ter lastnostmi vzorčnih lokacij (vlažnostjo, pogostostjo košnje, dolžino gozdnega roba, deležem suhih, vlažnih in gozdnih površin v 100-metrski okolici; podatki so podani v prilogi A). V analizo smo poleg vzorčnih lokacij vključili tudi lokacije, na katerih frfotavčki v avgustu 2010 niso bili opaženi.

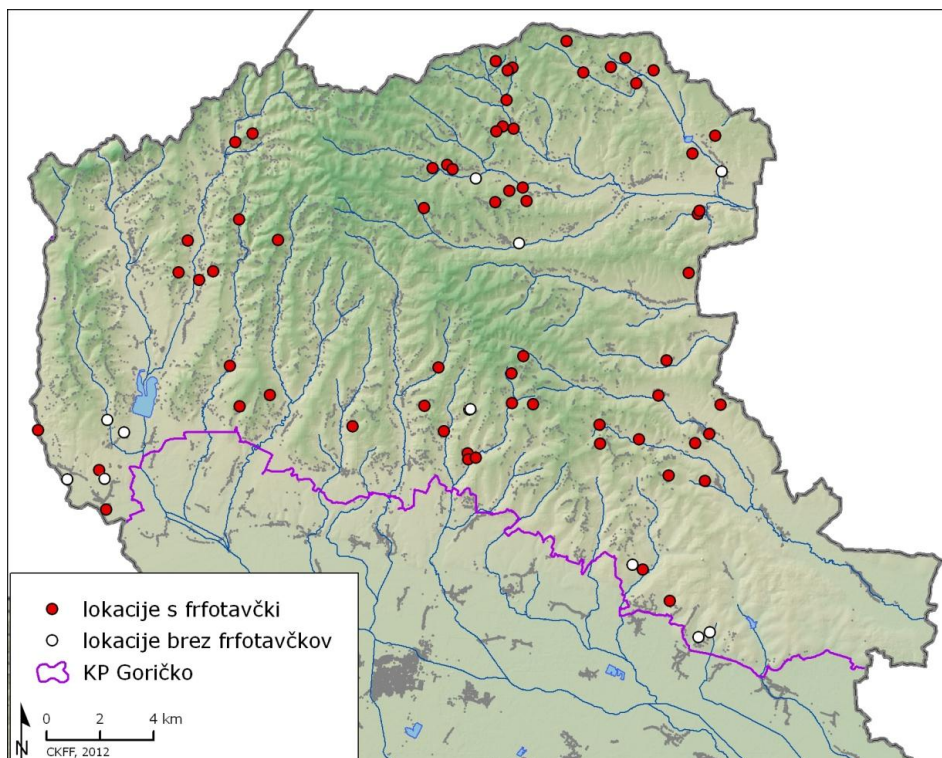
Preden smo se odločili za kanonično analizo, smo izvedli indirektno gradientno analizo, in sicer korespondenčno analizo z odstranjenim trendom (DCA). S tem smo poskušali ugotoviti, katera kanonična analiza bi bila v našem primeru najprimernejša za analizo podatkov. Braak ter in Prentice (1988) navajata, da dolžine gradientov, večje od 3, nakazujejo, da je odnos med organizmi in spremenljivkami unimodalen. V tem primeru naj bi bila primernejša unimodalna oblika kanonične analize, t. i. korespondenčna kanonična analiza (CCA), in ne redundantna analiza (RDA), ki je linearna gradientna analiza. Ker so bile dolžine gradientov v našem primeru nižje od 3, smo izbrali RDA.

Z RDA smo ugotavljali odnos med lastnostmi vzorčnih lokacij in pojavljanjem ter številčnostjo navadnega in realovega frfotavčka na njih. Uporabili smo računalniški program CANOCO 4.0 (Braak ter in Šmilauer 1998). Ugotavljali smo, s katerimi

okoljskimi spremenljivkami vzorčnih lokacij lahko najboljše pojasnimo variabilnost v pojavljanju posamezne vrste, oziroma kolikšen delež variabilnosti smo pojasnili s posamezno spremenljivko. V analizo smo vključili vse lastnosti vzorčnih lokacij brez predhodnega izbora ali obtežitve spremenljivk. Vrednost za statistično značilnost smo testirali z Monte Carlo permutacijskim testom (499 permutacij) v programu CANOCO 4.0. Korelacije med okoljskimi lastnostmi in številom osebkov na vzorčnih lokacijah ter med številom samcev in samic na posameznih vzorčnih lokacijah smo testirali s Pearsonovim koeficientom korelacije.

4 REZULTATI

Kompleks vrst navadnega in realovega frfotavčka je prisoten na celotnem območju Krajinskega parka Goričko. V avgustu 2010 je bil opažen na 64 od 75 obiskanih lokacij (85,3 %), ki so enakomerno razporejene po celotnem območju (slika 7). Na 11 lokacijah (14,7 %) frfotavčki v istem času niso bili opaženi (slika 7, preglednica 2).



Slika 7: Razporeditev lokacij na Goričkem, na katerih smo v avgustu 2010 opazili frfotavčke (*Leptidea sinapis/reali*) (64) in lokacij, na katerih frfotavčkov ni bilo (11).

4.1 DOLOČITEV UJETIH FRFOTAVČKOV

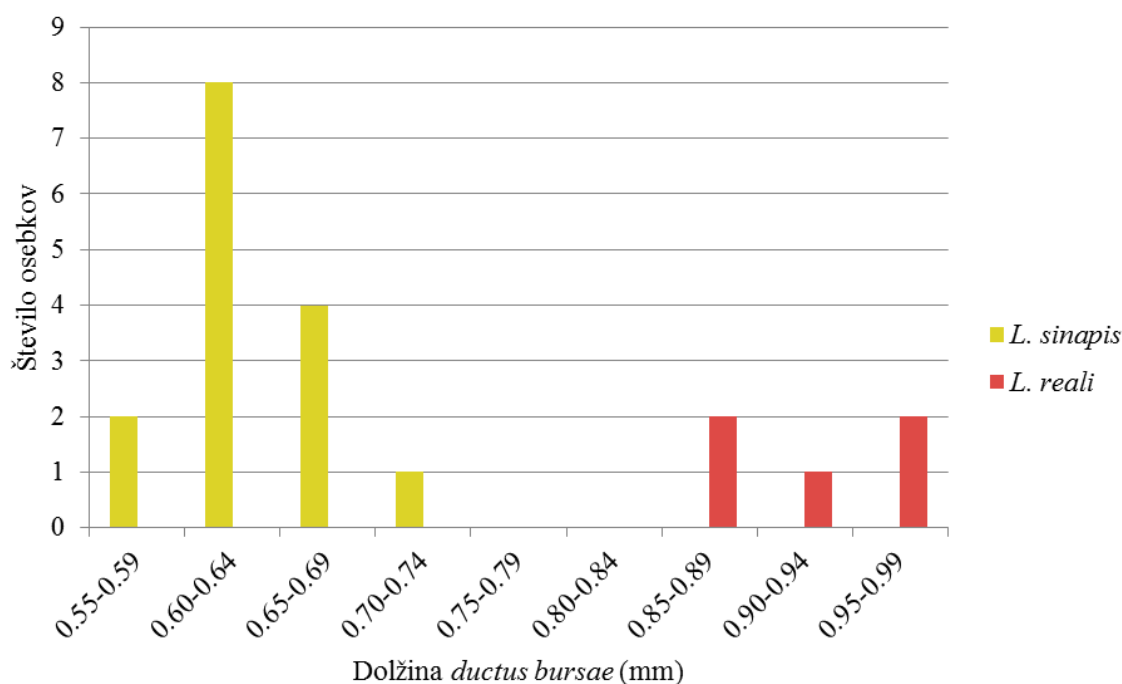
Od 127 nabranih metuljev vrstne pripadnosti enega samca in dveh samic nismo mogli določiti zaradi poškodb genitalij med izdelovanjem preparatov. Določili smo torej 124 osebkov, 104 samce in 20 samic.

Osemdeset osebkov (64,5 %) smo določili za navadnega, 44 osebkov (35,5 %) pa za realovega frfotavčka. Pri navadnem frfotavčku je bilo 65 samcev (81,3 %) in 15 samic (18,7 %), pri realovem pa 39 samcev (88,6 %) ter 5 samic (11,4 %). Število samic in samcev na vzorčnih lokacijah nista v korelaciji niti pri navadnem ($r = 0,225$; $p > 0,05$) niti pri realovem frfotavčku ($r = 0,012$; $p > 0,05$). Razmerje med spoloma je pri obeh vrstah podobno in je močno v prid samcem.

Med najdaljšo izmerjeno dolžino *ductus bursae* pri samicah (preglednica 3) navadnega frfotavčka in najkrajšo pri samicah realovega frfotavčka je 0,13 mm razlike. Zaradi preglednosti smo na grafu s prikazom dolžin *ductus bursae* (slika 8) podatke združili v razrede po 0,05 mm.

Preglednica 3: Opisna statistika značilnih dolžin *ductus bursae* samic tretje generacije navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) z vzorčnih lokacij na Goričkem.

	<i>ductus bursae</i> (mm)		
	minimum	povprečje	maksimum
<i>L. sinapis</i> (15)	0,56	0,63	0,72
<i>L. reali</i> (5)	0,85	0,92	0,98

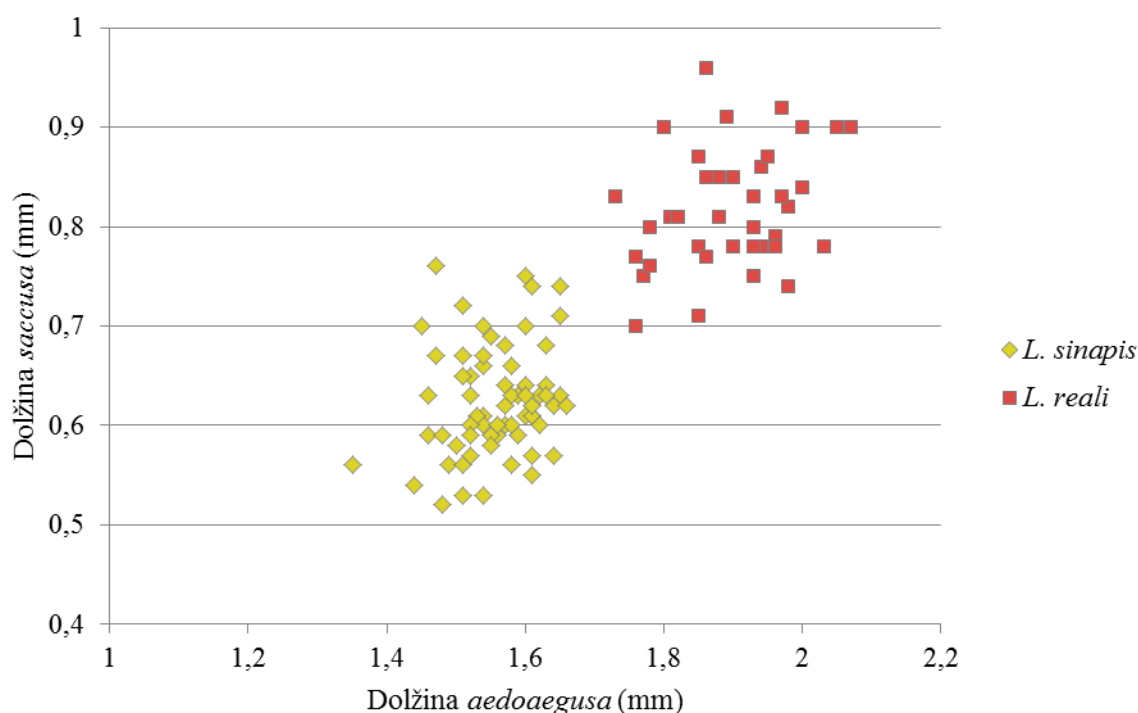


Slika 8: Histogram dolžin *ductus bursae* pri samicah tretje generacije navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) z vzorčnih lokacij na Goričkem.

