

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Barbara ZAKŠEK

POPULACIJSKA STRUKTURA IN VARSTVO STRAŠNIČINEGA (*Phengaris teleius*)
IN TEMNEGA MRAVLJIŠČARJA (*P. nausithous*) (LEPIDOPTERA: Lycaenidae) V
OSREDNJIH SLOVENSKIH GORICAH

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2011

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Barbara ZAKŠEK

**POPULACIJSKA STRUKTURA IN VARSTVO STRAŠNIČINEGA
(*Phengaris teleius*) IN TEMNEGA MRAVLJIŠČARJA (*P. nausithous*)
(LEPIDOPTERA: Lycaenidae) V OSREDNJIH SLOVENSKIH
GORICAH**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni študij

**POPULATION STRUCTURE AND CONSERVATION OF *Phengaris*
teleius AND *P. nausithous* (LEPIDOPTERA: Lycaenidae) IN
OSREDNJE SLOVENSKE GORICE**

GRADUATION THESIS
University studies

Ljubljana, 2011

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 Osrednjih Slovenskih goric.

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. Rok Kostanjšek
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. Cene Fišer, recenzent
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 6. maj 2011

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.

Barbara Zakšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 591.5:591.9:595.7(043.2)=163.6
KG	<i>Phengaris teleius</i> / <i>Phengaris nausithous</i> /strašničin mravljiščar/temni mravljiščar/ varovanje/metapopulacija/MRR/Osrednje Slovenske gorice
AV	ZAKŠEK, Barbara
SA	VEROVNIK, Rudi (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
LI	2011
IN	POPULACIJSKA STRUKTURA IN VARSTVO STRAŠNIČINEGA (<i>Phengaris teleius</i>) IN TEMNEGA MRAVLJIŠČARJA (<i>P. nausithous</i>) (LEPIDOPTERA: Lycaenidae) V OSREDNJIH SLOVENSKIH GORICAH
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij)
OP	IX, 42 str., 8 pregl., 15 sl., 1 pril., 75 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Strašničin (<i>Phengaris teleius</i>) in temni mravljiščar (<i>P. nausithous</i>) sta mirmekofilni vrsti metuljev, ogroženi v evropskem merilu. Obe vrsti sta ozko ekološko specializirani in se pogosto pojavljata sintopo. Hranilna rastlina zgodnjih larvalnih stadijev pri obeh vrstah je zdravilna strašnica (<i>Sanguisorba officinalis</i>), kasnejši larvalni stadiji pa parazitirajo v mravljiščih mravelj iz rodu <i>Myrmica</i>. V Slovenskih gorica najdemo drugo največje območje sklenjene razširjenosti obeh vrst v Sloveniji. S pomočjo metode lova in ponovnega ulova smo poskušali oceniti velikost populacije na območju štirih dolin južno od Cerkevne, v Osrednjih Slovenskih gorica, in migracije med zaplatami ustreznega habitata. Vzorčenje je potekalo od 15. 7. do 22. 8. 2006. Zabeležili smo migracije po dolinah in tudi med njimi. Najdaljše opažene migracije so bile 2196 m za strašničinega in 2305 m za temnega mravljiščarja. Zaradi pogostih migracij smo izračunali ocene velikosti populacij za celotno območje skupaj, za strašničinega mravljiščarja 308 (207-523) osebkov in za temnega mravljiščarja 815 (706-924) osebkov. V letu 2010 smo pregledali vse površine s primernim habitatom za strašničinega in temnega mravljiščarja v Osrednjih Slovenskih gorica na podlagi raziskave Zakšek (2004) in ugotovili, da je 26 % površine popisanega habitata uničenega, 19 % pokošenega in 55 % primerne habitata. Opazen je tudi upad v zasedenosti zaplat, 73 % upad pri strašničinem in 20 % upad pri temnem mravljiščarju. Predlagamo vključitev območja v omrežje Natura 2000 območij in začetek aktivnega varstva obeh vrst na tem območju.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Dn
DC UDC 591.5:591.9:595.7(043.2)=163.6
CX *Phengaris teleius/Phengaris nausithous/conservation/metapopulation/MRR/
Osrednje Slovenske gorice*
AU ZAKŠEK, Barbara
AA VEROVNIK, Rudi (supervisor)
PP SI-1001 Ljubljana, Večna pot 111
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Biology
PY 2011
TI POPULATION STRUCTURE AND CONSERVATION OF *Phengaris teleius*
AND *P. nausithous* (LEPIDOPTERA: Lycaenidae) IN OSREDNJE SLOVENSKE
GORICE
DT Graduation Thesis (University studies)
NO IX, 42 p., 8 tab., 15 fig., 1 ann., 75 ref.
LA sl
AL sl/en
AB *Phengaris teleius* and *P. nausithous* are species of myrmicophilous butterflies,
endangered in Europe. Both species are habitat specialists, often found syntopically
and their larvae rely on the same host plant, *Sanguisorba officinalis*. They are also
characterised by the parasitism on species of *Myrmica* ants. The second largest area
in Slovenia where the two species are continuously distributed is the Osrednje
Slovenske gorice. Using a mark-release-recapture method, between mid-July and
August 2006, we estimated the population size and migration patterns of both
species between and within four stream valleys south of Cerkevjak in Osrednje
Slovenske gorice. The maximum migration distance for *P. teleius* and *P.*
nausithous were 2,196 and 2,305 meters, respectively. Population size has been
estimated for whole area due to high migration rates. The estimated population
sizes are 308 (207-523) and 815 (706-924) individuals for *P. teleius* and *P.*
nausithous, respectively. In 2010 all suitable habitat patches recorded by Zakšek
(2004) for both species in Osrednje Slovenske gorice, were revisited. There was
only 55% of suitable habitat available, 26% of habitat destroyed and 19% of it
mown. In addition, occupancy of habitat patches has declined by 73% by *P.*
teleius and 20% by *P. nausithous*. We propose that this area should be included in
the Natura 2000 network, and active protection of both species in the area of
Osrednje Slovenske gorice should start immediately.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
1.1 Namen in cilji	1
1.2 Delovne hipoteze	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 Biologija in ekologija strašničinega (<i>Phengaris teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>)	3
2.2 Populacijska dinamika strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>)	6
2.3 Metapopulacije	6
2.4 Ogroženost in varstvo strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>)	7
3 MATERIALI IN METODE	9
3.1 Območje raziskave	9
3.2 Terensko delo	10
3.2.1 Metoda lova in ponovnega ulova	10
3.2.1.1 Opis zaplat	11
3.2.2 Stanje habitata in prisotnost strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v Osrednjih Slovenskih goricaх	13
3.3 Analiza podatkov	14
3.3.1 Analiza podatkov po metodi Cormack-Jolly-Seber	14
3.3.2 Migracije	15
4 REZULTATI	16
4.1 Statistika ulovov	16
4.2 Migracije	17
4.3 Dnevne ocene velikosti populacije	19
4.4 Ocena velikosti populacije, življenjska doba in spolno razmerje	21
4.5 Stanje habitata in prisotnost strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v Osrednjih Slovenskih goricaх	22
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	28
5.1 Populacijska struktura	28
5.2 Metapopulacija in migracije	29
5.3 Stanje habitata in razširjenost strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v Osrednjih Slovenskih goricaх	30
5.4 Sklepi	33

6	POVZETEK	34
7	VIRI.....	35
7.1	Citirani viri	35
7.2	Drugi viri	42

ZAHVALA

PRILOGE

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Varstveni status strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v Evropi in Sloveniji.	8
Pregl. 2: Lastnosti zaplat, na katerih smo izvajali metodo lova in ponovnega ulova strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v Osrednjih Slovenskih goricaх v letu 2006.	12
Pregl. 3: Statistika ulovov strašničinega mravljiščarja (<i>P. teleius</i>).	16
Pregl. 4: Statistika ulovov temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>).	16
Pregl. 5: Dolžine migracij strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>).	18
Pregl. 6: Migracijska stopnja strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>).	19
Pregl. 7: Oceni velikosti populacije v generaciji za strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>).	22
Pregl. 8: Življenjska doba in razmerje označenih osebkov.	22

KAZALO SLIK

Sl. 1: Razširjenost strašničinega mravljiščarja (<i>P. teleius</i>) v Sloveniji (vir: podatkovna zbirka CKFF).....	4
Sl. 2: Razširjenost temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v Sloveniji (vir: podatkovna zbirka CKFF).....	5
Sl. 3: Osrednje Slovenske gorice z označenim območjem raziskave.....	10
Sl. 4: Zaplate, na katerih smo izvajali metodo lova in ponovnega ulova strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v Osrednjih Slovenskih gorica v letu 2006.	13
Sl. 5: Opažene migracije strašničinega mravljiščarja (<i>P. teleius</i>).	17
Sl. 6: Opažene migracije temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>).	18
Sl. 7: Ocene dnevne velikosti populacije za strašničinega mravljiščarja (<i>P. teleius</i>) s 95 % intervali zaupanja.....	20
Sl. 8: Ocene dnevne velikosti populacije za temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) s 95 % intervali zaupanja.....	20
Sl. 9: Skupne ocene dnevne velikosti populacije za strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) s 95 % intervali zaupanja.	21
Sl. 10: Primerjava habitata strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) med letoma 2003 in 2010.....	23
Sl. 11: Površina in število zaplat s strašničnim mravljiščarjem (<i>P. teleius</i>), ki so bile zasedene samo leta 2003, samo v letu 2010 in v obeh letih popisa.....	24
Sl. 12: Površina in število zaplat s temnim mravljiščarjem (<i>P. nausithous</i>), ki so bile zasedene samo leta 2003, samo v letu 2010 in v obeh letih popisa.....	24
Sl. 13: Opažanja strašničinega mravljiščarja (<i>P. teleius</i>) v Osrednjih Slovenskih gorica v letih 2003 in 2010.....	25
Sl. 14: Opažanja temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v Osrednjih Slovenskih gorica v letih 2003 in 2010.....	26
Sl. 15: Stanje iz leta 2003 primerne habitata strašničinega (<i>P. teleius</i>) in temnega mravljiščarja (<i>P. nausithous</i>) v letu 2010.....	27

KAZALO PRILOG

Priloga A: Izračun ocen in napak dnevne in skupne velikosti populacije

1 UVOD

Dnevni metulji (Rhopalocera) so dobri bioindikatorji. Med dnevnimi metulji so mirmekofilne vrste bolj občutljive na okoljske spremembe kot so drugi habitatni specialisti. Parazitska skupina mravljiščarjev (*Phengaris*) se je izkazala za bolj občutljivo, zato ima ta rod vodilno vlogo pri zaznavanju že majhnih sprememb v okolju (Thomas in sod., 2005). Prav zaradi teh lastnosti je zelo pomembno poznavanje razširjenosti, strukture in ekologije lokalnih populacij. Pri varstvu mravljiščarjev je pomembno, da poznamo natančno strukturo ciljne populacije, saj lahko varstvo zgolj ene zaplate znotraj metapopulacije dolgoročno vodi v izumrtje. Zato je pomembno varstvo vseh zaplat ustreznega habitata znotraj metapopulacije (Munguira in Martin, 1999).

Slovenske gorice so drugo največje območje sklenjene razširjenosti strašničinega (*Phengaris teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Sloveniji in zato zelo pomembno območje za ohranitev teh dveh vrst v Sloveniji (Čelik in sod., 2004). Na območju Osrednjih Slovenskih goric je bila do danes narejena zgolj ena diplomska naloga na strašničinem in temnem mravljiščarju v letih 2003 in 2004 (Zakšek, 2004), njen rezultat je poznavanje razširjenosti in izbira habitata obeh vrst. Na podlagi te raziskave je bil osnovan tudi predlog za opredelitev Natura 2000 območja na območju Slovenskih goric (Čelik in sod., 2004). Že v sklopu te raziskave se je pojavilo vprašanje ali na območju Osrednjih Slovenskih goric ti vrsti tvorita metapopulacijo ali izolirane populacije, saj je od tega odvisen način varovanja vrste. Za ohranjanje ogroženih vrst v fragmentirani krajini je pomembno vzdrževanje gostega omrežja zaplat primerne habitata (Mousson in sod., 1999). Pri načrtovanju takšne strukture omrežja zaplat, ki bo omogočala preživetje populacij ogrožene vrste na določenem območju, je zato pomembno poznavanje prostorske strukture populacij, mobilnosti in disperzijskega ter kolonizacijskega potenciala metuljev (Warren, 1994; Stacey in sod., 1997).