Vrstno pripadnost samcev smo določili predvsem na podlagi dolžine *aedeagus*-a, saj se intervala dolžin *saccus*-a obeh vrst prekrivata za 0,07 mm (preglednica 4). Na izrisanem razsevnem diagramu (slika 9), na katerem sta predstavljeni dolžina *aedeagus*-a in *saccus*-a posameznih osebkov, sta jasno ločeni dve skupini, ki pripadata navadnemu in realovemu frfotavčku.

Preglednica 4: Opisna statistika značilnih dolžin *aedeagus*-a in *saccus*-a pri samcih tretje generacije navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) z vzorčnih lokacij na Goričkem.

	<i>aedeagus</i> (mm)			<i>saccus</i> (mm)		
	Minimum	povprečje	maksimum	minimum	povprečje	maksimum
<i>L. sinapis</i> (65)	1,35	1,56	1,66	0,52	0,62	0,76
<i>L. reali</i> (39)	1,73	1,9	2,07	0,70	0,82	0,96



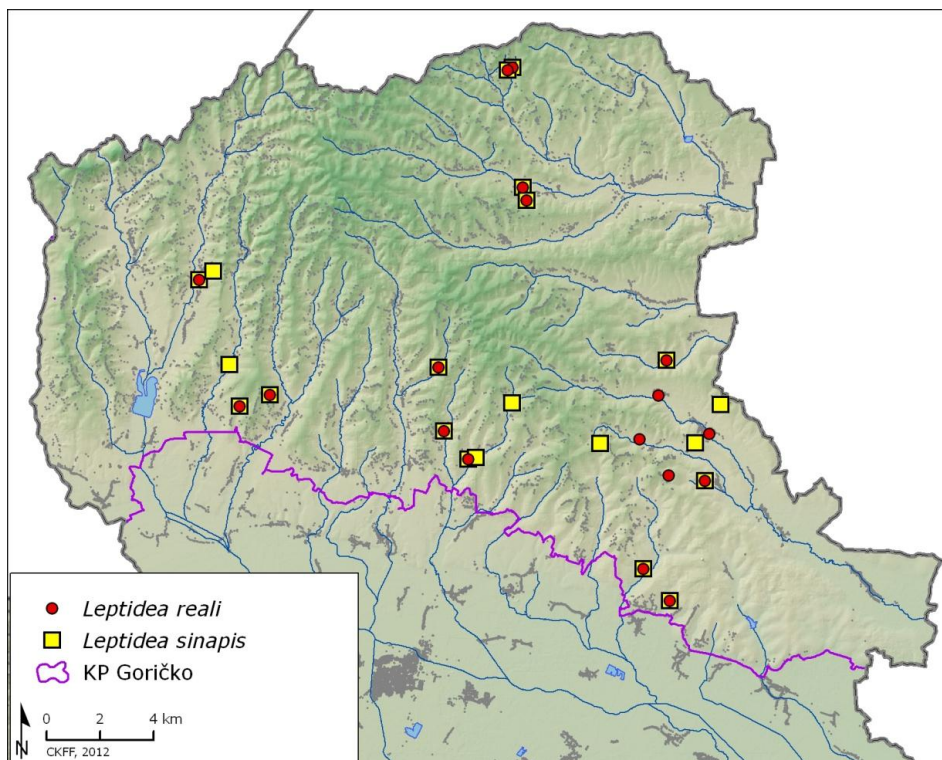
Slika 9: Razmerje med dolžino *aedeagus*-a in *saccus*-a pri samcih tretje generacije navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) z vzorčnih lokacij na Goričkem.

4.2 RAZŠIRJENOST IN POGOSTOST NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA NA GORIČKEM

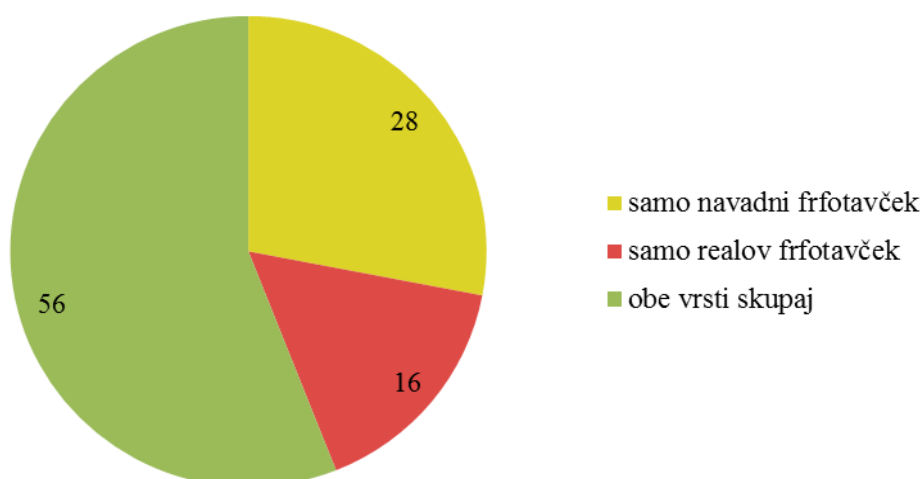
Obe vrsti se pojavljata na celotnem območju vzorčenja (slika 10). Na 14 (56 %) vzorčnih lokacijah sta se navadni in realov frfotavček pojavljala skupaj. Na 7 (28 %) lokacijah je bil prisoten samo navadni, na 4 (16 %) lokacijah pa samo realov frfotavček (slika 11).

Navadnega frfotavčka smo opazili na 21 vzorčnih lokacijah. Na 66,7 % teh lokacij je bil opažen tudi realov frfotavček, na 33,3 % vzorčnih lokacij pa je bil opažen samo navadni frfotavček, in sicer 38,7 % (31) vseh opaženih osebkov navadnega frfotavčka. Realov frfotavček je bil prisoten na 18 vzorčnih lokacijah. Na 77,8 % teh lokacij je bil poleg njega

opažen tudi navadni frfotavček, na 22,2 % vzorčnih lokacij pa je bil opažen samo realov, in sicer 31,8 % (14) vseh opaženih osebkov realovega frfotavčka.



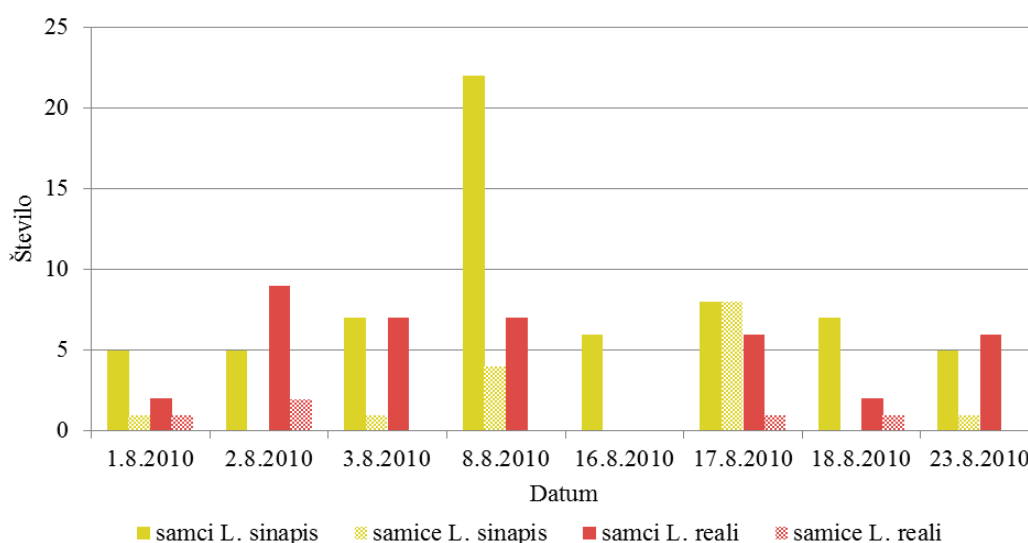
Slika 10: Vzorčne lokacije na Goričkem, na katerih so bili prisotni navadni (*Leptidea sinapis*) in realovi frfotavčki (*L. reali*).



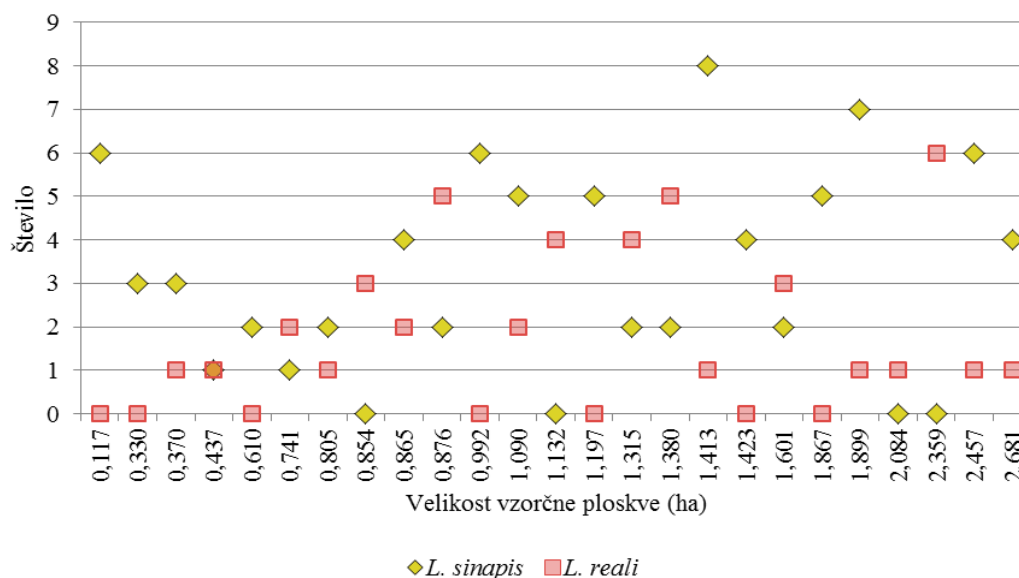
Slika 11: Delež lokacij glede na prisotnost navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) na Goričkem.

Zajeli smo tretjo generacijo frfotavčkov, ki se v Sloveniji običajno pojavlja v mesecu avgustu. Obe obravnavani vrsti sta se pojavljali skozi celotno obdobje terenskega dela (slika 12).

Velikost vzorčnih lokacij ni vplivala na skupno število ujetih osebkov obeh vrst ($r = 0,3$; $p > 0,05$) ali osebkov vsake vrste posebej (navadni frfotavček: $r = 0,1$; $p > 0,05$; realov frfotavček: $r = 0,2$; $p > 0,05$) (slika 13).



Slika 12: Število samcev in samic navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) na Goričkem po dnevih vzorčenja.



Slika 13: Število navadnih (*Leptidea sinapis*) in realovih frfotavčkov (*L. reali*) glede na velikost vzorčnih lokacij, obiskanih v avgustu 2010 na Goričkem.

4.3 HABITATNE PREFERENCE NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA NA GORIČKEM

V redundantno analizo je bilo vključenih 10 okoljskih lastnosti (glej poglavje 3.1) 36 lokacij (glej poglavje 3.1) ter število navadnih in realovih frfotavčkov na posamezni lokaciji (vsi podatki so podani v prilogi A).

Obe kanonični osi skupaj statistično značilno ($F = 2,67$; $p = 0,008$) pojasnita 44,2 % variance odnosa med okoljskimi dejavniki in številčnostjo navadnega in realovega frfotavčka. Od tega prva os pojasni 27,6 % variance (preglednica 5). Razlike v habitatnih preferencah med vrstama pojasni predvsem na podlagi zaraščanja ($r = 0,42$) oziroma pogoste košnje ($r = -0,31$) lokacij (preglednica 6). Pogosta košnja in zaraščanje lokacij sta medsebojno v močni negativni korelaciji ($r = -0,66$). Z naraščanjem vrednosti se po prvi osi povečuje delež zaraščenih površin na lokaciji in zmanjšuje delež površin, košenih večkrat letno (slika 14).

Druga kanonična os pojasni 16,5 % variance (preglednica 5) predvsem na podlagi velikosti vlažnih površin na lokacijah ($r = 0,51$), deleža vlažnih površin v 100-metrski okolici lokacij ($r = 0,45$) in deleža gozdnega roba ($r = -0,31$), s katerim je v negativni korelaciji (preglednica 6). Velikost vlažne površine na lokaciji ima velik vpliv na pojavljanje obravnavanih vrst (slika 14). Delež površine, ki je košena enkrat na leto ali enkrat na dve leti, skoraj nima vpliva na pojavljanje navadnega in realovega frfotavčka ($r = 0,05$) (slika 14) na lokaciji. Prva in druga os skupaj pojasnita 44,2 % variance odnosa med okoljskimi dejavniki in številčnostjo navadnega in realovega frfotavčka (preglednica 5).

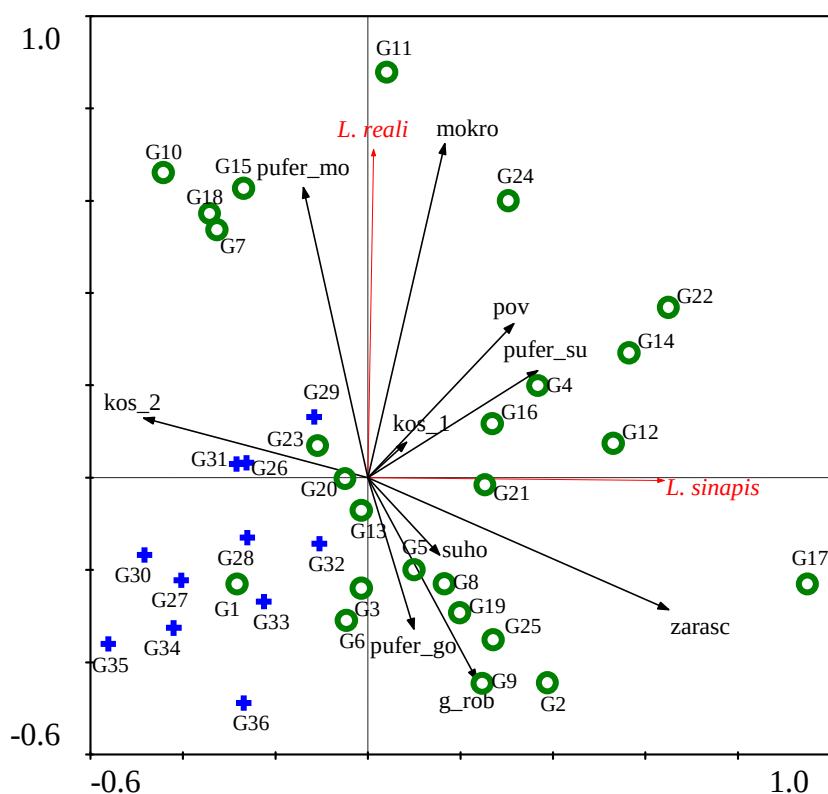
Preglednica 5: Rezultati redundantne analize (RDA) 10 okoljskih lastnosti in števila navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) na 36 lokacijah na Goričkem; lastni vrednosti prvih dveh kanoničnih osi, odstotki pojasnjene variance in korelacijski koeficienti med vrstama in okoljskimi lastnostmi.

Os	1	2
lastna vrednost	0.276	0.165
kumulativni odstotek pojasnjene variance	27.6 %	44.2 %
korelacijski koeficient vrste - okoljske lastnosti	0.641	0.710

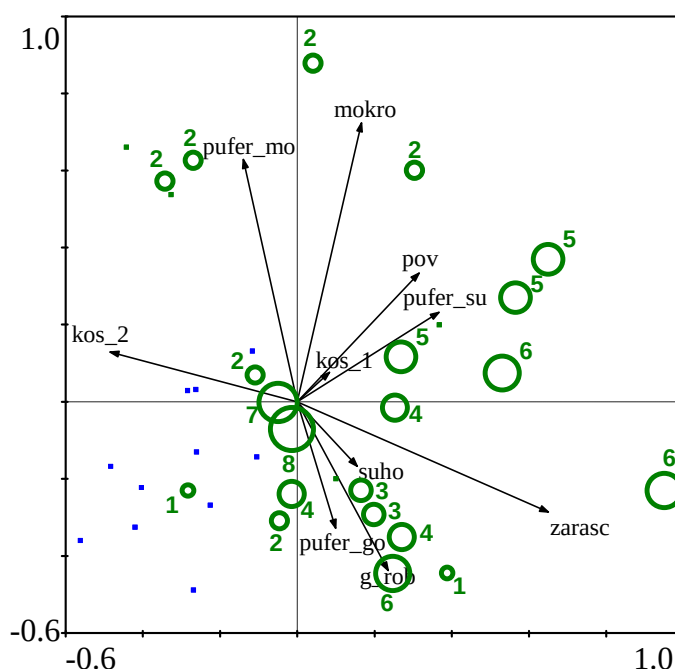
Večina lokacij, na katerih v avgustu 2010 nismo opazili nobenega frfotavčka, je v negativni korelaciji z obema kanoničnima osema (slika 14). Te lokacije so košene dvakrat ali večkrat letno ter se ne zaraščajo z lesnimi vrstami. Večino teh lokacij smo opredelili kot suhe površine.

Preglednica 6: Korelacijski koeficienti med prvima dvema vrstnima osema redundantne analize (VRS os 1, VRS os 2) ter 10 okoljskimi lastnostmi 36 lokacij na Goričkem.

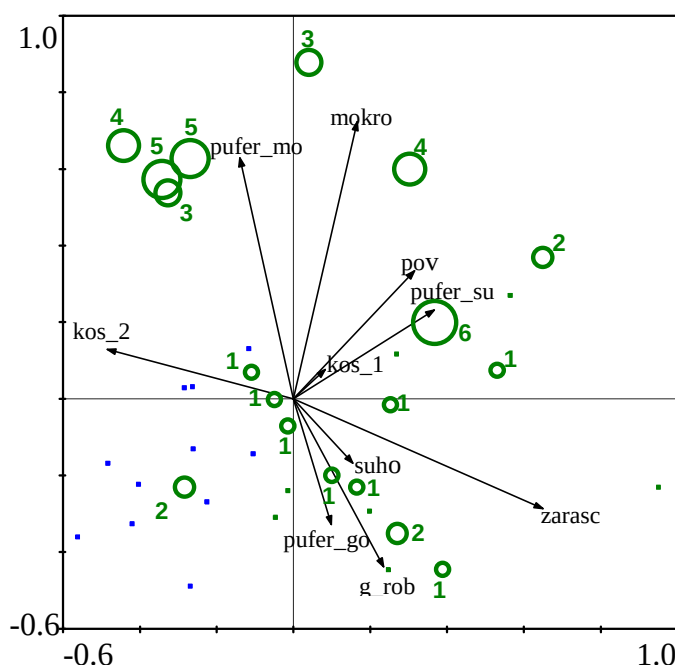
	VRS os 1	VRS os 2
VRS os 1	1	
VRS os 2	-0.0968	1
vlažne površine (mokro)	0.1063	0.5133
suhe površine (suho)	0.0992	-0.1189
površine, košene dvakrat ali večkrat letno (kos_2)	-0.3109	0.0916
površine, košene enkrat letno ali enkrat na dve leti (kos_1)	0.0535	0.0544
površine, ki se zaraščajo z lesnimi vrstami (zarasc)	0.4166	-0.2034
delež gozdnega roba (g_rob)	0.1506	-0.3110
površina vzorčne lokacije (pov)	0.2019	0.2371
delež gozda v pufrskem pasu (pufer_go)	0.0635	-0.2328
delež suhih travnikov v pufrskem pasu (pufer_su)	0.2353	0.1648
delež vlažnih travnikov v pufrskem pasu (pufer_mo)	-0.0893	0.4461



Slika 14: Ordinacijski diagram redundantne analize pojavljanja navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega (*L. reali*) frfotavčka (rdeče puščice) glede na 10 okoljskih lastnosti na 36 lokacijah na Goričkem. Črne puščice predstavljajo lastnosti lokacij (za opis kratic glej preglednico 6 in prilogo C). Zeleni krogi predstavljajo razporeditev lokacij (25), na katerih smo frfotavčke našli, modri plusi pa razporeditev lokacij (11), na katerih frfotavčkov nismo opazili, glede na prvo in drugo os redundantne analize.

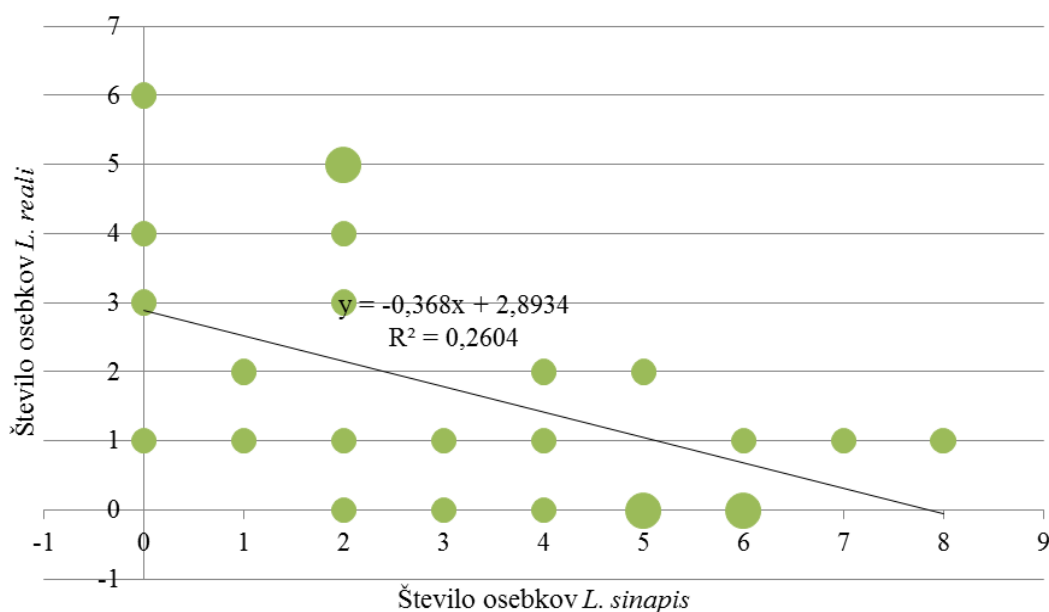


Slika 15: Razporeditev števila ujetih navadnih frfotavčkov (*Leptidea sinapis*) po vzorčnih lokacijah (25) na Goričkem. Zelene krožnice predstavljajo vzorčne lokacije, razporejene glede na prvi dve osi redundantne analize, številka poleg pa število tam ujetih frfotavčkov. Črne puščice predstavljajo lastnosti lokacij (za opis kratic glej preglednico 6 in prilogo C). Točke predstavljajo lokacije, na katerih ulova navadnega frfotavčka ni bilo, z modro barvo so označene lokacije, na katerih nismo opazili niti navadnega niti realovega frfotavčka (*L. reali*).