Odločili smo se za raziskavo z metodo lova in ponovnega ulova na majhnem delu Osrednjih Slovenskih goric, ki smo jo izvedli v letu 2006. S to metodo lahko ocenimo dnevne velikosti populacije, velikosti populacije v generaciji, gostoto populacije, zabeležimo migracije in prostorsko razporeditev individualnih osebkov. Poleg tega pa nas je predvsem iz naravovarstvenega stališča zanimalo, kakšno je stanje primerne habitata in razširjenosti vrst mravljiščarjev v celotnih Osrednjih Slovenskih goricah po sedmih letih (Zakšek, 2004).

1.1 Namen in cilji

Delo je nastalo z namenom, da bi prispevali k poznavanju populacijske ekologije strašničinega in temnega mravljiščarja na območju Osrednjih Slovenskih goric. S pomočjo ugotovitev smo želeli učinkoviteje prispevati k varovanju in ohranjanju življenjskih okolij

obeh vrst, ter posledično, tudi raznovrstnosti ostalih vrst metuljev Osrednjih Slovenskih goric.

Glavni cilji diplomske naloge so:

- na izbranem območju ugotoviti, ali strašnič in temni mravljiščar tvorita metapopulacijo, ali osebki na posameznih zaplatah pripadajo izoliranim populacijam;
- določiti velikost metapopulacij (populacij) strašničnega in temnega mravljiščarja na proučevanem območju;
- oceniti mobilnost strašničnega in temnega mravljiščarja med ločenimi zaplatami znotraj ene doline in med dolinami;
- postaviti smernice za ohranjanje strašničnega in temnega mravljiščarja, zlasti nas je zanimalo, ali je potrebno iz naravovarstvenega stališča posamezne zaplate obravnavati ločeno ali kot celoto;
- narediti primerjavo števila zaplat primerneга habitata in razširjenost obeh proučevanih vrst v Osrednjih Slovenskih goricaх z rezultati raziskave Zakšek (2004).

1.2 Delovne hipoteze

- Strašnič in temni mravljiščar na proučevanem območju Slovenskih goric tvorita metapopulacijo.
- Strašnič in temni mravljiščar migrirata med zaplatami znotraj dolin, ne pa tudi med dolinami.
- Pri ohranjanju obeh vrst mravljiščarjev je potrebno območje Osrednjih Slovenskih goric obravnavati kot celoto in varovati omrežje zaplat, vključno s trenutno neposeljenimi.
- Na območju Osrednjih Slovenskih goric se habitat strašničnega in temnega mravljiščarja zmanjšuje tako po obsegu kot tudi po številu zaplat.

2 PREGLED OBJAV

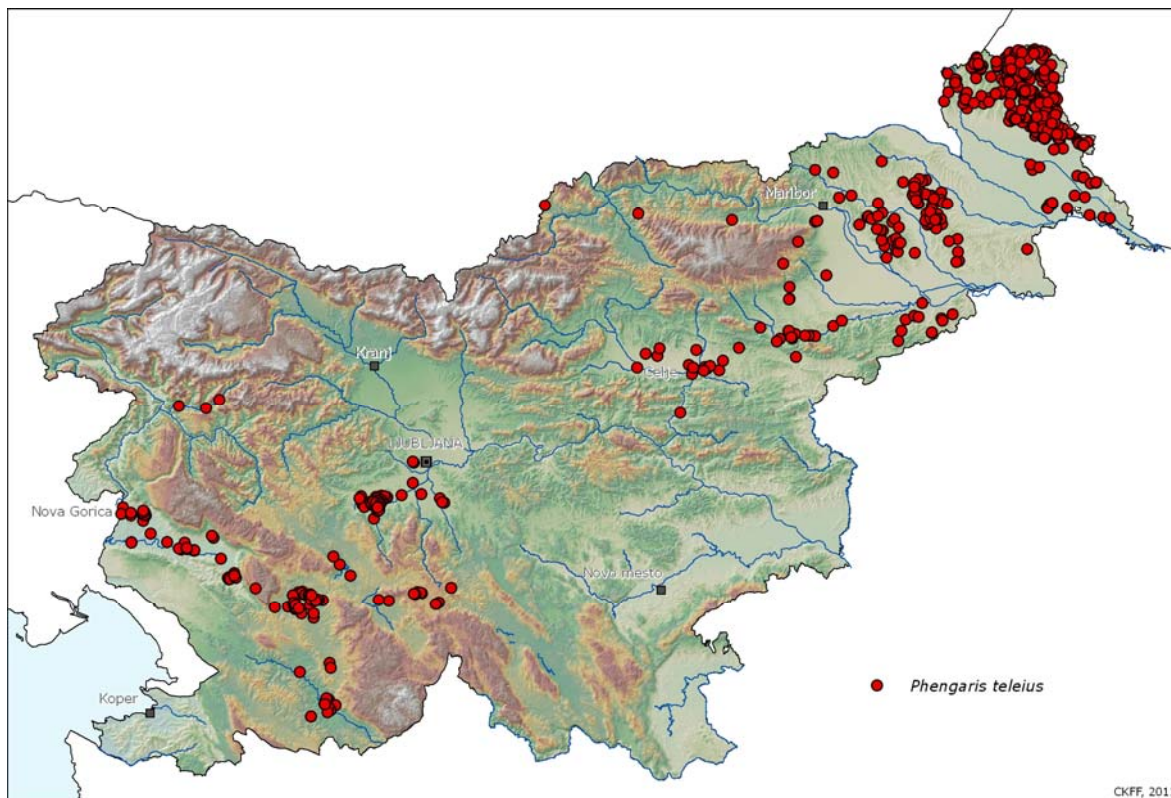
2.1 Biologija in ekologija strašničinega (*Phengaris teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*)

Rod *Phengaris* iz družine modrinov (Lycaenidae) je bolj poznan pod imenom *Maculinea* Van Eecke, 1915. Vendar so pred kratkim na podlagi genetskih raziskav uvrstili vrste rodu *Maculinea* v rod *Phengaris* Doherty, 1891 (Als in sod., 2004; Fric in sod., 2007). V Evropi in Sloveniji so razširjene štiri vrste mravljiščarjev (*Phengaris*). To so veliki mravljiščar *Phengaris arion* (Linnaeus 1758), sviščev mravljiščar *P. alcon* (Denis in Schiffermüller 1775), strašničin mravljiščar *P. teleius* (Bergsträsser 1779) in temni mravljiščar *P. nausithous* (Bergsträsser 1779). Do nedavnega so Rebelovega *Phengaris rebeli* (Hirschke 1904) in sviščevega mravljiščarja obravnavali kot ločeni vrsti, vendar so genetske raziskave pokazale, da sta to le različna ekotipa ene vrste (Bereczki in sod., 2006; Pecsénye in sod., 2007). Za vrste rodu *Phengaris* je značilna obligatorna mirmekofilija, kar pomeni, da osebk del svojega življenja preživijo v mravljiščih. Njihove gostiteljske mravlje so iz rodu *Myrmica* (Thomas, 1984).

Življenjska kroga strašničinega in temnega mravljiščarja sta si podobna. Gosenici si delita isto hranilno rastlino (zdravilno strašnico, *Sanguisorba officinalis*) in se v mravljiščih podobno vedeta (Thomas, 1984; Thomas in Elmes, 1998). Vrsti sta enogeneracijski, odrasli osebk letajo od sredine junija do začetka septembra (Wynhoff, 2001). Samica odloži jajčeca na cvetove hranilne rastline in gosenice se sprva hranijo z razvijajočimi semeni zdravilne strašnice (Wynhoff, 2001). Gosenica v četrtem larvalnem stadiju pade na tla, kjer jo morajo najti delavke mravelj iz rodu *Myrmica*. Te jo zaradi kemične mimikrije zamenjajo za svojo ličinko in odnesejo v svoje mravljišče. Strašničin mravljiščar ima največjo stopnjo preživetja v gnezdih *Myrmica scabrinodis*, medtem ko ima temni mravljiščar v gnezdih *Myrmica rubra* (Thomas in sod., 1989). V mravljišču se gosenice prehranjujejo s plenjenjem zaroda mravelj, redkeje je bilo opaženo prinašanje hrane gosenicam s strani delavk (Wynhoff, 2001). Gosenice ostanejo v mravljišču približno deset mesecev. Tu se hranijo in v hladnih mesecih hibernirajo. Več kot 98 % svoje mase gosenica pridobi v mravljišču (Thomas in sod., 1989; Elmes in Thomas, 1994; Elmes in sod., 1998). V zgornjem delu mravljišča se gosenice zabubijo in po dveh do treh tednih iz bube pride odrasel metulj (Thomas in sod., 1998).

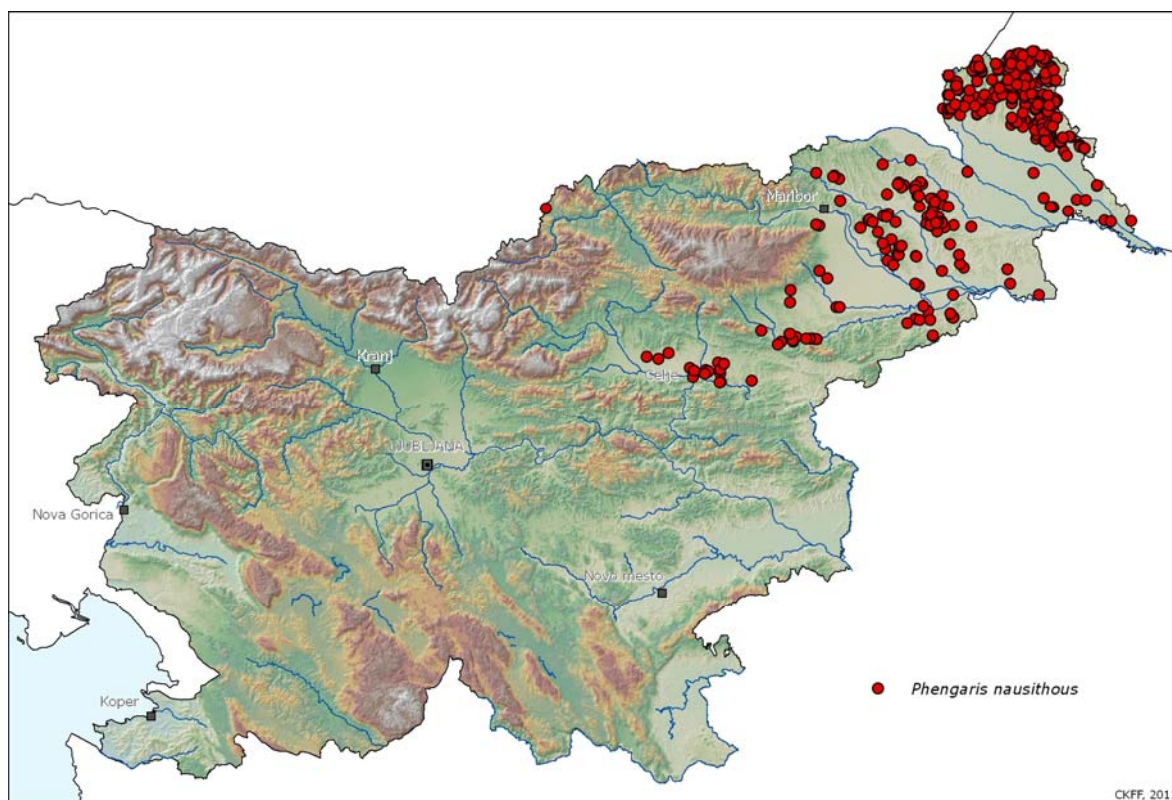
Strašničin in temni mravljiščar sta razširjena podobno. Vrsto *P. teleius* najdemo od zahodne Francije, preko srednje Evrope, Rusije, severne Kitajske in Japonske na vzhodu, na severu do Nizozemske in jugu do Hrvaške. Vrsto *P. nausithous* pa od Španije preko srednje Evrope, Rusije do Altaja na vzhodu, Turčije na jugu ter Poljske na severu (Van Swaay in Wareen, 1999; Tolman in Lewington, 1997).