Slika 16: Razporeditev števila ujetih realovih frfotavčkov (*Leptidea reali*) po vzorčnih lokacijah (25) na Goričkem. Zelene krožnice predstavljajo vzorčne lokacije, razporejene glede na prvi dve osi redundantne analize, številka poleg pa število tam ujetih frfotavčkov. Črne puščice predstavljajo lastnosti lokacij (za opis kratic glej preglednico 6 in prilogo C). Točke predstavljajo lokacije, na katerih ulova realovega frfotavčka ni bilo, z modro barvo so označene lokacije, na katerih nismo opazili niti realovega niti navadnega frfotavčka (*L. sinapis*).

Številčnost navadnega frfotavčka je statistično značilno povezana z dejavniki, ki so v korelaciji s prvo kanonično osjo (sliki 14 in 15), torej predvsem z deležem zaraščenih površin na vzorčni lokaciji ($r = 0,4$; $p < 0,05$), ni pa statistično odvisna od velikosti vlažnih površin ($r = 0,1$; $p > 0,05$). Po drugi strani je številčnost realovega frfotavčka statistično značilno povezana z dejavniki, ki so v korelaciji z drugo kanonično osjo (sliki 14 in 16), torej ravno z velikostjo vlažnih površin na vzorčnih lokacijah ($r = 0,5$; $p < 0,05$). Število realovih in navadnih frfotavčkov, ujetih na posamezni vzorčni lokaciji, sta statistično značilno negativno korelirana ($r = -0,5$; $p < 0,05$) (slika 17).



Slika 17: Razmerje med številoma ujetih navadnih (*Leptidea sinapis*) in realovih frfotavčkov (*L. reali*) na posamezni vzorčni lokaciji na Goričkem. Manjši znak: ena vzorčno lokacija, večji znak: dve vzorčni lokaciji.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 DOLOČITEV UJETIH FRFOTAVČKOV IN DOLŽINE STRUKTUR GENITALNEGA APARATA NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA

Vrstno pripadnost ulovljenih osebkov smo določili na podlagi dolžin *aedeagus*-a in *saccus*-a pri samcih in *ductus bursae* pri samicah in jih primerjali s podatki iz literature (Cupedo in Hoen 2006, Fumi 2008, Lorković 1993). Navedbe dolžin posameznih delov genitalnega aparata se med posameznimi avtorji nekoliko razlikujejo (preglednici 7 in 8).

Fumi (2008) navaja, da se samice navadnega in realovega frfotavčka jasno ločijo glede na dolžino *ductus bursae* in da je to zanesljiv določevalni znak. Tudi v našem primeru je bila ta dolžina pri 5 samicah bistveno večja kot pri ostalih 15 samicah, zato smo lahko prve nedvoumno določili kot realove, slednje pa kot navadne frfotavčke (slika 8, preglednici 4 in 8).

Fumi (2008) priporoča, da za zanesljivo določitev samcev navadnega in realovega frfotavčka poleg dolžine *saccus*-a in *aedeagus*-a uporabimo tudi dolžino *uncus*-a in širino *vinculum*-a. Nam je vse samce uspelo določiti na podlagi dolžine *aedeagus*-a, saj se razpona te vrednosti navadnega in realovega frfotavčka nista prekrivala in je bil interval med njima dovolj velik, da je omogočil zanesljivo določitev vseh osebkov. Določitev na podlagi te meritve pa smo potrdili z izrisom razmerja dolžin *aedeagus*-a in *saccus*-a na razsevnem diagramu, kjer sta jasno vidni ločeni vrsti, navadni in realov frfotavček (slika 9). Zato nam ostalih meritev (širine *vinculum*-a in dolžine *uncus*-a) ni bilo treba vključiti v določitev. Meritve širine *vinculum*-a in dolžine *uncus*-a so po našem mnenju potrebne samo v primeru osebkov z mejnimi vrednostmi dolžine *aedeagus*-a in *saccus*-a, pri katerih določitev le na podlagi slednjih dveh meritev ni zanesljiva. Na vsakem območju, na katerem opravimo vzorčenje frfotavčkov, bi bilo zato najprej priporočljivo izmeriti dolžine *aedeagus*-a in *saccus*-a vzorčenih osebkov in, na podlagi grafa razmerij med njima (slika 9), preveriti prisotnost »mejnih« osebkov, ki bi zahtevali dodatne meritve.

Razlike med meritvami posameznih avtorjev (preglednici 7 in 8) so verjetno posledica variabilnosti genitalnega aparata, saj so mere, tako kot pri vseh morfoloških znakih, odvisne od mnogih, predvsem okoljskih, dejavnikov, kot so nadmorska višina, temperatura, vlažnost in podobno (Mazel in Leestmans 1999b). Obstajajo tudi prehodi med geografskimi in sezonskimi variacijami, ki otežujejo ločevanje tako sorodnih vrst, kot sta navadni in realov frfotavček, samo na podlagi enega morfološkega znaka (Lorković 1993, Mazel in Leestmans 1996).

Verjetno do razlik v podanih dolžinah genitalnega aparata prihaja tudi zaradi različnih metod merjenja. Lorković (1993) sploh ne navaja, na kakšen način so bile opravljene meritve genitalnega aparata, medtem ko Fumi (2008) dokaj jasno opredeli referenčne točke

za merjenje posameznih delov genitalnega aparata tako pri samcih kot samicah (slika 6). Mi smo uporabljali Fumi-jev način meritve, zato naših rezultatov nismo mogli primerjati z meritvami, ki jih je opravil Glogovčan (2004). Slednji je *aedeagus* meril s pomočjo lomljene krivulje. Ker je *aedeagus* med vsemi merjenimi strukturami najdaljši in tudi najbolj ukrivljen, pride pri različnih tipih meritev tudi do največjih razlik.

Med samicami navadnega frfotavčka in samci realovega prihaja do občasne hibridizacije (Verovnik in Glogovčan 2007). Možne hibridne cone so po vsej Evropi, kjer se vrsti pojavljata simpatrično in sintopo. Hibridizacija med tema dvema vrstama pa je očitno zelo redka (Verovnik in Glogovčan 2007). Sami med 124 vzorčenimi in izmerjenimi osebki nismo zasledili nobenega, ki bi ga na podlagi morfologije genitalij lahko obravnavali kot hibrid.

5.1.1 Dolžine struktur genitalnega aparata samcev

Rezultati naših meritev kažejo precejšnjo razliko med dolžinami *aedeagus*-a navadnega in realovega frfotavčka, vrednosti dolžin *saccus*-a obeh vrst pa se nekoliko medsebojno prekrivajo (preglednici 4 in 7).

Pri navadnem frfotavčku so najdaljše *aedeagus*-e izmerili v Italiji, in sicer tako maksimalno (1,89 mm) kot povprečno dolžino (1,69 mm). Izmerili so genitalne strukture kar pri 227 osebkih te vrste (Fumi 2008). Najkrajši *aedeagus* (1,33 mm) navadnega frfotavčka in najnižje povprečje dolžin (1,50 mm) so bili izmerjeni na Hrvaškem, kjer so obravnavali 35 samcev te vrste (Lorković 1993). Naše meritve so bolj podobne meritvam Lorkovića (preglednica 7).

Zelo podobno je stanje pri vrednostih *aedeagus*-a realovega frfotavčka. V Italiji so izmerili genitalne strukture 63 samcev (Fumi 2008), na Hrvaškem pa 40 samcev te vrste (Lorković 1993). Pri obeh vrstah so povprečne vrednosti dolžine *aedeagus*-a osebkov iz Italije za skoraj 0,2 mm višje kot povprečne vrednosti osebkov s Hrvaške (preglednica 7).

Pri 10 osebkih navadnega frfotavčka iz Španije in petih osebkih realovega frfotavčka iz Pirenejev (preglednica 7) se izmerjene vrednosti dolžine *aedeagus*-a nahajajo med vrednostmi osebkov s Hrvaške in iz Italije (Lorković 1993).

Vrednosti naših meritev *aedeagus*-a samcev navadnega frfotavčka najbolj sovpadajo z vrednostmi meritev pri osebkih iz Španije, čeprav tudi ne odstopajo veliko od podatkov s Hrvaške. Precejšnja pa je razlika z osebki iz Italije, saj naše maksimalne vrednosti ne dosegajo niti povprečja slednjih (preglednica 7). Razlog za take razlike je lahko napaka pri merjenju, precejšnja razlika v številu pregledanih osebkov ali pa variabilnost na račun okoljskih dejavnikov (nadmorske višine, temperature, vlažnosti). Žal točnih podatkov o lokacijah, kjer so bili vzorčeni izmerjeni osebki iz Italije, Španije in s Hrvaške, nimamo.

Preglednica 7: Opisna statistika značilnih dolžin *aedeagus*-a in *saccus*-a samcev navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*). Poleg vrste je v oklepaju navedeno število izmerjenih osebkov. Min. – minimum, povp. – povprečje, maks. – maksimum. Viri: Lorković 1993, Fumi 2008, Cupedo in Hoen 2006.

		<i>aedeagus</i> (mm)			<i>saccus</i> (mm)		
		min.	povp.	maks.	min.	povp.	maks.
Hrvaška	<i>L. sinapis</i> (35)	1,33	1,50	1,60	0,50	0,60	0,72
	<i>L. reali</i> (40)	1,64	1,82	2,02	0,65	0,81	1,05
Španija	<i>L. sinapis</i> (10)	1,37	1,56	1,70	0,58	0,65	0,77
Pireneji	<i>L. reali</i> (5)	1,82	1,96	2,10	0,73	0,94	1,00
Italija	<i>L. sinapis</i> (227)	1,48	1,69	1,89	0,52	0,65	0,81
	<i>L. reali</i> (63)	1,88	2,02	2,16	0,77	0,91	1,04
Nizozemska	<i>L. sinapis</i> (146)	1,31	/	1,70	0,36	/	0,70
	<i>L. reali</i> (16)	1,76	/	2,05	0,65	/	1,00
Goričko	<i>L. sinapis</i> (65)	1,35	1,56	1,66	0,52	0,62	0,76
	<i>L. reali</i> (39)	1,73	1,90	2,07	0,70	0,82	0,96

Med vsemi podatki izstopajo meritve iz Italije tudi zato, ker se samo tam dolžine *aedeagus*-a obeh vrst nekoliko (v intervalu 1,88–1,89 mm) prekrivajo (Fumi 2008). Pri podatkih iz ostalih virov je maksimalna dolžina *aedeagus*-a navadnega frfotavčka najmanj za 0,04 mm manjša od minimalne dolžine *aedeagus*-a realovega (Lorković 1993, Cupedo in Hoen 2006). V našem primeru znaša ta razlika kar 0,07 mm (preglednici 4 in 7).

Razlike med posameznimi avtorji so sicer tudi pri meritvah dolžine *saccus*-a, a manjše kot pri dolžinah *aedeagus*-a. Predvsem pri navadnem frfotavčku so si podatki o dolžini *saccus*-a z vseh območij podobni. Nekoliko večje so razlike v dolžinah *saccus*-a realovega frfotavčka. *Saccus* je krajši od *aedeagus*-a in ni ukrivljen, zato so lahko meritve tega dela genitalnega aparata po Fumi-ju (slika 6) primerljive tudi z meritvami, pridobljenimi z lomljeno krivuljo. To bi lahko bil eden od razlogov za manjše razlike med rezultati meritev različnih avtorjev kot pri *aedeagus*-u, vendar nimamo točnih podatkov o načinu merjenja vseh avtorjev.

V vseh virih poročajo o prekrivanju maksimalnih dolžin *saccus*-a pri navadnem in minimalnih dolžin *saccus*-a pri realovem frfotavčku. Največje prekrivanje je bilo izmerjeno na Hrvaškem, kjer se vrednosti prekrivajo kar v intervalu 0,07 mm. V ostalih virih je največji interval, v katerem se izmerjene dolžine prekrivajo, 0,04 mm. Dolžine *saccus*-a naših frfotavčkov se prekrivajo v intervalu 0,70 – 0,76 mm (preglednica 7).