V Sloveniji je strašničin mravljiščar razširjen od Goričkega (Verovnik, 2000a) do Vipavske doline (Hafner, 1910) in od Celovške kotline (Verovnik, 2002) in doline Bače na severu (Verovnik, 2000b), preko Ljubljanskega barja (Škvarč, 2002) do okolice Ilirske Bistrice na jugu (Čelik, 1994) (slika 1).



Slika 1: Razširjenost strašničinega mravljiščarja (*P. teleius*) v Sloveniji (vir: podatkovna zbirka CKFF).

Temni mravljiščar je razširjen le v severovzhodni Sloveniji od Goričkega (Verovnik, 2000a) do spodnje Savinjske doline (Čelik in Rebeušek, 1996) in na severu do Celovške kotline (Verovnik, 2002) (slika 2).



Slika 2: Razširjenost temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Sloveniji (vir: podatkovna zbirka CKFF).

Vrsti se v srednji Evropi velikokrat pojavljata sintopo (Thomas, 1984; Thomas in Elmes, 1998). Naseljujeta ekstenzivne mokrotne in močvirne travnike, kjer uspeva hranilna rastlina. Za te travnike je značilna enkratna do dvakratna letna košnja. Strašničin mravljiščar je vezan na bolj odprta območja, medtem ko lahko temnega mravljiščarja najdemo tudi na zaraščajočih se travnikih, kjer je še prisotna hranilna rastlina. Za temnega mravljiščarja so pomembni tudi jarki, cestni robovi in nasipi s hranilno rastlino (Wynhoff, 2001). Zaplate, ki jih naseljujeta vrsti, so lahko majhne, z majhno gostoto hranilne rastline. Zadoščajo že dve ali tri hranilne rastline (Wynhoff, 2001; lastna opažanja 2010). Munguira in Martin (1999) navajata pojavljanje obeh vrst na majhnih zaplatah velikosti 0,07 ha. Raziskave v Nemčiji nakazujejo, da vrstama za preživetje skozi daljše časovno obdobje zadošča 1 ha velika zaplata (Settele in sod., 1999).

Zaradi zapletenega življenjskega kroga, ki je odvisen od prisotnosti hranilne rastline in gostiteljskih mravelj, so mravljiščarji ranljivi in v večini evropskih držav ogroženi. Zaradi tega so mravljiščarji ena izmed najbolj proučevanih skupin metuljev. Predvsem v okviru projekta MacMan (Maculinea Butterflies of the Habitats Directive and European Red List as Indicators and Tools for Habitat Conservation and Management, <http://www.macman-project.de>) je bilo v Evropi v zadnjih letih narejenih precej raziskav s področja populacijske ekologije, indikatorskih značivosti, populacijske genetike in varstva vrst mravljiščarjev.

V Sloveniji sta vrsti precej slabše raziskani. Med izstopajočimi raziskavami sta podrobna raziskava zasedenosti zaplat z ustreznim habitatom v Osrednjih Slovenskih gorica (Zakšek, 2004) in ugotavljanje velikosti populacij ter njene dinamike pri Motvarjevcih na Goričkem (Malačič, 2005; Verovnik in sod., 2009). Populacijski parametri so proučeni tudi v Volčkah v okolici Celja in pri Ilirski Bistrici v sklopu projekta Vzpostavitev monitoringa izbranih ciljnih vrst metuljev (Lepidoptera) (Verovnik in sod., 2009).

2.2 Populacijska dinamika strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*)

Vrsti se večinoma pojavljata v srednje velikih populacijah z nekaj sto osebki, vendar populacije s tisoč ali več osebki niso redke (Munguira in Marin, 1999; Nowicki in sod., 2005c; Nowicki in sod., 2005d). Razmerje spolov je 1:1 ali pa je rahlo pomaknjeno v prid samicam (Nowicki in sod., 2005c). Življenjska doba odraslih osebkov je precej krajša kot njihova fenološka faza. Posledica tega je, da je na katerikoli dan v sezoni prisoten le majhen delež metuljev, ki so aktivni in se lahko pari. Delež osebkov, ki leta na dan z najvišjo dnevno velikostjo populacije, je med 11 in 46 % (Nowicki in sod., 2005b).

Proučevani vrsti sta slabo mobilni in redko zapuščata rojstne zaplate (Settele, 1998). Preleti med subpopulacijami so odvisni predvsem od prostorske razporeditve primernih zaplat, vendar rojstno zaplato redko zapusti več kot 20 % osebkov (Nowicki in sod., 2005a). Najdaljše opažene migracije so 5,1 km za temnega in 2,4 km za strašničinega mravljiščarja (Binzenhöfer in Settele, 2000). Tako dolgi preleti so izjemno redki, oziroma redko zabeleženi. Večina preletov znotraj zaplat je krajših od 500 m (Nowicki in sod., 2005a). Za temnega mravljiščarja sicer velja, da je najbolj mobilna vrsta znotraj rodu mravljiščarjev (Munguira in Martin, 1999), medtem ko je znotraj zaplate bolj mobilen strašničnin mravljiščar (Wynhoff, 2001). V vsakem primeru je mobilnost mravljiščarjev zelo odvisna od značilnosti okolja in razporeditve zaplat (Nowicki in sod., 2005c).

2.3 Metapopulacije

Koncept metapopulacije je osnoval Levins (1969), ki v diskretnih enotah časa razlikuje med zaplatami, ki so primerne za ciljno vrsto, in ostalim okoljem, ki ga je poimenoval matriks. Koncept idealne metapopulacije vsebuje tri glavne domneve:

- zaplate so enako velike in izolirane;
- lokalne populacije (subpopulacije) imajo samostojno dinamiko;
- migracij med subpopulacijami je tako malo, da nimajo vpliva na dinamiko obstoječih subpopulacij.

Verjetno nobena realna metapopulacija ne ustreza zgoraj naštetim domnevam. Pomembno je, da so subpopulacije ločene in da so med njimi migracije (Hanski in Simberloff, 1997).

Metapopulacijo določata dva procesa: kolonizacija neposeljenih zaplat in izumiranje subpopulacij (Hill in sod., 1996; Molilanen in Hanski, 1998). V stabilni metapopulaciji je vzpostavljeno ravnovesje med izumiranjem subpopulacij in kolonizacijo neposeljenih zaplat, kar omogoča dolgotrajno, vsaj stoletno, preživetje metapopulacije (Thomas in Jones, 1993). Metapopulacije tvorijo približno tri četrtine dnevnih metuljev v Veliki Britaniji, 60 % dnevnih metuljev na Finskem in večina drugih dobro proučenih vrst metuljev (Arnold, 1983; New in sod., 1995; Hanski in Kuussaari, 1995). Pred več kot šestdesetimi leti so Ford in sod. ugotovili, da večina osebkov različnih vrst metuljev ostane v svoji natalni zaplati. Nekaj jih lahko preleti tudi kilometre daleč, kjer ustanovijo novo subpopulacijo (Ford, 1945; Ford in Ford, 1930; Dowdeswell in sod., 1940).

Poznamo več tipov metapopulacij. Le redke metapopulacije proučevanih vrst dnevnih metuljev pripadajo zgolj enemu tipu, tako jih ima večina hkrati značilnosti več osnovnih metapopulacijskih tipov (Thomas in Hanski, 1997). Obstoj metapopulacij pri strašničinem in temnem mravljiščarju so potrdili v Nemčiji (Settele in sod., 1996; Stettmer in sod., 2001) in na Poljskem (Nowicki in sod., 2005c).

2.4 Ogroženost in varstvo strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*)

Van Swaay in Warren (1999) navajata, da stopnja zmanjševanja števila populacij mravljiščarjev v Evropi v zadnjih 25 letih znaša 20-50 %. Na Nizozemskem sta obe vrsti izumrli. Leta 1990 so ju uspešno naselili, kjer sta danes omejeni zgolj na zavarovana območja (Van Swaay in sod., 2010b). Tudi v Sloveniji preliminarne raziskave kažejo trende upadanja številčnosti populacij, predvsem pa zmanjševanje območij razširjenosti obeh vrst (Verovnik in sod., 2009).

Dejavniki ogrožanja strašničinega in temnega mravljiščarja so:

- intenzivno kmetijstvo (izsuševanje, apnenje, gnojenje, prezgodnja košnja travnikov, spremembe v rabi površin);
- opuščanje košnje in posledično zaraščanje travnikov;
- vodnogospodarski ukrepi;
- gradnja prometne in komunalne infrastrukture ter urbanizacija (Čelik in sod., 2005).

Preglednica 1: Varstveni status strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Evropi in Sloveniji.

	<i>P. teleius</i>	<i>P. nausithous</i>
Dodatek II in IV FFH-direktive: Direktiva evropske skupnosti za ohranitev naravnih habitatov ter prostoživeče favne in flore (Council Directive 92/43/EEC)	+	+
Dodatek II Bernske konvencije – Konvencija o varstvu prostoživečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih življenjskih prostorov (Uradni list RS, št. 55/99)	+	+
Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam (Uradni list RS, 82/2002)	V	V
Uredba o zavarovanih prostoživečih vrstah (Uradni list RS, 46/2004)	zavarovana	zavarovana
Evropski rdeči seznam dnevnih metuljev (Van Swaay in sod., 2010a)	V	NT

V- ranljiva, NT- verjetno ogrožena (near threatened)

Ob vstopu v Evropsko unijo je Slovenija morala določiti območja Natura 2000 na osnovi Direktive o pticah in Direktive o habitatih. Natura 2000 je evropsko ekološko omrežje posebnih varstvenih območij, ki je namenjeno ohranjanju mednarodno pomembnih in ogroženih rastlinskih in živalskih vrst ter habitatov (Čelik in sod., 2005). Ker sta strašnič in temni mravljiščar navedena na Dodatku II in IV Direktive o habitatih, sta kvalifikacijski vrsti za določitev območij Natura 2000. V Sloveniji je bilo za varovanje strašničinega mravljiščarja izbranih 18 območij, za temnega mravljiščarja pa 10 območij. Med izbranimi območji ni bilo Slovenskih goric.

3 MATERIALI IN METODE

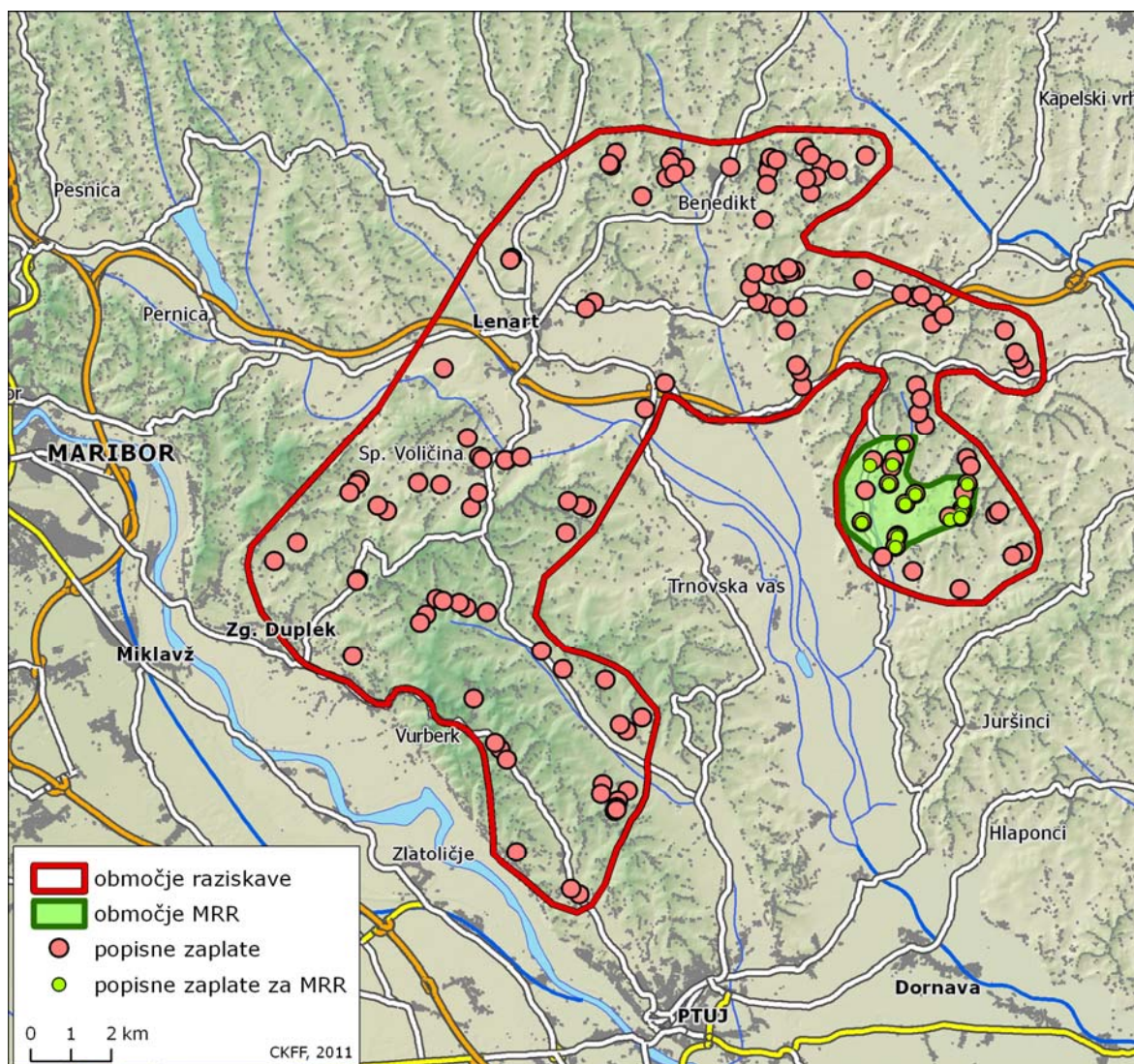
Diplomsko delo smo razdelili v dva sklopa:

- (1) ocena velikosti populacije in migracij strašničinega in temnega mravljiščarja na izbranem območju ter
- (2) ocena ohranjenosti habitata in prisotnosti proučevanih vrst na celotnem območju Osrednjih Slovenskih goric.

3.1 Območje raziskave

Slovenske gorice so najobsežnejše gričevje v Sloveniji. Ležijo v severovzhodni Sloveniji, kjer mejijo na Dravo na zahodu in jugu ter Muro na severu in vzhodu. Posebnost osrednjega dela Slovenskih goric se kaže v nadmorskih višinah, izoblikovanosti površja in odtočnih razmerah. Območje je v primerjavi z ostalimi deli goric precej nižje, rečne doline so široke, slemena pa dolga in položna. V tem delu namesto vinogradništva, ki prevladuje v ostalih delih, prevladujeta poljedelstvo in živinoreja. Velik delež Slovenskih goric zavzemajo rečne doline, ki se v spodnjem toku močno razširijo, še posebej dolini Pesnice in Ščavnice. Tudi v manjših dolinah je dno plosko, vodne struge plitve in tla mokrotna (Perko in Orožen-Adamič, 2001). Za podroben opis območja glej Zakšek (2004).

Slovenske gorice imajo prehodno panonsko podnebje (Perko in Orožen-Adamič, 2001). Poletja so vroča s povprečnimi julijskimi temperaturami okrog 20 °C, zime so ostre s povprečnimi januarskimi temperaturami -2 ali -3 °C in z 950 mm padavin letno (Kert, 1977; Petek, 2000). V namočenih letih pade po slemenih 1300 mm, v sušnih pa le okoli 600 mm padavin. Najmokrejša meseca sta julij in avgust, vendar so zaradi visokih temperatur takrat tudi najpogostejše suše (Perko in Orožen-Adamič, 2001).



Slika 3: Osrednje Slovenske gorice z označenim območjem raziskave: območje označevanja z metodo lova in ponovnega ulova (zeleno) ter celotno območje (rdeče). Zeleni krogi prikazujejo popisne zaplate, na katerih je bila izvajana metoda lova in ponovnega ulova v letu 2006, rdeči krogi pa popisne zaplate v letu 2010.

3.2 Terensko delo

Terensko delo smo opravili v letih 2006 in 2010. V letu 2006 smo označevali strašničinega in temnega mravljiščarja na izbranem območju. V letu 2010 smo preverili prisotnost raziskovanih vrst na vseh zaplatah primerne habitata, ki smo jih registrirali na območju Osrednjih Slovenskih goric (Zakšek, 2004; lastna opažanja).

3.2.1 Metoda lova in ponovnega ulova

Za raziskave populacijske strukture smo uporabili metodo lova, označevanja in ponovnega ulova (MRR: Mark-Release-Recapture ali CMR: Capture-Mark-Release).

Terensko delo je obsegalo 19 dni in potekalo od 15. 7. do 22. 8. 2006, vsak drugi dan oz. glede na vremenske razmere. Metulje smo lovili in označevali med 9.00 in 18.00 uro. Vsak dan vzorčenja so bile pregledane vse vzorčne zaplate v sledečem vrstnem redu: A1 - A2 - A3 - V1 - V2 - S2 - S1 - Z2 - Z1 - N1 - N5 - N4 - N2 - N3 (Slika 4). Metulje smo individualno označili, tako da smo jim z vodoodpornim flomastrom na spodnjo stran zadnjih kril zapisali zaporedno številko. Ob prvem ulovu smo zabeležili tudi spol. Ob vsakem ulovu smo zapisali zaporedno številko osebk, datum ulova, vedenje pred ulovom (sedenje na hranilni rastlini, sedenje drugje in let) in s pomočjo GPS naprave določili natančne koordinate vsakega ulova (najmanj 7 metrov natančno).

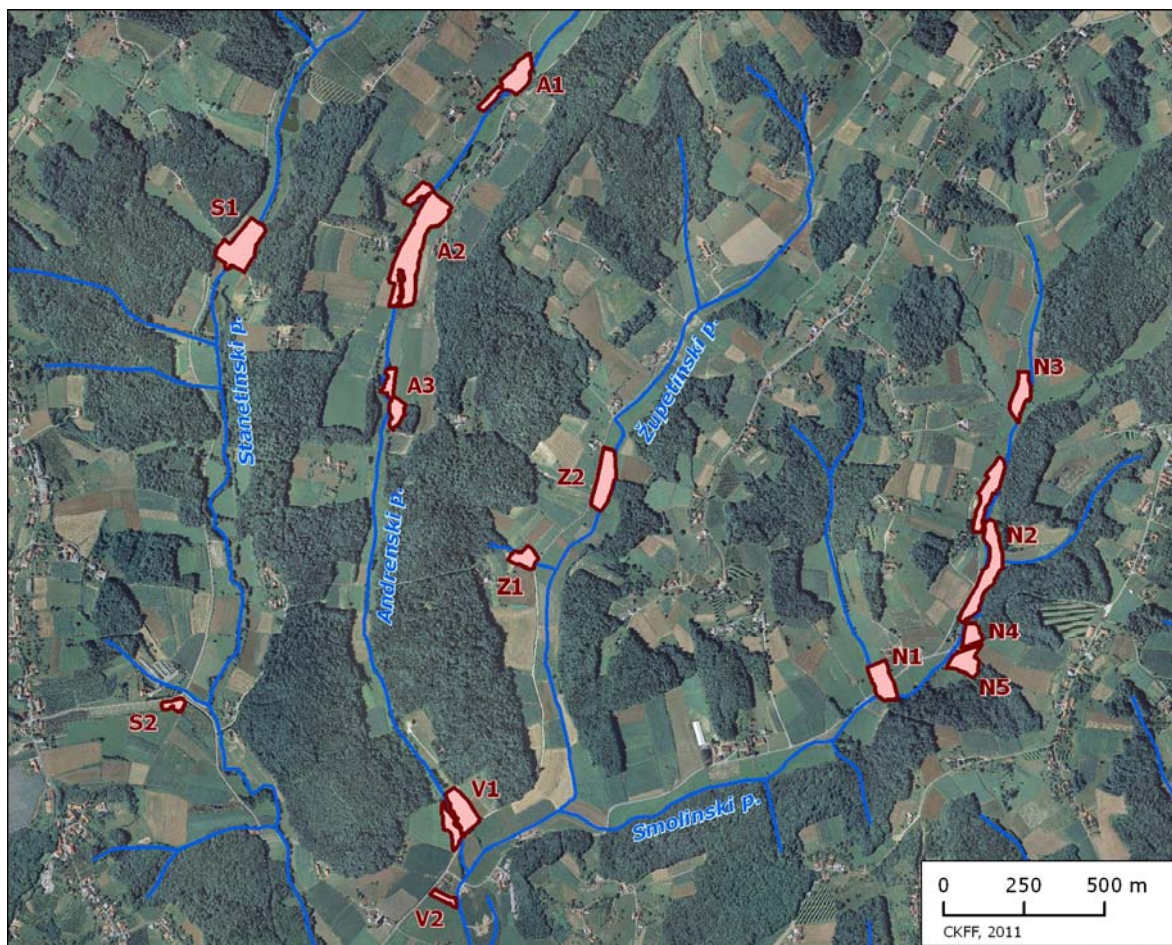
3.2.1.1 Opis zaplat

Območje raziskave je bilo izbrano na istem območju, kot ga je raziskovala Zakšek (2004). Izbrali smo delno izolirana območja z močnimi (sub)populacijami, saj smo želeli zaznati tudi morebitne migracije med populacijami. Za tak tip raziskave je bilo primerno območje štirih dolin potokov južno od Cerkevjenjaka in sicer: Stanetinskega, Andrenskega, Župetinskega in Smolinskega potoka.

V našo raziskavo smo vključili 14 zaplat (preglednica 2, slika 4).

Preglednica 2: Lastnosti zaplat, na katerih smo izvajali metodo lova in ponovnega ulova strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Osrednjih Slovenskih gorica v letu 2006.

Šifra	Površina (ha)	Habitat	Gostota zdravilne strašnice (m ²)	Raba travnika
A1	0,892	mokrotni travnik	1-3	opuščeno, se zarašča
A2	2,748	mokrotni travnik	1-3	košnja
N1	0,699	visoki šaši	0-2	opuščeno, se zarašča
N2	2,122	mokrotni travnik	0-4	košnja
S1	1,312	mokrotni travnik, visoki šaši	0-3	opuščeno, se zarašča, košnja
V1	1,128	mokrotni travnik, obrežna vegetacija	1-3	košnja
Z1	0,385	mokrotni travnik, visoki šaši, ruderalne združbe	0-3	opuščeno, se zarašča
S2	0,204	mokrotni travnik	2	košnja
A3	0,589	mokrotni travnik, visoki šaši	0-2	opuščeno, se zarašča, košnja
Z2	0,897	mokrotni travnik	0-1	košnja
N5	0,595	ruderalne združbe, visoki šaši	0-1	opuščeno, se zarašča
N4	0,337	mokrotni travnik	2	košnja
N3	0,579	mokrotni travniki	0-2	košnja
V2	0,184	gojen travnik	3	košnja
Skupaj	12,671			



Slika 4: Zaplate, na katerih smo izvajali metodo lova in ponovnega ulova strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Osrednjih Slovenskih goricaх v letu 2006.

3.2.2 Stanje habitata in prisotnost strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Osrednjih Slovenskih goricaх

V okviru diplomskega dela smo želeli ugotoviti, kakšno je stanje primernih habitatov v Osrednjih Slovenskih goricaх in kakšna je dinamika poselitve teh zaplat skozi daljše časovno obdobje. Zato smo v letu 2010, v štirih terenskih dnevih (28. 7. - 8. 8.), pregledali vse zaplate, ki so bile v letih 2003 in 2004 popisane kot primeren habitat za strašničinega in temnega mravljiščarja (Zakšek 2004). Kot potencialen habitat smo upoštevali vse zaplate s hranilno rastlino zdravilno strašnico. Slednje sicer ni povsem ustrezno merilo za ugotavljanje primerne habitatov za strašničinega in temnega mravljiščarja, saj je nujno potrebna tudi prisotnost gostiteljskih mravelj. Ob pregledu smo si zabeležili prisotnost oz. odsotnost hranilne rastline, gostoto hranilne rastline in prisotnost obeh vrst mravljiščarjev. Zabeležili smo tudi vse na novo opažene zaplate s hranilno rastlino, oziroma raziskovanima vrstama.