Zaradi korelacije med dolžino *aedeagus*-a in *saccus*-a (Lorković 1993) bi pričakovali, da bodo med našimi in osebk, izmerjenimi v Italiji, razlike velike tudi v dolžini *saccus*-a.

Presenetljivo so te razlike manjše kot pri *aedeagus*-u, čeprav smo meritve opravljali na isti način (slika 6).

5.1.2 Dolžine struktur genitalnega aparata samic

Naše vrednosti za dolžino *ductus bursae* samic navadnega frfotavčka so bolj podobne podatkom iz Italije, vrednosti za samice s Hrvaške pa so nekoliko nižje od naših. Hrvaškim meritvam so bolj podobne meritve z Nizozemske (preglednica 8).

Pri samicah realovega frfotavčka so si meritve iz različnih območij zelo podobne (preglednica 8), nekoliko ponovno izstopajo le osebk iz Italije, kjer maksimalna dolžina *ductus bursae* kar za 0,12 mm presega maksimum hrvaških in za 0,15 mm maksimum samic z Goriškega. Je pa res, da je vključeval naš vzorec le 5 samic realovega frfotavčka.

Preglednica 8: Opisna statistika značilnih dolžin *ductus bursae* samic navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*). Poleg vrste je v oklepaju navedeno število izmerjenih osebkov. Min. – minimum, povp. – povprečje, maks. – maksimum. Viri: Lorković 1993, Fumi 2008, Cupedo in Hoen 2006.

		<i>ductus bursae</i> (mm)		
		min.	povp.	maks.
Hrvaška	<i>L. sinapis</i> (17)	0,48	0,56	0,64
	<i>L. reali</i> (24)	0,77	0,91	1,01
Španija	<i>L. sinapis</i> (3)	0,63	0,64	0,65
Pireneji	<i>L. reali</i> (7)	0,80	0,91	0,96
Italija	<i>L. sinapis</i> (103)	0,56	0,64	0,74
	<i>L. reali</i> (44)	0,84	0,98	1,13
Nizozemska	<i>L. sinapis</i> (36)	0,51	/	0,65
	<i>L. reali</i> (3)	0,86	/	0,90
Goričko	<i>L. sinapis</i> (15)	0,56	0,63	0,72
	<i>L. reali</i> (5)	0,85	0,92	0,98

Ker so se naše meritve pri samcih navadnih frfotavčkov najbolj razlikovale od meritev osebkov iz Italije, smo pričakovali podobne razlike tudi pri samicah. Ker je situacija ravno nasprotna, sklepamo, da je do napak verjetno prišlo pri merjenju *aedeagus*-a samcev. Če bi bile razlog za razlike v dolžini *aedeagus*-a med našimi in italijanskimi osebki različne geografske lastnosti vzorčnih lokacij, bi podobne razlike pričakovali tudi v dolžini *ductus bursae* samic s teh območij.

5.2 RAZŠIRJENOST, POGOSTOST IN HABITATNE PREFERENCE NAVADNEGA IN REALOVEGA FRFOTAVČKA NA GORIČKEM

Iz prisotnosti kompleksa vrst navadnega in realovega frfotavčka (85,3 % lokacij razporejenih po celotnem Goričkem), ki smo jo na Goričkem zabeležili v avgustu 2010, sklepamo, da sta obe vrsti splošno razširjeni na celotnem območju Krajinskega parka Goričko.

Ker smo bili na posamezni lokaciji le omejen čas (nikoli več kot eno uro), bi verjetno v primeru dolgotrajnejšega opazovanja (več kot eno uro), lahko opazili vsaj kakšnega frfotavčka tudi na lokacijah, kjer jih v omejenem času opazovanja nismo. Kot ostali metulji so namreč tudi frfotavčki mobilni in niso ves čas vezani le na določeno, omejeno območje. V analizi habitatov smo namreč ugotovili tudi povezavo med številčnostjo posamezne vrste in lastnostmi površin v 100-metrskem puferskem pasu okoli obiskanih lokacij.

Za frfotavčke je značilno, da so samice manj mobilne in večino časa posedajo na rastlinju, medtem ko samci več letajo in iščejo samice, ki so se pripravljene pariti (Ebert in Rennwald 1991). Na vzorčnih lokacijah frfotavčkov nismo aktivno iskali, ampak smo vzorčili le tiste, ki smo jih opazili med časovno omejenim (0,5 – 1 uro) obiskom lokacije. Zato lahko sklepamo, da je prevladujoč delež samcev (navadni frfotavček 81,25 %, realov frfotavček 88,64 %) predvsem posledica spregledanosti samic zaradi njihove manjše mobilnosti.

Na območju Slovenije (Verovnik in Glogovčan 2007) se, tako kot v večjem delu Evrope (Beneš in sod. 2003, Martin in sod. 2003, Frieberg in sod. 2008b), navadni in realov frfotavček pojavljata simpatrično, na določenih območjih pa celo sintopo. Podobno smo ugotovili na Goričkem, kjer se vrsti sintopo pojavljata na 56 % vseh vzorčnih lokacij. Sintopost smo pričakovali predvsem zaradi razgibanega površja in velike pestrosti habitatov. Na Goričkem se namreč prepletajo mokrotni travniki v dolinah potokov in suhi na pobočjih gričev, vendar so vse travniške površine še dodatno razdrobljene zaradi gozda, ki porašča precejšen del območja.

Kljub zgoraj obravnavani sintoposti sta vrsti različno pogosti na različnih tipih travnikov. Število ulovljenih frfotavčkov ni bilo odvisno od velikosti vzorčne lokacije (slika 13), pač pa od površine vlažnega oz. suhega habitata, kar kaže na to, da je pogostost obeh vrst odvisna od okoljskih lastnosti vzorčne lokacije ter njene okolice v 100-metrskem puferskem pasu (slike 14, 15 in 16). Obe vrsti pa sta bili približno enako pogosti na lokacijah, kjer smo ulovili le eno od vrst v primerjavi z lokacijami, kjer sta bili prisotni skupaj.

Podatki iz različnih delov Evrope sicer kažejo na precejšnje razlike v habitatnih preferencah navadnega in realovega frfotavčka, a jih težko primerjamo med seboj zaradi različnega pristopa k ugotavljanju habitatnih preferenc, predvsem na račun različnih

parametrov, vključenih v analize (Beneš in sod. 2003, Sachanowicz in sod. 2011). Beneš in sod. (2003) so se osredotočili predvsem na vlažnost oziroma suhost habitatov, medtem ko so Sachanowicz in sod. (2011) poleg vlažnosti vključili v analize tudi bližino gozda.

V splošnem naj bi veljalo, da je realov frfotavček pogostejši v centralni Evropi (Češka, Poljska), kjer je, v primerjavi z navadnim frfotavčkom, večji generalist in poseljuje praktično vse tipe habitatov (Beneš in sod. 2003, Sachanowicz in sod. 2011). V mediteranski regiji je pogostejši in bolj splošno razširjen navadni frfotavček, realov pa se pojavlja le na vlažnejših in hladnejših območjih (Vila in sod. 2003, Amiet 2004).

Podatki s Hrvaške kažejo, da je realov frfotavček bolj vezan na vlažne travnike. Lorković (1993) to povezuje z dejstvom, da travniški grahor (*L. pratensis*), ki je ena pomembnejših hranilnih rastlin gosenic realovega frfotavčka, na tem območju uspeva predvsem v vlažnih habitatih. Nasprotno Friberg in sod. (2008a) navajajo, da izbira hranilnih rastlin navadnega in realovega frfotavčka ne pogojuje izbire habitata; frfotavčki najprej izberejo habitat in nato tam iščejo hranilne rastline.

V analizo habitatnih preferenc navadnega in realovega frfotavčka smo želeli vključiti čim več okoljskih lastnosti, ki bi lahko vplivale na pojavljanje obravnavanih vrst. Uporabili smo tako tip habitata na vzorčnih lokacijah glede na vlažnost kot tudi pogostost košnje in bližino gozda. S pogostostjo košnje smo želeli opredeliti intenzivnost rabe travnikov. Poleg lastnosti vzorčnih lokacij pa smo v analizo vključili tudi delež vlažnih, suhih in gozdnih površin v njihovi bližnji (100-metrski) okolici.

Izkazalo se je, da je na Goričkem navadni frfotavček večji generalist. Na njegovo prisotnost vlažnost vzorčnih lokacij ne vpliva, pač pa na njegovo prisotnost in številčnost vpliva pogostost košnje travnikov. Pogostejši je na območjih z večjim deležem zaraščajočih se površin, na pogosto košenih travnikih pa je večinoma prisoten v manjšem številu. Glede na to bi sklepali, da na njegovo pojavljanje vplivata tudi delež gozdnega roba in pa delež gozda v okolici vzorčnega območja, vendar naši podatki ne kažejo te povezave (sliki 14 in 15).

Realov frfotavček je na Goričkem bolj specializiran. Pogostejši je na območjih, kjer je več vlažnih površin, medtem ko delež zaraščenih površin nima vpliva na njegovo prisotnost. Se pa kaže določena preferenca realovega frfotavčka za bolj odprte vlažne travnike z manj gozdnega roba (sliki 14 in 16).

Kljub temu, da se vrsti na Goričkem v veliki meri pojavljata sintopo (slika 11), je med številčnostjo ene in druge, na posamezni vzorčni lokaciji, statistično značilna negativna korelacija (slika 17). To nakazuje optimalnost vsake vzorčne lokacije le za eno izmed vrst. Vrsti se torej do neke mere izključujeta. Menimo, da so glavni dejavniki za izključevanje predvsem prisotnost gozda oziroma gozdnega roba, velikost suhih površin ter delež zaraščajočih se površin na posameznem območju. Tako na prisotnost navadnega frfotavčka

(sliki 14 in 15) vlažnost oz. suhost habitata nima velikega vpliva, je pa to precej pomemben faktor za prisotnost realovega (sliki 14 in 16). Ravno obratno velja za delež zaraščenih površin, ki nima vpliva na pojavljanje realovega frfotavčka, pozitivno pa vpliva na prisotnost navadnega. Večji delež gozdnega roba in gozda v okolici sicer izključujeta realovega frfotavčka, a ne favorizirata navadnega.

Večino od 11 lokacij, na katerih v avgustu 2010 nismo opazili frfotavčkov, smo opredelili kot suhe in pogosto košene (dvakrat ali večkrat letno) lokacije. Štiri lokacije so bile opredeljene kot pretežno vlažne, nobena pa se ni zaraščala z lesnimi vrstami (priloga A). Odsotnost navadnega frfotavčka se torej ujema z našo ugotovitvijo o negativni korelaciji med njegovo pogostostjo in deležem pogosto košenih površin na posamezni lokaciji. V tem pogledu je navadni frfotavček bolj specializiran na manjkrat košena in že zaraščajoča območja, realov pa je večji generalist glede na pogostost košnje; niti delež zaraščajočih se niti delež pogosto košenih površin ne vplivata na njegovo pogostost statistično značilno. Kljub temu, da je bila večina lokacij (64 %), na katerih nismo opazili frfotavčkov, opredeljenih kot pretežno suhih, ta lastnost ne vpliva na prisotnost obravnavanih vrst statistično značilno. Glede na te rezultate težko z gotovostjo trdimo, da se obravnavani vrsti sploh ne pojavljata na določenih tipih travnikov, izgleda pa, da so pogosto košeni in suhi travniki manj primerni za navadnega in realovega frfotavčka.

Goričko ima najbolj celinsko podnebje v Sloveniji (Perko in Orožen Adamič 2001), zato je bolj smiselno primerjati Goričko s celinsko kot z mediteransko Evropo. V celinski Evropi je pogostejši in bolj splošno razširjen realov frfotavček, na mediteranskih območjih pa je pogostejši navadni frfotavček. Verovnik in Glogovčan (2007) navajata, da je v celinski Sloveniji (Ljubljansko barje), kjer se vrsti pojavljata sintopo, pogostejši realov frfotavček, v mediteranskem delu države (Tinjan) pa sta določila le navadne. Območje Tinjana poraščajo predvsem kserofilni travniki, na Ljubljanskem barju pa prevladujejo vlažne površine. Geografsko najbližja je Goričkemu raziskava v Lendavskih gorah (SV Slovenija). Tam so na prisojnih pobočjih vinogradniške pokrajine ugodne razmere za uspevanje termofilnih rastlin. Opazili so več osebkov navadnega frfotavčka, ki se je v primerjavi z realovim pojavljal tudi na večjem številu lokacij (Kocon 2010).

Na podlagi naših rezultatov ne moremo z gotovostjo trditi, da je tretja generacija katere od obravnavanih vrst na Goričkem pogostejša. V ta namen bi morali opraviti vzorčenje večjega števila osebkov na več lokacijah. Ujeli, in kasneje določili, smo sicer skoraj dvakrat več navadnih (80) kot realovih (44) frfotavčkov, vendar je bilo to pričakovano glede na nekoliko manjši delež (40 % skupne površine vseh vzorčnih lokacij) vzorčenih vlažnih travnikov. Glede na podatke o celo nekoliko večjem celokupnem deležu vlažnih travnikov na Goričkem (Kaligarič in sod. 2003) ne bi bilo presenetljivo, če bi bil tu realov frfotavček celo pogostejši od navadnega.

Na Goričkem ne najdemo velikih kompleksov suhih travnikov, saj so suha pobočja večinoma obdelana ali pa porasla z gozdom, medtem ko so v nekaterih dolinah večje

površine vlažnih travnikov, ki niso pogosto košeni (Perko in Orožen Adamič 2001, Verovnik 2002). Veliko o razdrobljenosti habitatov na Goričkem pove tudi dejstvo, da je v 100-metrskem pasu okoli naših vzorčnih lokacij praktično vedno prisoten drug tip travnika kot na vzorčni lokaciji. Sto metrov za metulje ne predstavlja velike razdalje. Zaradi opuščanja košnje se nekateri travniki na Goričkem zaraščajo z lesnimi vrstami, kar še povečuje mozaičnost krajine. Prav zaradi slednje sta verjetno obe vrsti prisotni na celotnem območju in verjetno tudi približno enako pogosti.

5.3 SKLEPI

- Na Goričkem sta simpatrično, in ponekod tudi sintopo, prisotna tako navadni (*Leptidea sinapis*) kot realov frfotavček (*L. reali*). Njuna sintopost je predvsem posledica razgibanega površja in razdrobljenosti habitatnih tipov na tem območju.
- Za ločevanje navadnega in realovega frfotavčka je meritev delov genitalnega aparata, dolžine *aedeagus*-a in *saccus*-a pri samcih in dolžine *ductus bursae* pri samicah, primerna metoda. Vse osebkke smo uspeli določiti na podlagi teh dolžin neodvisno od primerjave s podatki iz ostalih delov Evrope.
- Ob meritvi delov genitalnega aparata nismo opazili morebitnih križancev med obema vrstama.
- Samci navadnega in realovega frfotavčka so zaradi večje mobilnosti lažje opazni kot samice, zato so bili pogostejše ujeti od samic.
- Navadni in realov frfotavček se na Goričkem nekoliko razlikujeta v habitatnih preferencah, obe pa se redkeje oziroma v manjšem številu pojavljata na suhih in pogosto košenih travnikih.
- Realov frfotavček je pogostejši na vlažnih travnikih oziroma na območjih, kjer je več vlažnih površin. Vlažnost/suhost površin pa ne vpliva na prisotnost navadnega frfotavčka.
- Navadni frfotavček je sicer pogostejši na območjih z večjim deležem zaraščajočih se površin, a delež gozda v okolici na njegovo pojavljanje ne vpliva. Realov frfotavček je pogostejši na bolj odprtih travnikih z manj gozdnega roba in manjšim deležem gozda v okolici.
- Realov frfotavček je na Goričkem sicer večji specialist od navadnega, zaradi večjega deleža vlažnih travniških površin, na katere je vezan, pa sta vrsti na tem območju verjetno približno enako pogosti.
- Navadni in realov frfotavček se delno izključujeta, saj je opazna negativna korelacija med številčnostjo ene in druge vrste na lokacijah, kjer se pojavljata sintopo. Prevlada ene od vrst na določeni lokaciji je posledica okoljskih lastnosti lokacije in njene okolice (vlažnosti, zaraščenosti, bližine gozda in podobno).

6 POVZETEK

Navadni (*Leptidea sinapis*) in realov frfotavček (*L. reali*) sta ozko sorodni vrsti dnevnih metuljev, ki ju kot ločeni vrsti obravnavamo šele od leta 1989. Po morfoloških znakih ju praktično ne moremo razlikovati, za zanesljivo določitev vrste so potrebne meritve delov genitalnega aparata. Prav zato je o njuni ekologiji znanega precej manj kot o ekologiji ostalih vrst evropskih dnevnih metuljev.

Različne raziskave (Vila in sod. 2003, Beneš in sod. 2003, Amiet 2004, Friberg in sod. 2008b, Sachanowicz in sod. 2011) so pokazale, da imata vrsti nekoliko različne habitatne preference, ki se v različnih delih Evrope medsebojno razlikujejo. Realov frfotavček naj bi bil pogostejši v celinski Evropi, kjer je v primerjavi z navadnim frfotavčkom večji generalist in poseljuje praktično vse tipe habitatov (Beneš in sod. 2003, Sachanowicz in sod. 2011). V mediteranskem delu Evrope je pogostejši in bolj splošno razširjen navadni frfotavček, realov frfotavček pa se tu pojavlja le na vlažnejših in hladnejših območjih (Vila in sod. 2003, Amiet 2004).

V osrednji Sloveniji, s celinskim podnebjem, je pogostejši realov frfotavček, v obalnem delu, kjer prevladujejo predvsem suhe travniške površine, pa je pogostejši navadni frfotavček (Verovnik in Glogovčan 2007).

Zanimalo nas je, kakšne so habitatne preference navadnega in realovega frfotavčka na območju Krajinskega parka Goričko. To območje ima najbolj celinsko podnebje v Sloveniji, površje pa je precej razgibano, z vlažnimi travniki v dolinah potokov in bolj suhimi travniki na pobočjih oziroma vrhovih gričev (Perko in Orožen Adamič 2001).

Terensko delo smo opravili na območju Krajinskega parka Goričko v avgustu 2010. Pregledali smo 75 lokacij, na katerih smo beležili prisotnost kompleksa obravnavanih vrst (*Leptidea sinapis/reali*). Na 25 lokacijah smo opravili tudi vzorčenje frfotavčkov. Usmrtili smo 127 frfotavčkov, ki smo jih nato določili na podlagi dolžin genitalnih struktur: *aedeagus*-a in *saccus*-a pri samcih in *ductus bursae* pri samicah.

Določili smo 80 navadnih (od tega 81,3 % samcev) in 44 realovih (od tega 88,6 % samcev) frfotavčkov. Obe vrsti sta bili prisotni na večjem delu obravnavanega območja, skupaj pa sta se pojavljali kar na 56 % vzorčnih lokacij.

S pomočjo redundantne analize, v katero smo vključili število osebkov posamezne vrste in okoljske lastnosti na vzorčnih lokacijah ter lokacijah, na katerih frfotavčkov nismo opazili, smo ugotovili, da je na Goričkem večji specialist realov frfotavček. Vezan je prevsem na vlažne odprte travnike, medtem ko je navadni frfotavček prisoten tako na vlažnih kot suhih travnikih. Je pa navadni frfotavček pogostejši na območjih z večjim deležem zaraščajočih se površin kot na območjih, ki so redno in pogosto košena.

Vrsti imata tudi na Goričkem različne habitatne preference in kljub temu, da se deloma pojavljata sintopo, je prisotna negativna korelacija med številčnostjo ene in druge vrste na posamezni vzorčni lokaciji. Vsaka vzorčna lokacija je, glede na okoljske lastnosti, očitno primernejša za eno od obeh vrst.

7 VIRI

- Amiet J. L. 2004. Ecological niche partitioning between two sympatric sibling *Leptidea* species (Lepidoptera, Pieridae). *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)*, 59: 433–452
- Asher J., Warren M., Fox R., Harding P., Jeffcoate G., Jeffcoate S. 2001. The Millennium atlas of Butterflies in Britain and Ireland. Oxford University Press: 433 str.
- Beneš J., Konvicka M., Vrabec V., Zámečník J. 2003. Do the sibling species of small whites, *Leptidea sinapis* and *L. reali* (Lepidoptera, Pieridae) differ in habitat preferences? *Biologia, Bratislava*, 58/5: 943–951
- Bernays E., Graham, M. 1988. On the evolution of host specificity in phytophagous arthropods. *Ecology* 69: 886–892
- Braak C. J. F. ter, Prentice I. C. 1988. A theory of gradient analysis. *Advances in Ecological Research*, 18: 271–317
- Braak C. J. F. ter, Šmilauer P. 1998. CANOCO release 4 reference manual and user's guide to Canoco for Windows. Software for canonical community ordination. Ithaca, New York, Microcomputer Power.
- Cupedo F., Hoen, F. W. 2006. *Leptidea sinapis* and *Leptidea reali* (Lepidoptera:Pieridae) in the Netherlands. *Entomologische Berichten*, 66 (4): 118–123
- Dinca V., Lukhtanov V. A., Talavera G., Vila R. 2011. Unexpected layers of cryptic diversity in wood white *Leptidea* butterflies. *Nature communications*, 2: 324
- Ebert G., Rennwald, E. 1991. Die Schmetterlinge Baden-Württembergs. Band 1: Tagfalter I. Stuttgart, Ulmer: 552 str.
- Freese A., Fiedler K. 2004. Unterscheidungsmerkmale von *Leptidea sinapis* (Linnaeus, 1758) und *Leptidea reali* Reissinger, 1989 (Lepidoptera, Pieridae). *Nota lepidopterologica*, 25 (1): 39–59
- Friberg M. 2007. A difference in pupal morphology between the sibling species *Leptidea sinapis* and *L. reali* (Pieridae). *Nota lepidopterologica*, 30 (1): 61–64
- Friberg M., Olofsson M., Beger D., Karlsson B., Wiklund C. 2008a. Habitat choice precedes host plant choice – niche separation in a species pair of a generalist and specialist butterfly. *Oikos*, 117: 1337–1344
- Friberg M., Bergman M., Kullberg J., Wahlberg N., Wiklund C. 2008b. Niche separation in space and time between two sympatric sister species – a case of ecological pleiotropy. *Evolutionary Ecology*, 22: 1–18

Friberg M., Vongvanich N., Borg-Karlson A.-K., Kemp D. J., Merilaita S., Wiklund C. 2008c. Female mate choice determines reproductive isolation between sympatric butterflies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 62: 873–886

Friberg M., Wiklund C. 2009. Host plant preference and performance of the sibling species of butterflies *Leptidea sinapis* and *Leptidea reali*: a test of the trade-off hypothesis for food specialisation. *Oecologia*, 159: 127–137

Friberg M., Wiklund C. 2010. Host-plant-induced larval decision-making in a habitat/host plant generalist butterfly. *Ecology*, 91(1): 15–21

Fumi M. 2008. Distinguishing between *Leptidea sinapis* and *L. reali* (Lepidoptera: Pieridae) using a morphometric approach: impact of measurement error on the discriminative characters. *Zootaxa*, 1819: 40–54

Garcia Barros E., Fartmann T. 2009. Butterfly oviposition: sites, behaviour and modes. V: *Ecology of Butterflies in Europe*. Settele J., Shreeve T., Konvička M., Van Dyck H. (ur.). Cambridge, Cambridge University Press: 29–42

Glogovčan P. 2004. Razlikovanje populacij belinov *Leptidea sinapis* L. in *Leptidea reali* REISS. (Lepidoptera: Pieridae) s pomočjo molekulskih markerjev. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Biologijo: 49 str.