3.3 Analiza podatkov

3.3.1 Analiza podatkov po metodi Cormack-Jolly-Seber

Podatke, pridobljene z MRR metodo, smo obdelali z metodo Cormack-Jolly-Seber, imenovano tudi metoda omejenih linearnih modelov (CLM: Constrained Linear Models) (Schwarz in Arnason, 1996; Schwarz in Seber, 1999), v programu MARK 6.0 (White in Burnham, 1999). Najboljši model smo izbrali na osnovi Akaike informacijskega kriterija (AIC_c) (Hurvich in Tsai, 1989), ki je uporabljen v programu MARK. Model z najmanjšo vrednostjo AIC_c namreč najbolje ustreza zbranim podatkom. Vsi modeli z AIC_c manjšim od 2 naj bi bili podprti z izvornimi podatki (Burnham in Anderson, 1998). Po načelu varčnosti smo izbrali model, ki ima najmanjše število ocenjenih parametrov med dobro podprtimi modeli. Ta način nam omogoča večjo natančnost ocen populacijskih parametrov in se pogosto uporablja pri analizah v podobnih raziskavah metuljev (Schtickzelle in sod., 2002; Nowicki in sod., 2005b).

Program MARK oceni vrednost dveh populacijskih parametrov: stopnjo preživetja (ϕ) in ulovljivost (p). Ulovljivost je verjetnost, da je osebek ulovljen na dan vzorčenja. Stopnja preživetja predstavlja preživetje osebkov iz enega dneva vzorčenja do drugega.

Izbirali smo med šestnajstimi osnovnimi modeli, kjer sta lahko oba parametra konstantna, spremenljiva po času ali po spolu. Program ne oceni ulovljivosti za prvi dan in stopnje preživetja za zadnji dan vzorčenja. Za prvi dan smo pri obeh vrstah privzeli isto ulovljivost kot pri drugem vzorčnem dnevu.

Za strašničinega mravljiščarja smo izračunali najustreznejši model $\phi(.)p(.)$ ($AIC_c = 0,20$; št. parametrov: 2), t.j. ulovljivost in stopnja preživetja se med vzorčenjem ne spreminjata. Pri temnem mravljiščarju pa smo izračunali model $\phi(t)p(.)$ ($AIC_c = 0,94$; št. parametrov: 16), t.j. stopnja preživetja se s časom spreminja, ulovljivost pa je konstantna. MARK pri tem modelu ni ocenil parametra ϕ_2 (stopnja preživetja med drugim in tretjim dnevom vzorčenja). Za nadaljnje računanje smo za ta dan privzeli povprečje ocenjenih ϕ .

Ocene dnevne velikosti populacije in skupne velikosti populacije smo izračunali kot Nowicki (2005c), intervale zaupanja pa kot Settele in sod. (1999). Vse enačbe so povzete v Prilogi A.

Ocene dnevne velikosti populacije smo izračunali iz števila ulovljenih metuljev v vzorčnem dnevu, ki smo ga korigirali z ocenjenim parametrom ulovljivosti. Skupna ocena velikosti populacije je seštevek dnevnih prirastkov, ki smo jih izračunali na podlagi dnevnih ocen velikosti populacije, stopnje preživetja in dolžine intervala med vzorčnimi dnevi. Izračunali smo tudi alternativno oceno skupne velikosti populacije ($N_{kor\ skupna}$), po metodi za metulje, ki jo predlaga Nowicki (2005c). Ta ocena upošteva tudi osebkke, ki poginejo, preden so sploh lahko ulovljeni.

Povprečna pričakovana življenjska doba ($\hat{e}$) je bila izračunana po enačbi (Nowicki in sod., 2005b):

$$\hat{e} = (1 - \hat{\phi})^{-1} - 0,5 . \quad \dots (1)$$

Povprečno pričakovano življenjsko dobo navadno računajo kot (Cook in sod., 1967):

$$\hat{e} = -(\ln \hat{\phi})^{-1} . \quad \dots (2)$$

Enačba št. 2 je sicer namenjena organizmom s stalnim izleganjem. Nowicki predlaga enačbo (1), ker se dnevni metulji izlegajo v skupinah v zgodnjih jutranjih urah (Thomas in Lewington, 1991) in ker enačba (2) podceni življenjsko dobo, če so ocene za ulovljivost majhne (Nowicki in sod., 2005b).

3.3.2 Migracije

Migracijo smo definirali kot prelet osebkov z ene zaplate na drugo. Podatke smo analizirali v programih ESRI ArcView 3.3. in ArcGIS 9.3 ter Microsoft Excel in Access 2003, kjer smo izračunali najkrajše razdalje med točkami migrirajočih osebkov in narisali sheme migracij. Ker smemo predpostavljati, da sklenjen gozd predstavlja neprehoden matriks za migrirajoče osebkove, smo izračunali tudi realnejše dolžine migracijskih poti, kjer smo predvidevali, da so osebkovi migrirali vzdolž dolin, kjer so prisotne odprte travniške površine in vmesne zaplate s primernim larvalnim habitatom.

Migracijsko stopnjo smo izrazili kot delež osebkov, ki so zapustili zaplato x , in vsemi ponovno ujetimi osebkovi na tej zaplati.

4 REZULTATI

4.1 Statistika ulovov

V devetnajstih terenskih dneh od 15. julija do 22. avgusta v letu 2006 smo označili 207 strašničinih in 460 temnih mravljiščarjev (preglednici 3 in 4). Število označenih temnih mravljiščarjev je bilo večje na vseh štirinajstih zaplatah, ki smo jih redno pregledovali (slika 4). Na šestih zaplatah smo označili osebkke obeh vrst in na zaplati N1 smo označili le en osebek strašničinega mravljiščarja. Na sedmih zaplatah nismo označili nobenega osebkka mravljiščarjev. Glede na število ujetih in markiranih osebkov so med sedmimi zaplatami pomembne le štiri, saj je bilo na teh skupno označenih več kot 95 % vseh osebkov. Od teh zaplat ležita dve v dolini Andrenskega potoka (A1 in A2), ena v dolini Smolinskega (N2) in ena na stičišču dolin Smolinskega in Andrenskega potoka (V1).

Preglednica 3: Statistika ulovov strašničinega mravljiščarja (*P. teleius*).

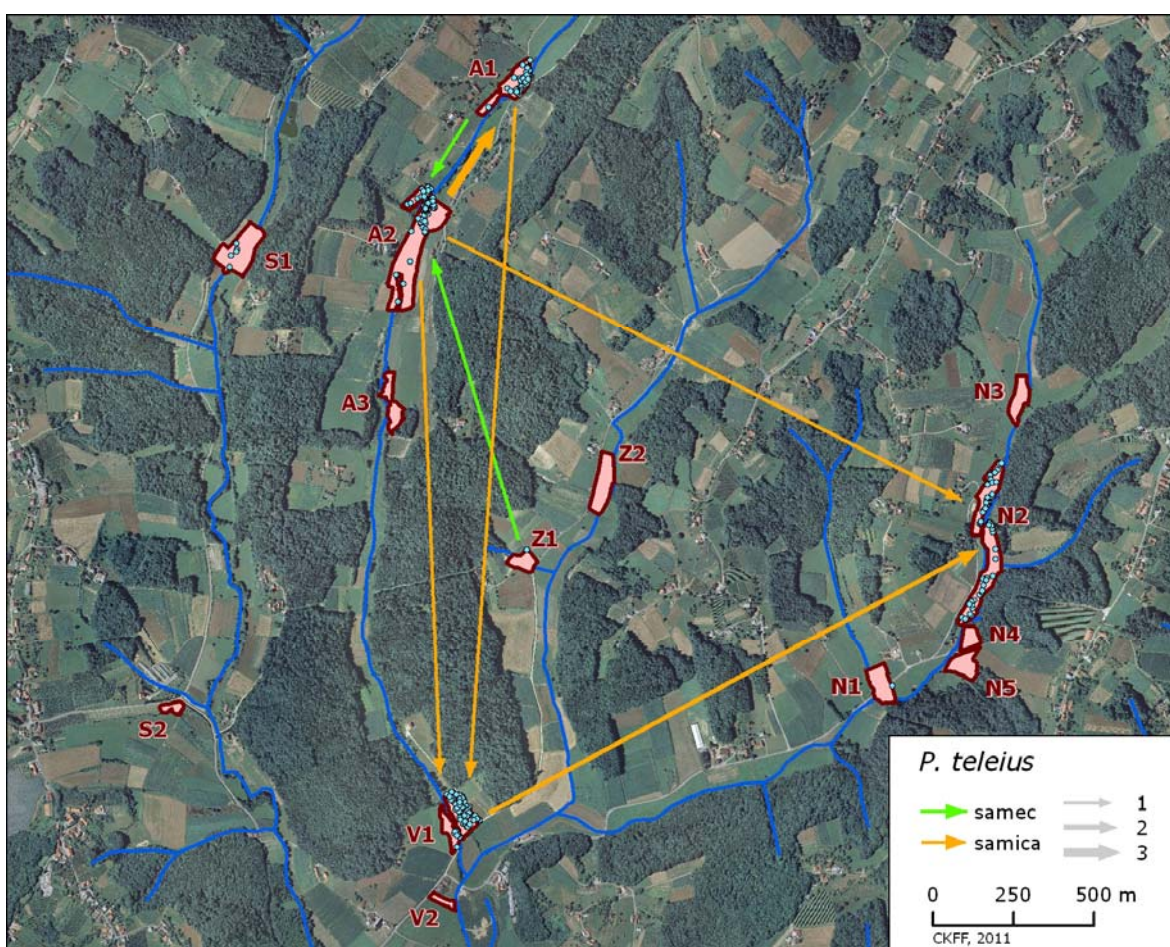
Zaplata	Št. označenih osebkov		Št. ponovno ujetih osebkov		Št. ulovov	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
A1	15	22	4	10	22	37
A2	29	34	7	12	39	50
N1	1	0	0	0	1	0
N2	18	27	6	8	26	37
S1	4	0	1	0	5	0
V1	29	27	18	12	64	47
Z1	1	0	0	0	1	0
Skupaj (♂, ♀)	97	110	36	42	158	171
Skupaj (♂+♀)	207		78		329	

Preglednica 4: Statistika ulovov temnega mravljiščarja (*P. nausithous*).

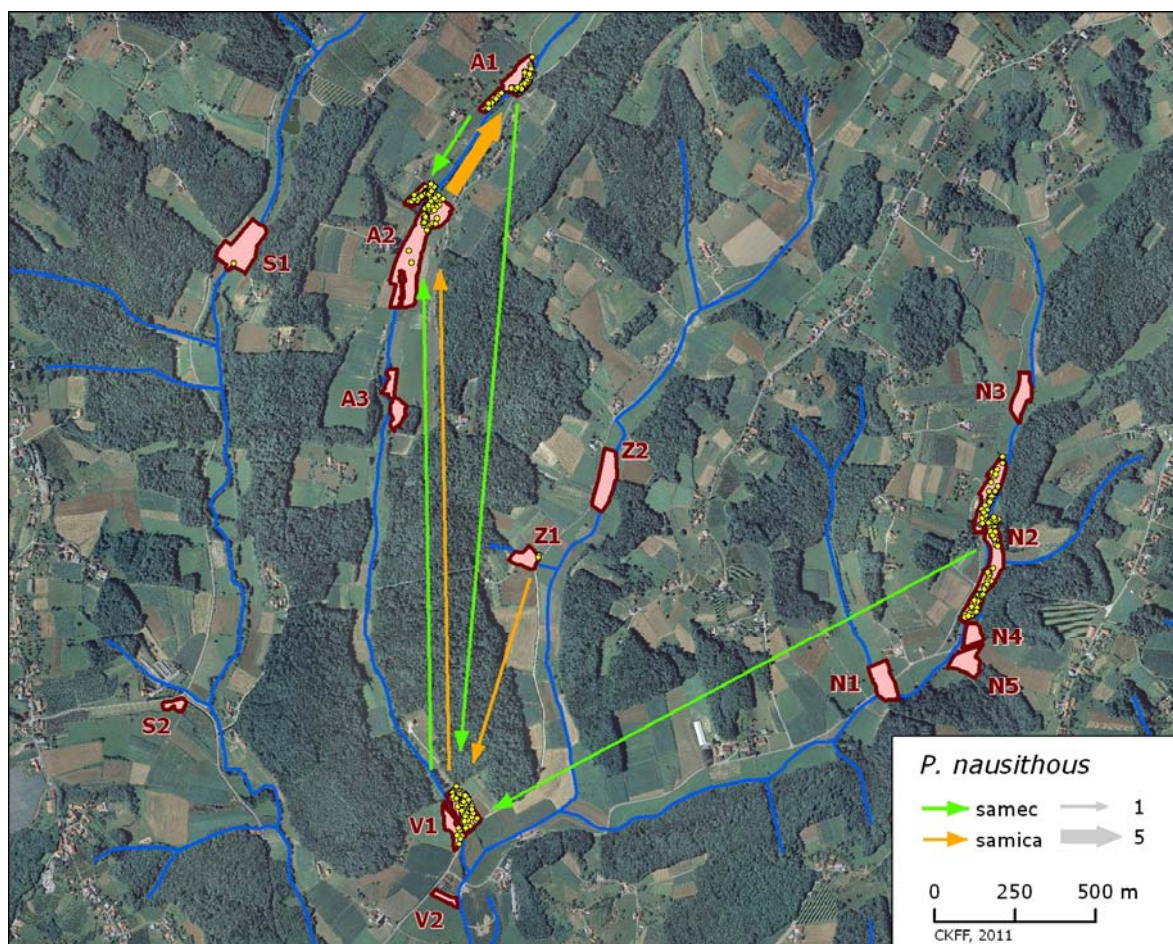
Zaplata	Št. označenih osebkov		Št. ponovno ujetih osebkov		Št. ulovov	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀
A1	41	45	23	24	78	81
A2	71	59	29	22	116	90
N2	106	52	42	12	166	66
S1	1	1	0	0	1	1
V1	36	44	23	9	74	55
Z1	3	1	0	0	3	1
Skupaj (♂, ♀)	258	202	117	67	438	294
Skupaj (♂+♀)	460		184		732	

4.2 Migracije

Med zaplatami smo zabeležili migracije. Skupaj je migriralo devet strašničinih (dva samca in sedem samic) in enajst temnih (štirje samci in sedem samic) mravljiščarjev. En osebek strašničinega mravljiščarja je migriral dvakrat (A2-A1-V1), vsi ostali osebki pa enkrat. Obseg in smer migracij prikazujeta sliki 5 in 6. Največ osebkov je migriralo med najbližjima zaplatama z največjo številčnostjo osebkov. Z zaplate N2, kjer smo prav tako označili veliko število metuljev, nismo opazili niti enega osebka, ki bi migriral na bližnje zaplate v dolini.



Slika 5: Opažene migracije strašničinega mravljiščarja (*P. teleius*) (debelina puščice ponazarja število osebkov).



Slika 6: Opažene migracije temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) (debelina puščice ponazarja število osebkov).

Preglednica 5: Dolžine migracij strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*).

	<i>P. teleius</i>		<i>P. nausithous</i>	
	♂	♀	♂	♀
Najdaljše opažene migracije (m)	1103	2196	2305	1994
Najdaljše realne migracije (m)	3000	2350	2500	2100

Preglednica 6: Migracijska stopnja strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*).

Zaplata	<i>P. teleius</i> (%)	<i>P. nausithous</i> (%)
A1	14,3	4,3
A2	26,3	9,8
N1	0	0
N2	0	1,9
S1	0	0
V1	6,7	6,3
Z1	100,0*	25,0*

*Za zaplato Z1 ni bilo mogoče izračunati migracijske stopnje na enak način kot za vse ostale, saj na tej zaplato ni bilo ponovno ujetih osebkov. Za zaplato Z1 je tako podan kvocient med migrirajočimi osebki in vsemi označenimi osebki na tej zaplato.

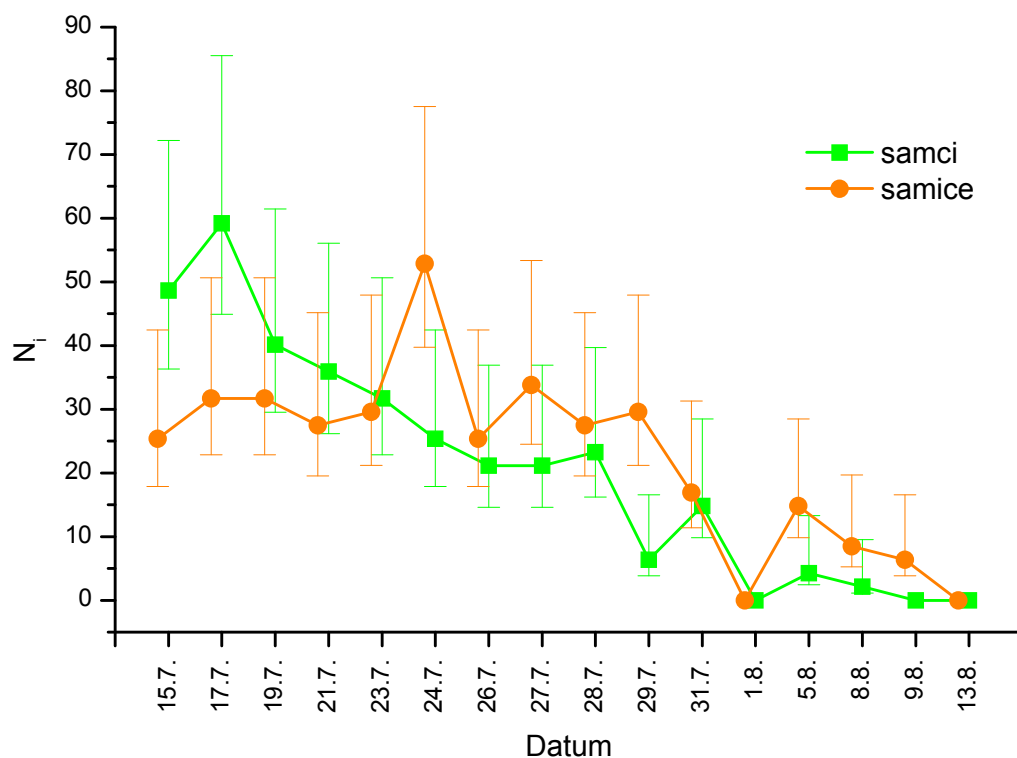
Zabeležene migracije med zaplatami in relativno visoke migracijske stopnje so razlog, da smo oceno velikosti metapopulacije (populacije) izračunali za vse zaplate skupaj in ne ločeno.

4.3 Dnevne ocene velikosti populacije

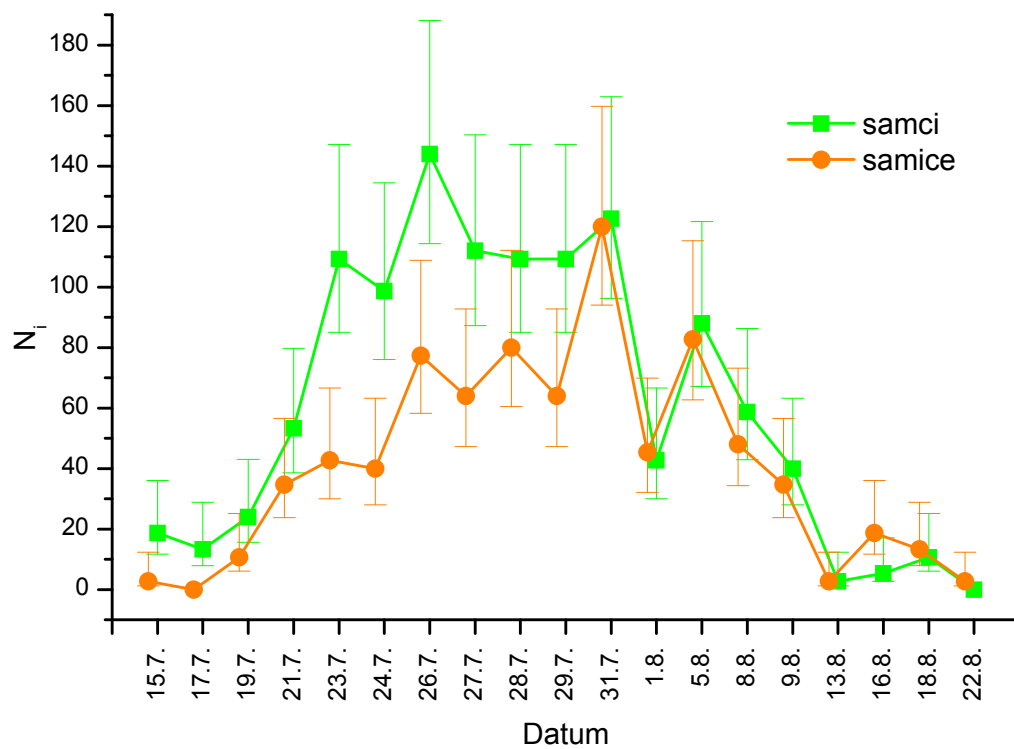
Ob prvem terenskem obisku, 15. 7., smo ujeli 35 strašničinih in 8 temnih mravljiščarjev. Glede na število ujetih osebkov strašničinih mravljiščarjev domnevamo, da se je vrsta začela pojavljati že nekaj dni prej. Osebkke strašničinega mravljiščarja smo nato označevali do 9. 8. 2006, temnega pa do 22. 8. 2006. Pri temnem mravljiščarju smo z vzorčenjem zajeli celotno fenološko fazo te vrste, pri strašničinem pa ne. Na območju raziskave so do 21.7. prevladovali strašničini mravljiščarji, kasneje pa temni mravljiščarji.

Najvišja dnevna ocena števila temnih mravljiščarjev je bila 243 osebkov. Ta dan smo npr. skupno ujeli 91 osebkov. Sprva (po 15.7.) majhno število osebkov je naraščalo do 26.7., nato pa se je postopno zmanjševalo do vrednosti podobnih tistim, ki smo jih ocenili na začetku opazovanja. Nižje dnevne ocene med 31. 7. in 1. 8. so verjetno posledica dežja.

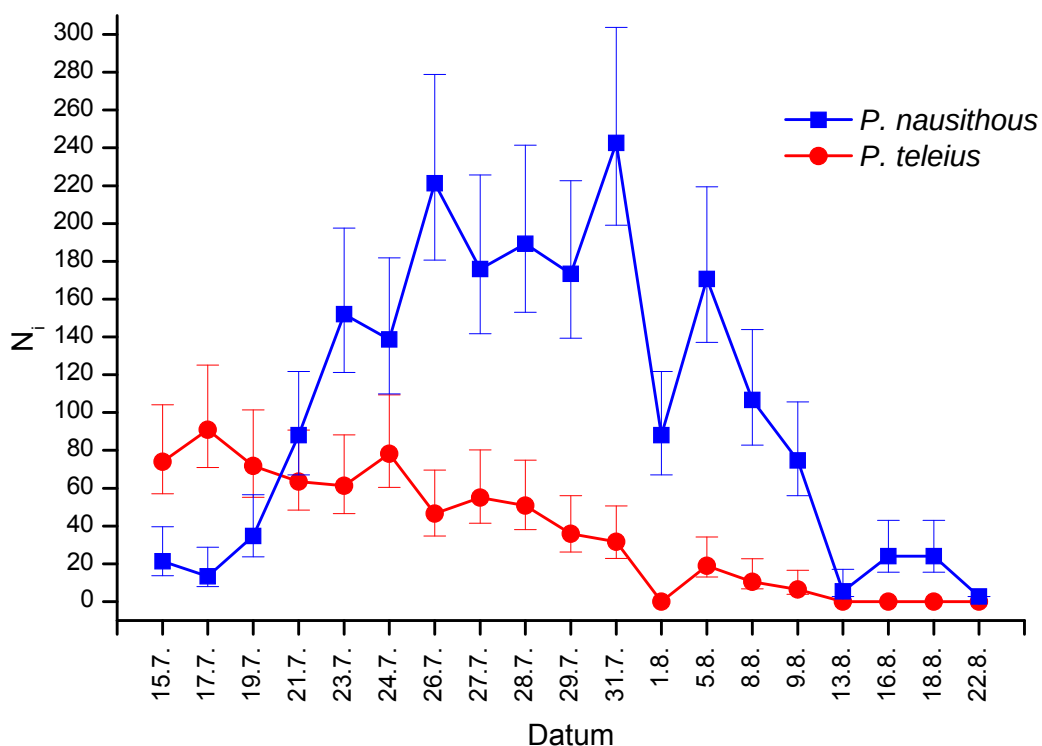
Glede na obliko krivulje dnevnega števila strašničinih mravljiščarjev in primerjavo s temnim mravljiščarjem predvidevamo, da se je vrsta pričela pojavljati približno 10 dni pred začetkom našega vzorčenja. Kot kažejo rezultati, smo vzorčenje začeli v času, ko je vrsta najaktivnejša. Najvišjo dnevno oceno števila strašničinih mravljiščarjev (91 osebkov) smo zabeležili že 17. junija. Pri samicah je najvišja ocena številčnosti nekoliko zaostala (24. 7., slika 3); takrat so bile številčnejše od samcev.