Kaligarič M., Škornik S., Štumberger B., Hönigsfeld – Adamič M., Petrinc V. 2003. Bio-inventarizacija krajinskega parka Goričko (Bio-inventory of nature park Goričko). Končno poročilo: 126 str.

Kocon L., 2010. Dnevni metulji Lendavskih gor: razširjenost in ogroženost. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Biologijo: 68 str.

Kudrna O. 2002. The Distribution Atlas of European Butterflies. Oedipus 20, Apollo Books, Stenstrup: 343 str.

Kuštor V. 2006. Krajinski park Goričko živi z naravo. Javni zavod Krajinski park Goričko, Grad: 94 str.

Lorković Z. 1993. *Leptidea reali* Reissinger, 1989 (= *lorkovicii* Real, 1988), a new European species. *Natura croatica*, 2 (1): 1–26

Maravalhas E. 2003. As Borboletas de Portugal. The Butterflies of Portugal. Apollo Books. Stenstrup: 455 str.

Martin J. - F., Gilles A., Descimon H. 2003. Species concepts and sibling species: The case of *Leptidea sinapis* and *Leptidea reali*. V: *Butterflies – Ecology and evolution taking flight*. Boggs C. L., Watt W. B., Ehrlich P. R. (ur.). University of Chicago Press, Chicago: 459–476

Mazel R., Leestmans R. 1996. Relations biogeographiques, ecologiques et taxinomiques entre *Leptidea sinapis* Linne et *L. reali* Reissinger en France, Belgique et regions limitrophes. Linneana Belgica, 15: 317–328

Mazel R., Leestmans R. 1999a. Separation biometique des *Leptidea sinapis* L., *morsei* Fenton et *reali* Reissinger. Linneana Belgica 17: 46–52

Mazel R., Leestmans R. 1999b. Seconde contribution a l'etude des relations entre *L. sinapis* Linne et *L. reali* Reissinger en France, Belgique et quelques autres contrees europeennes. Linneana Belgica 17: 155–168

Mazel R. 2000. Le polymorphisme de deux »especes jumelles« *Leptidea sinapis* L. et *L. reali* Reissinger en France (Lepidoptera : Pieridae). Premiere partie. Linneana Belgica, 17: 277–288

Mazel R. 2001. Le polymorphisme de deux »especes jumelles« *Leptidea sinapis* L. et *L. reali* REISSINGER en France (Lepidoptera : Pieridae). Deuxieme partie. Linneana Belgica, 18: 37–43

Mazel R. 2002. Répartition géographique de *Leptidea sinapis* (L., 1758) et *L. reali* Reissinger, 1989 au nord de l'Europe, en Russie et dans quelques pays d'Asie (Lepidoptera: Pieridae, Dismorphiinae). Linneana Belgica, 18: 373–376

Perko D., Orožen Adamič M. (ur.). 2001. Slovenija. Pokrajine in ljudje. Mladinska knjiga, Ljubljana: 735 str.

Planjšek M., Činč Juhant B. 2002. O geologiji Pomurja in Goričkega. V: Narava Slovenije. Mura in Prekmurje. Gogala A. (ur.). Ljubljana. Prirodoslovni muzej Slovenije: 13–15

Sachanowicz K., Wower A., Buszko J. 2011. Past and present distribution of cryptic species *leptidea sinapis* and *L. reali* (lepidoptera: Pieridae) in Poland and its implications for the conservation of these butterflies. European Journal of Entomology, 108: 235–242

SBN (Pro Natura-Schweizerischer Bund für Naturschutz) 1987. Tagfalter und ihre Lebensräume. Arten, Gefährdung, Schutz. Band 1. Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel: 516 str.

Real P. 1962. Un phenomene ecologique singulier, mais complexe, l amphiphenotisme, observe chez Pierides. Ann. sci. Univ. Besancon, 2 Serie, Zool., 17: 87–95

Real P. 1988. Lepidopteres nouveaux, principalement jurassiens. Memoires du Comite de Liaison pour les Recherches ecofaunistiques dans le Jura. Memoire N04: 17–28

Settele J., Feldmann R., Reinhardt R. 1999. Die Tagfalter Deutschlands. Ein Handbuch für Freilandökologen. Umweltplaner und Naturschützer. Ulmer, Stuttgart: 452 str.

Thomas J. A. 2007. Guide to butterflies of Britain and Ireland. Philip's, London: 175 str.

Tolman T., Lewington, R. 1997. Collins field guide. Butterflies of Britain and Europe. Harper Collins publishers: 320 str.

Verovnik R., Glogovčan P. 2007. Morphological and molecular evidence of possible hybrid zone of *Leptidea sinapis* and *L. reali* (Lepidoptera: Pieridae). European Journal of Entomology, 104: 667–674

Verovnik R. 2002. Dnevni metulji Goričkega. V: Narava Slovenije. Mura in Prekmurje. Gogala A. (ur.). Ljubljana. Prirodoslovni muzej Slovenije: 84–86

Vila R., Viader S., Jubany J. 2003. *Leptidea sinapis* (Linnaeus, 1758) i *L. reali* (Reissinger 1988): dues espécies »bessones« a Catalunya i Andorra (Leptidea: Pieridae). Bull Soc Cat Lepid, 90: 25–47

<http://www.bostream.nu/butter/butter/macro96.htm>

ZAHVALA

Hvala mentorju za pomoč in usmerjanje pri izdelavi diplome.

Hvala recenzentki in predsednici komisije za recenzijo, razumevanje in prilagodljivost.

Hvala Marijanu in Aliju ter ostalim zaposlenim na Centru za kartografijo favne in flore za vso pomoč, literaturo, grafe, spodbudne besede in motivacijske pogovore.

Hvala Valeriji za usmerjanje mojih prvih korakov v svet metuljev in spremljanje ter pomoč na nadaljni metuljarski poti.

Hvala Gregorju Bračku za pomoč in zabavo pri izdelavi preparatov.

Hvala Sonji za lektoriranje.

Hvala Barbari, Tei, Tanji, Vesni in Sari za nepozabna študentska leta in prijateljstvo.

Hvala Lučki, Simonu, Teji, Maticu in Tanji za vse skupaj preplezane stene, klepete, igre in potrpežljivost med izdelovanjem diplome.

Hvala Alexisu za »učne ure« med ličkanjem koruze.

Hvala staršem za vso pomoč in podporo ter tetici za vse pogovore ob kavicah.

Hvala vsem, ki ste me kakorkoli spremljali in spodbujali na moji študijski poti in pri izdelavi diplomske naloge ter vsem, ki ste verjeli vame.

PRILOGE

Priloga A: Število ujetih osebkov navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*) ter okoljske lastnosti 36 lokacij (25 vzorčnih in 11 lokacij na katerih v avgustu 2010 frfotavčkov ni bilo) na Goričkem. Opis oznak okoljskih lastnosti lokacij je v prilogi C.

lokacija	datum	samci <i>L.</i> <i>sinapis</i>	samice <i>L.</i> <i>sinapis</i>	skupaj <i>L.</i> <i>sinapis</i>	samci <i>L.</i> <i>reali</i>	samice <i>L.</i> <i>reali</i>	skupaj <i>L.</i> <i>reali</i>	nedoločljivi osebki	površina (ha)	mokro (ha)	suho (ha)	kos_1 (%)	kos_2 (%)	zarasc (%)	g_rob (%)	pufer_go (%)	pufer_su (%)	pufer_mo (%)
G1	1.8.2010	1	0	1	1	1	2		0,741	0	0,741	68,81	31,19	0	42,5	55,02	12,11	0
G2	1.8.2010	1	0	1	1	0	1		0,437	0,437	0	19,60	24,95	55,44	86,1	36,71	9,55	6,99
G3	1.8.2010	3	1	4	0	0	0		1,423	0	1,423	100	0	0	28,1	3,17	14,62	3,17
G4	2.8.2010	0	0	0	6	0	6		2,359	0	2,359	100	0	0	19,5	21,40	29,57	7,82
G5	2.8.2010	0	0	0	1	0	1		2,084	0	2,084	100	0	0	7,4	16,72	8,04	0
G6	2.8.2010	2	0	2	0	0	0		0,610	0	0,610	70,25	0	29,75	59,6	43,73	10,72	8,53
G7	2.8.2010	0	0	0	2	1	3		0,854	0,854	0	0	100	0	5,8	7,74	1,88	47,12
G8	2.8.2010	3	0	3	0	1	1		0,370	0	0,370	0	84,24	15,76	14,9	3,72	29,14	0
G9	3.8.2010	5	1	6	0	0	0		0,117	0	0,117	0	24,53	75,47	35,5	5,56	0,28	26,55
G10	3.8.2010	0	0	0	4	0	4		1,132	1,132	0	100	0	0	26,9	24,61	0,65	42,59
G11	3.8.2010	2	0	2	3	0	3		1,601	1,601	0	45,22	54,78	0	41,9	10,30	10,20	47,08
G12	8.8.2010	5	1	6	1	0	1		2,457	0	2,457	79,76	20,24	0	18,2	16,11	31,26	0,19
G13	8.8.2010	7	1	8	1	0	1		1,413	0,534	0,879	93,05	6,95	0	51,5	39,97	11,10	0,99
G14	8.8.2010	4	1	5	0	0	0		1,867	1,531	0,335	52,41	20,01	27,58	78,6	61,35	9,38	7,33
G15	8.8.2010	2	0	2	5	0	5		1,380	1,380	0	100	0	0	0,0	5,10	0	32,22
G16	8.8.2010	4	1	5	0	0	0		1,197	0	1,197	68,28	31,72	0	30,5	15,78	44,11	0,10
G17	16.8.2010	6	0	6	0	0	0		0,992	0,708	0,284	0	0	100	50,4	67,09	7,11	4,45
G18	17.8.2010	2	0	2	4	1	5		0,876	0,876	0	100	0	0	18,1	37,02	15,70	24,38

Se nadaljuje.

Priloga A: Nadaljevanje

lokacija	datum	samci <i>L. sinapis</i>	samice <i>L. sinapis</i>	skupaj <i>L. sinapis</i>	samici <i>L. reali</i>	samice <i>L. raeli</i>	skupaj <i>L. reali</i>	nedoločljivi osebki	površina (ha)	mokro (ha)	suho (ha)	kos_1 (%)	kos_2 (%)	zarasc (%)	g_rob (%)	pufer_go (%)	pufer_su (%)	pufer_mo (%)
G19	17.8.2010	1	2	3	0	0	0	1 samica	0,330	0,330	0	31,78	0	68,22	82,6	53,25	1,01	23,19
G20	17.8.2010	3	4	7	1	0	1		1,899	0	1,899	100	0	0	27,1	24,57	8,48	16,47
G21	17.8.2010	2	2	4	1	0	1		2,681	0	2,681	72,02	27,98	0	49,2	50,17	6,07	15,64
G22	18.8.2010	5	0	5	1	1	2		1,090	0,739	0,351	0	49,27	50,73	38,9	12,94	27,01	29,92
G23	18.8.2010	2	0	2	1	0	1	1 samica	0,805	0	0,805	70,50	29,50	0	0,0	3,97	27,98	8
G24	23.8.2010	2	0	2	4	0	4		1,315	1,315	0	91,07	0	8,93	27,0	13,33	32,40	9,71
G25	23.8.2010	3	1	4	2	0	2	1 samec	0,865	0,865	0	0	73,90	26,10	97,4	44,13	1,61	6,46
G26	1.8.2010	0	0	0	0	0	0		0,449	0,449	0	100	0	0	15,3	14,45	22,44	0
G27	1.8.2010	0	0	0	0	0	0		0,148	0,148	0	0	100	0	61,1	59,47	7,08	12,19
G28	1.8.2010	0	0	0	0	0	0		0,262	0,262	0	100	0	0	70,9	34,02	26,26	0,49
G29	11.8.2010	0	0	0	0	0	0		2,175	0	2,175	100	0	0	0,0	1,17	0,34	30,98
G30	16.8.2010	0	0	0	0	0	0		0,674	0	0,674	100	0	0	26,0	52,09	6,80	3,42
G31	26.8.2010	0	0	0	0	0	0		0,998	0,636	0,362	100	0	0	13,8	31,25	5,57	3,47
G32	26.8.2010	0	0	0	0	0	0		1,788	0	1,788	85,49	14,51	0	40,0	19,88	1,47	19,70
G33	27.8.2010	0	0	0	0	0	0		1,365	0	1,365	82,36	17,65	0	37,2	37,30	0,90	8,00
G34	27.8.2010	0	0	0	0	0	0		0,874	0	0,874	100	0	0	79,7	49,21	1,23	12,57
G35	27.8.2010	0	0	0	0	0	0		0,388	0	0,388	100	0	0	19,0	3,26	1,10	8,74
G36	27.8.2010	0	0	0	0	0	0		1,120	0	1,120	100	0	0	63,3	33,98	0	1,87

Priloga B: Rezultati meritev delov genitalnega aparata (*aedeagus*, *saccus*, *uncus* in *vinculus* pri samcih ter *ductus bursae* pri samicah) za 127 vzorčenih frfotavčkov (*Leptidea sinapis/reali*) na Goričkem. D – dolžina, š – širina.

vzorčna lokacija	oznaka osebka	d <i>aedeagus</i> -a (mm)	d <i>saccus</i> -a (mm)	š <i>vinculum</i> -a (mm)	d <i>uncus</i> -a (mm)	d <i>ductus bursae</i> (mm)
G1	1/1	/	/	/	/	0,85
G1	1/2	1,49	0,56	0,75	0,65	/
G1	1/3	1,8	0,9	0,78	0,6	/
G2	2/1	1,81	0,81	0,75	0,56	/
G2	2/2	1,59	0,63	0,75	0,61	/
G3	3/1	/	/	/	/	0,62
G3	3/2	1,6	0,75	0,79	0,49	/
G3	3/3	1,61	0,74	0,8	0,63	/
G3	3/4	1,65	0,63	0,74	0,61	/
G4	4/1	1,95	0,78	0,77	0,57	/
G4	4/2	1,85	0,78	0,73	0,65	/
G4	4/3	1,93	0,8	0,74	0,59	/
G4	4/4	1,76	0,7	0,73	0,65	/
G4	4/5	1,94	0,86	0,76	0,59	/
G4	4/6	1,93	0,83	0,76	0,57	/
G5	5/1	2	0,9	0,71	0,6	/
G6	6/1	1,47	0,67	0,69	0,6	/
G6	6/2	1,61	0,61	0,75	0,52	/
G7	7/1	/	/	/	/	0,96
G7	7/2	1,98	0,82	0,72	0,63	/
G7	7/3	1,98	0,74	0,77	0,62	/
G8	8/1	/	/	/	/	0,89
G8	8/2	1,54	0,61	0,77	0,63	/
G8	8/3	1,63	0,64	0,74	0,65	/
G8	8/4	1,64	0,62	0,75	0,65	/
G9	9/1	1,59	0,59	0,7	0,49	/
G9	9/2	1,56	0,59	0,68	0,56	/
G9	9/3	/	/	/	/	0,64
G9	9/4	1,54	0,53	0,69	0,52	/
G9	9/5	1,54	0,66	0,65	0,43	/
G9	9/6	1,57	0,6	0,72	0,57	/
G10	10/1	1,73	0,83	0,74	0,57	/
G10	10/2	1,85	0,87	0,74	0,66	/
G10	10/3	1,89	0,91	0,76	0,62	/
G10	10/4	2	0,84	0,77	0,59	/
G11	11/1	1,86	0,85	0,69	x	/
G11	11/2	1,78	0,8	0,71	0,57	/
G11	11/3	1,85	0,71	0,73	0,59	/
G11	11/4	1,46	0,63	0,77	0,63	/
G11	11/5	1,6	0,7	0,73	0,6	/
G12	12/1	1,57	0,62	0,68	0,59	/
G12	12/2	1,58	0,6	0,76	0,56	/

Se nadaljuje.

Priloga B: Nadaljevanje.

vzorčna lokacija	oznaka osebka	d <i>aedeagus</i> -a (mm)	d <i>saccus</i> -a (mm)	š <i>vinculum</i> -a (mm)	d <i>uncus</i> -a (mm)	d <i>ductus</i> <i>bursae</i> (mm)
G12	12/3	1,64	0,57	0,76	0,54	/
G12	12/4	1,88	0,81	0,68	0,61	/
G12	12/5	/	/	/	/	0,68
G12	12/6	1,61	0,55	0,63	0,6	/
G12	12/7	1,57	0,64	0,74	0,6	/
G13	13/1	1,6	0,61	0,69	0,63	/
G13	13/2	/	/	/	/	0,66
G13	13/3	1,57	0,68	0,76	0,56	/
G13	13/4	1,58	0,63	0,77	0,64	/
G13	13/5	1,45	0,7	0,76	0,64	/
G13	13/6	1,54	0,6	0,76	0,59	/
G13	13/7	1,62	0,63	0,75	0,62	/
G13	13/8	1,65	0,71	0,81	0,65	/
G13	13/9	1,88	0,85	0,76	0,62	/
G14	14/1	1,47	0,76	0,77	0,6	/
G14	14/2	1,53	0,61	0,77	0,62	/
G14	14/3	1,52	0,63	0,76	0,58	/
G14	14/4	/	/	/	/	0,61
G14	14/5	1,46	0,59	0,74	0,56	/
G15	15/1	1,66	0,62	0,8	0,53	/
G15	15/2	2,07	0,9	0,78	0,65	/
G15	15/3	1,94	0,78	0,75	0,51	/
G15	15/4	1,95	0,87	0,77	0,59	/
G15	15/5	1,86	0,96	0,73	0,64	/
G15	15/6	1,77	0,75	0,72	0,61	/
G15	15/7	1,51	0,72	0,75	0,59	/
G16	16/1	1,54	0,7	0,74	0,59	/
G16	16/2	1,65	0,74	0,74	0,58	/
G16	16/3	1,55	0,59	0,71	0,6	/
G16	16/4	1,51	0,67	0,72	0,64	/
G16	16/5	/	/	/	/	0,57
G17	17/1	1,61	0,61	0,77	0,61	/
G17	17/2	1,54	0,67	0,77	0,58	/
G17	17/3	1,52	0,65	0,7	0,56	/
G17	17/4	1,61	0,62	0,76	0,61	/
G17	17/5	1,63	0,63	0,76	0,64	/
G17	17/6	1,51	0,65	0,76	0,62	/
G18	18/1	1,76	0,77	0,74	0,59	/
G18	18/2	1,58	0,56	0,75	0,61	/
G18	18/3	/	/	/	/	0,92
G18	18/4	1,93	0,75	0,74	0,59	/
G18	18/5	1,62	0,6	0,84	0,65	/
G18	18/6	1,96	0,79	0,71	0,59	/
G18	18/7	1,82	0,81	0,8	0,65	/
G19	19/1	1,51	0,56	0,79	0,58	/

Se nadaljuje.

Priloga B: Nadaljevanje.

vzorčna lokacija	oznaka osebka	d <i>aedeagus</i> -a (mm)	d <i>saccus</i> -a (mm)	š <i>vinculum</i> -a (mm)	d <i>uncus</i> -a (mm)	d <i>ductus</i> <i>bursae</i> (mm)
G19	19/2	/	/	/	/	0,68
G19	19/3	/	/	/	/	x
G19	19/4	/	/	/	/	0,62
G20	20/1	/	/	/	/	0,6
G20	20/2	1,48	0,52	0,71	0,59	/
G20	20/3	1,6	0,64	0,73	0,64	/
G20	20/4	1,86	0,77	0,7	0,55	/
G20	20/5	/	/	/	/	0,56
G20	20/6	/	/	/	/	0,72
G20	20/7	/	/	/	/	0,64
G20	20/8	1,5	0,58	0,8	0,62	/
G21	21/1	2,05	0,9	0,76	0,62	/
G21	21/2	/	/	/	/	0,65
G21	21/3	1,58	0,66	0,7	0,62	/
G21	21/4	1,44	0,54	0,78	0,62	/
G21	21/5	/	/	/	/	0,6
G22	22/1	1,52	0,6	0,75	0,74	/
G22	22/2	1,93	0,78	0,77	0,52	/
G22	22/3	1,35	0,56	0,66	0,54	/
G22	22/4	1,56	0,6	0,72	0,59	/
G22	22/5	/	/	/	/	0,98
G22	22/6	1,51	0,53	0,76	0,6	/
G22	22/7	1,61	0,57	0,69	0,62	/
G23	23/1	1,55	0,69	0,68	0,5	/
G23	23/2	1,48	0,59	0,69	0,59	/
G23	23/3	/	/	/	/	x
G23	23/4	1,96	0,78	0,72	0,64	/
G24	24/1	1,52	0,59	0,71	0,62	/
G24	24/2	1,9	0,85	0,69	0,54	/
G24	24/3	1,97	0,83	0,71	0,55	/
G24	24/4	1,78	0,76	0,69	0,63	/
G24	24/5	1,97	0,92	0,78	0,58	/
G24	24/7	1,63	0,68	0,75	0,67	/
G25	25/1	x	x	x	x	/
G25	25/2	1,6	0,63	0,77	0,64	/
G25	25/3	1,55	0,58	0,7	0,64	/
G25	25/4	1,9	0,78	0,73	0,65	/
G25	25/5	2,03	0,78	0,69	0,63	/
G25	25/6	/	/	/	/	0,6
G25	25/7	1,52	0,57	0,74	0,58	/

Priloga C: Opis oznak 10 okoljskih lastnosti 36 lokacij na Goričkem, ki smo jih uporabili pri redundantni analizi habitatnih preferenc navadnega (*Leptidea sinapis*) in realovega frfotavčka (*L. reali*).

oznaka lastnosti lokacije	opis lastnosti lokacije (enote)
pov	površina lokacije (ha)
mokro	velikost mokre površine na vzorčni lokaciji (ha)
suho	velikost suhe površine na vzorčni lokaciji (ha)
kos_1	delež površin, na vzorčni lokaciji, košenih enkrat na leto ali enkrat na dve leti (%)
kos_2	delež površin, na vzorčni lokaciji, košenih dvakrat ali večkrat letno (%)
zarasc	delež površin, na vzorčni lokaciji, zaraščajočih se z lesnimi vrstami (%)
g_rob	kvocient dolžine gozdnega roba in celotnega obsega vzorčne lokacije (%)
pufer_go	delež gozda v 100-metrskem puferskem pasu okoli vzorčne lokacije (%)
pufer_su	delež suhih travnikov v 100-metrskem puferskem pasu okoli vzorčne lokacije (%)
pufer_mo	delež vlažnih travnikov v 100-metrskem puferskem pasu okoli vzorčne lokacije (%)