Slika 7: Ocene dnevne velikosti populacije za strašničinega mravljiščarja (*P. teleius*) s 95 % intervali zaupanja.



Slika 8: Ocene dnevne velikosti populacije za temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) s 95 % intervali zaupanja.



Slika 9: Skupne ocene dnevne velikosti populacije za strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) s 95 % intervali zaupanja.

4.4 Ocena velikosti populacije, življenjska doba in spolno razmerje

Ocena velikosti populacije temnega mravljiščarja je skoraj trikrat večja od ocene velikosti populacije strašničinega mravljiščarja. Pri obeh vrstah je po izračunu Nowickega za metulje (2005c) ocena velikosti populacije večja za približno 10 %.

Preglednica 7: Oceni velikosti populacije v generaciji za strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*).

	<i>P. teleius</i>	<i>P. nausithous</i>
	(95 % interval zaupanja)	(95 % interval zaupanja)
N skupna ♂	159 (103-215)	473 (338-609)
N skupna ♀	162 (110-218)	343 (240-446)
N skupna (♂+♀)	308 (207-532)	815 (706-924)
N kor skupna ♂	176 (114-238)	522 (373-672)
N kor skupna ♀	185 (121-248)	376 (263-488)
N kor skupna (♂+♀)	348 (207-600)	897 (777-1017)

Najdaljša opažena življenjska doba je pri temnem mravljiščarju daljša za 3 dni. Tudi povprečna pričakovana življenjska doba je daljša pri temnem mravljiščarju. Spolno razmerje je pri strašničinem mravljiščarju pomaknjeno v prid samic, pri temnem pa v prid samcev.

Preglednica 8: Življenjska doba in razmerje označenih osebkov.

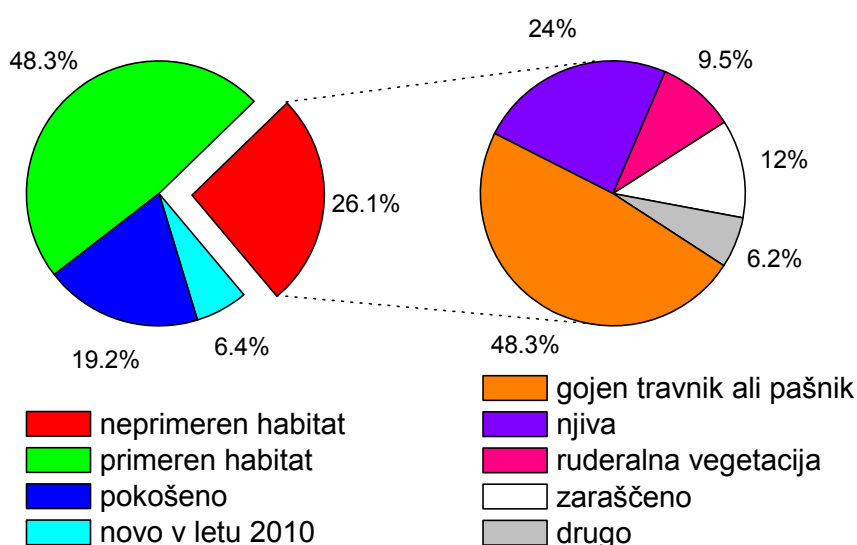
	<i>P. teleius</i>	<i>P. nausithous</i>
spolno razmerje markiranih osebkov (samci/samice)	0,88	1,28
$\hat{e}$ (povprečna pričakovana življenjska doba)	3,09	3,29
najdaljša opazovana življenjska doba	13 dni	16 dni

4.5 Stanje habitata in prisotnost strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Osrednjih Slovenskih gorica

V letih 2003 in 2004 so v Osrednjih Slovenskih gorica zabeležili 124 zaplat s skupno površino 84,3 ha, na katerih je rastla zdravilna strašnica (Zakšek, 2004). Ponoven pregled vseh zaplat je pokazal, da je skupna površina primerne habitat v letu 2010 le 49,2 ha

(55 %), od tega smo 5,7 ha opazili prvič. Zaplate, kjer ni več hranilne rastline zaradi spremembe namembnosti in rabe zaplate, merijo 23,5 ha (26,1 %). Od tega intenzivno gnojeni travniki in pašniki predstavljajo 11,4 ha (48,3 %), njive 5,6 ha (24 %), zaraščajoči travniki 2,8 ha (12 %), ruderalna vegetacija 2,2 ha (9,5 %) in ostalo 1,5 ha (6,2 %) (slika 10). Pokošanih je bilo, 17,3 ha (19,2 %) zaplat, ki so veljale kot primerne (slika 10).

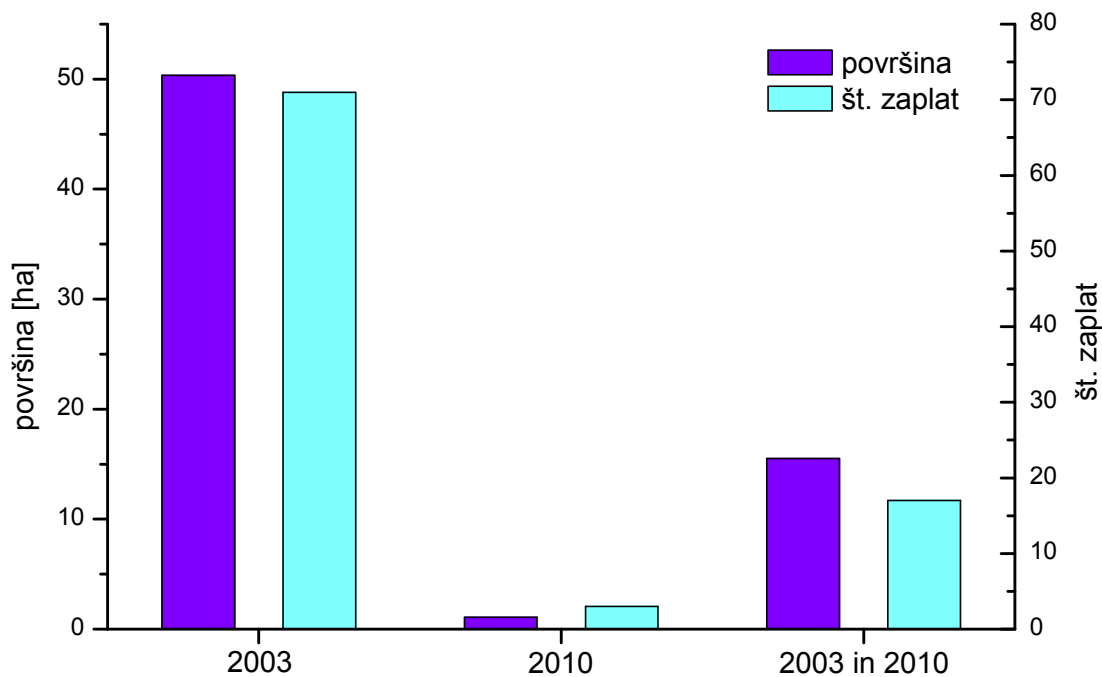
Zaplate, ki niso več primerne za strašničinega in temnega mravljiščarja, so razporejene enakomerno po vsem območju (slika 15). Opazili smo izginjanje tako majhnih kot velikih zaplat. Povprečna velikost zaplate, ki predstavlja primeren habitat za strašničinega in temnega mravljiščarja, se je zmanjšala z 0,68 ha (2003) na 0,58 ha v letu 2010.



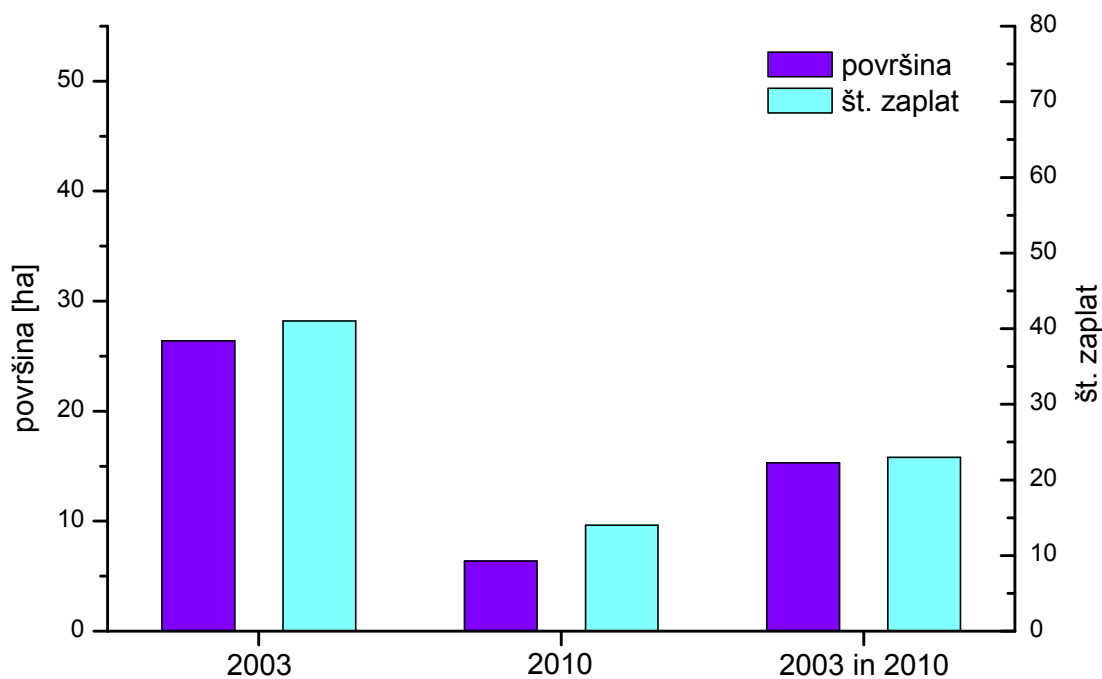
Slika 10: Primerjava habitata strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) med letoma 2003 in 2010. Na levi strani je prikazan delež habitatov mravljiščarjev, ki je bil uničen med letoma 2003 in 2010. Na desni strani so prikazani deleži neprimerne habitata.

V letu 2003 so strašničinega mravljiščarja v Osrednjih Slovenskih gorica opazili na 87 zaplatah. V letu 2010 smo ga registrirali le še na 20 zaplatah (slika 11 in 13), torej se je v sedmih letih zasedenost zaplat s strašničnim mravljiščarjem zmanjšala za drastičnih 73 % (slika 11). V 2010 je ostalo zasedenih 17 zaplat (19 %; 15,5 ha), na 71 zaplatah vrste (78 %; 50,3 ha) nismo več našli, pač pa smo jo prvič registrirali in na treh zaplatah (3 %; 1,1 ha).

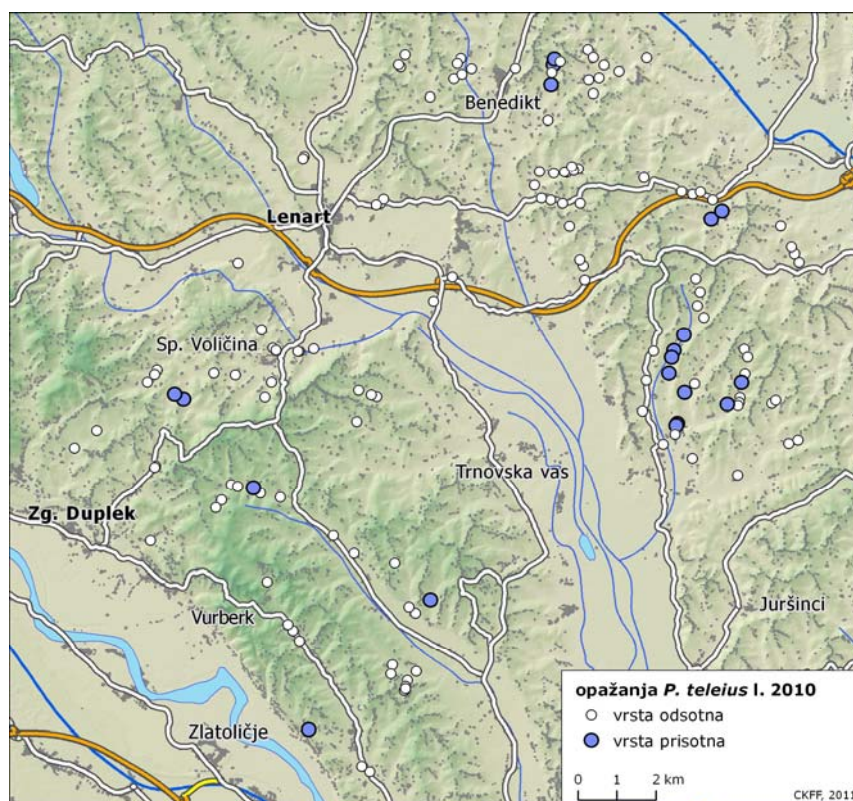
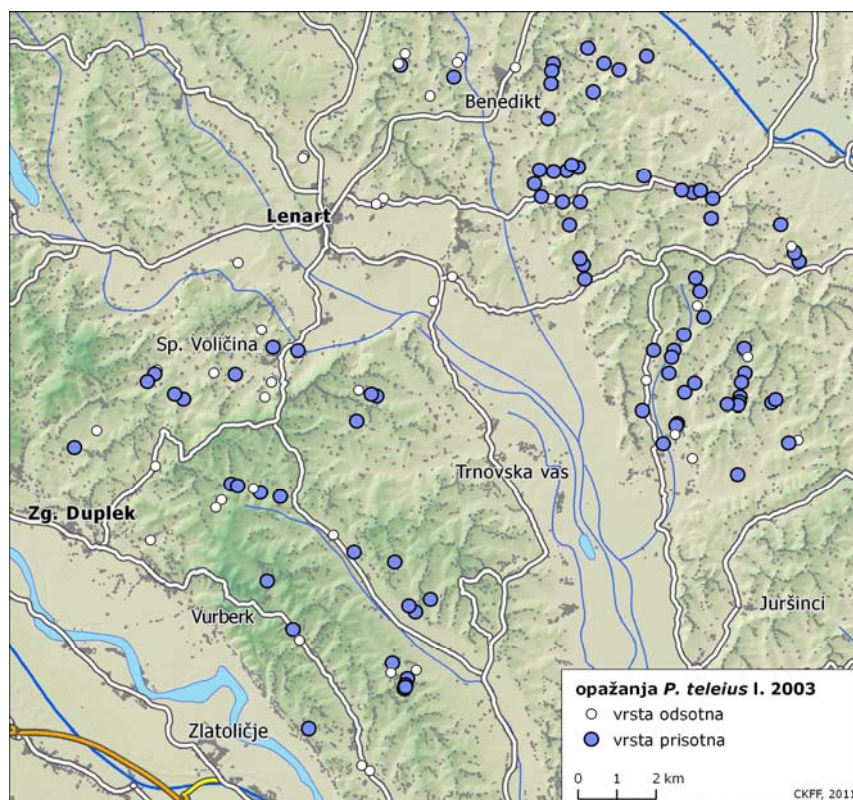
Manjši upad (20 %) zasedenosti zaplat smo zabeležili pri temnem mravljiščarju. V letu 2010 smo jo zabeležili na 55 zaplatah (slika 12 in 14). V obeh popisih smo vrsto našli na 23 zaplatah (29,5 %; 15,3 ha). Leta 2003 je naseljevala še 41 zaplat (52,5 %; 26,4 ha), leta 2010 pa 14 zaplat (18 %; 6,4 ha) (slika 12).



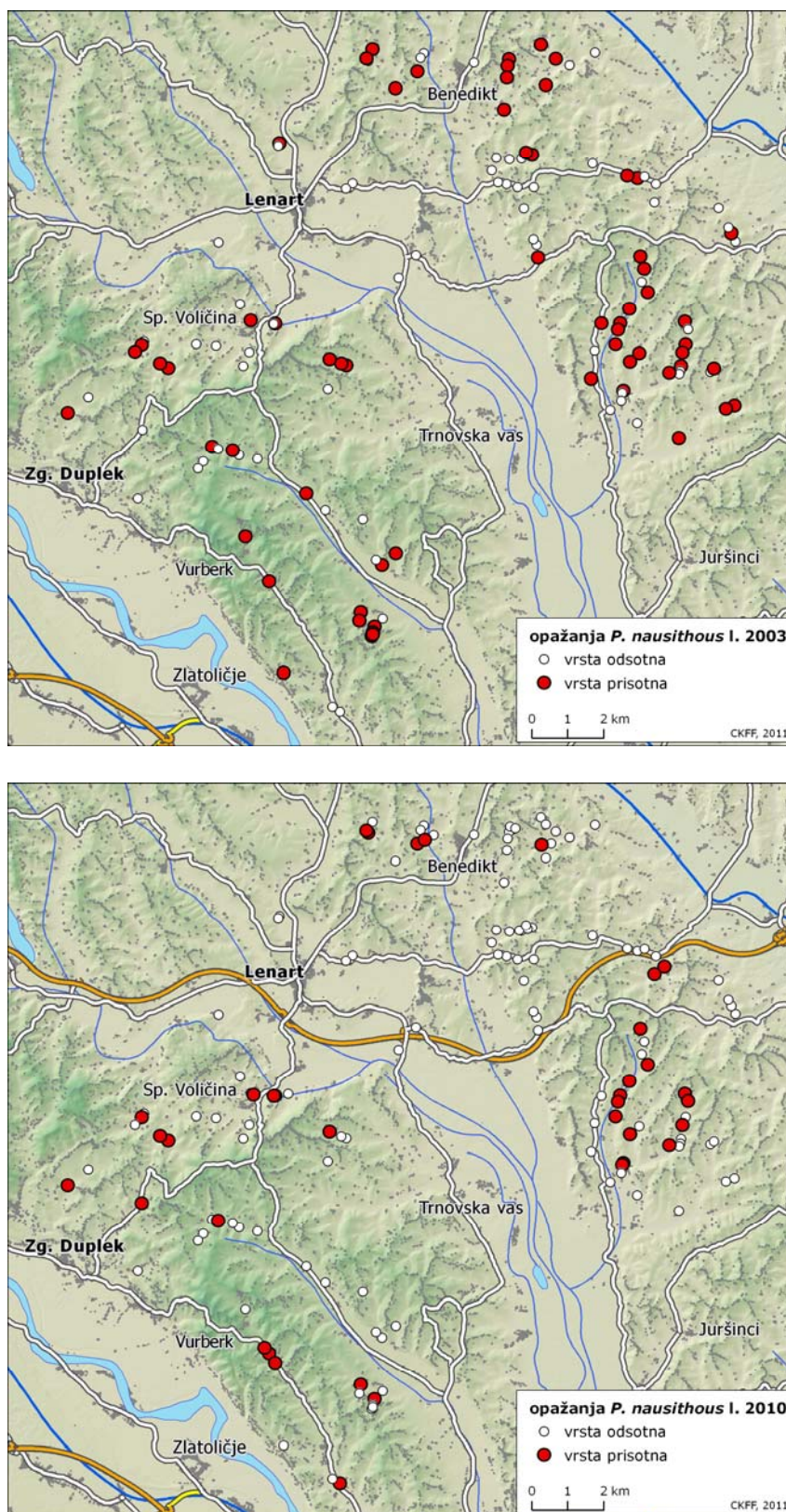
Slika 11: Površina in število zaplat s strašničnim mravljiščarjem (*P. teleius*), ki so bile zasedene samo leta 2003, samo v letu 2010 in v obeh letih popisa.



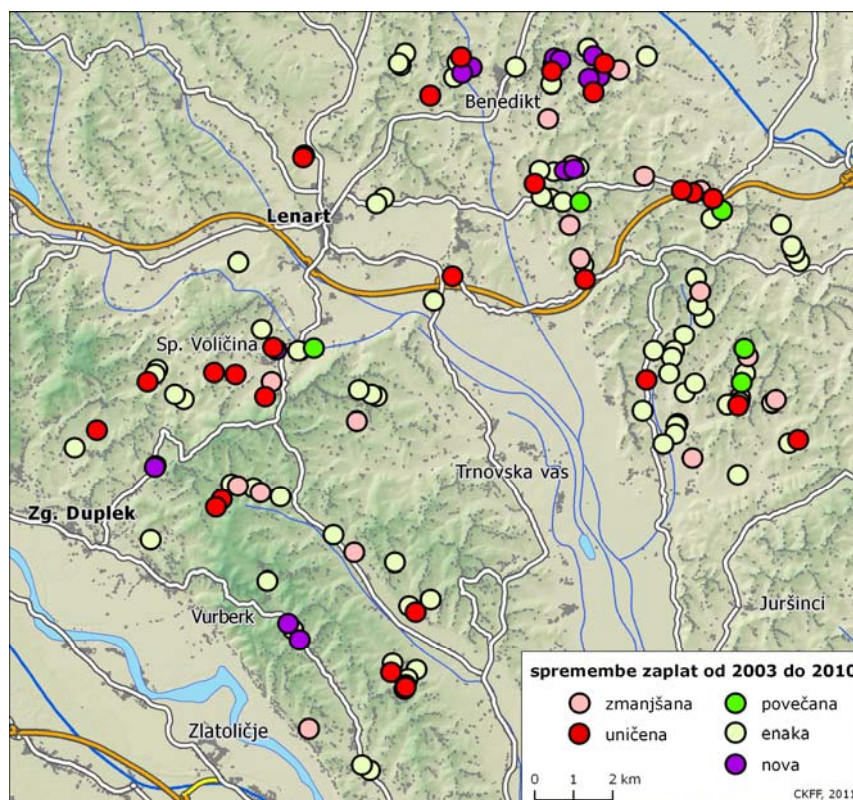
Slika 12: Površina in število zaplat s temnim mravljiščarjem (*P. nausithous*), ki so bile zasedene samo leta 2003, samo v letu 2010 in v obeh letih popisa.



Slika 13: Opažanja strašničinega mravljiščarja (*P. teleius*) v Osrednjih Slovenskih gorah v letih 2003 in 2010.



Slika 14: Opažanja temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Osrednjih Slovenskih gorica v letih 2003 in 2010.



Slika 15: Stanje iz leta 2003 primerneга habitata strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v letu 2010.

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 Populacijska struktura

Ocene velikosti dnevne populacije nihajo, kar je lahko posledica vremenskih razmer, vpliva človeka (predvsem košnja) in znotraj populacijskih razmer, kot so rodnost, umrljivost, priseljevanje, odseljevanje in spolna struktura. Strašničnin mravljiščar se je najštevilčneje pojavljal med 17. 7. in 24. 7. Podobne podatke za Goričko navajata Malačič (2005) za leto 2003 in Verovnik in sod. (2009) za leto 2008.

Temni mravljiščar se je začel pojavljati kasneje kot strašničnin mravljiščar. Najvišjo oceno dnevne velikosti populacije je bila 26. 7. in 31. 7., kar je podobno kot v Nemčiji (Binzenhöfer in Settele, 2000) in Sloveniji (Malačič, 2005; Verovnik in sod., 2009).

Obe vrsti imata bimodalno fenološko fazo (Nowicki in sod., 2005c). Pri strašničninem mravljiščarju bimodalnost lahko pripišemo kasnejšemu izleganju samic, pri temnem mravljiščarju pa je ta lahko posledica polimorfizma v rasti gosenic (Witek in sod., 2006). V mravljiščih mravelj *Myrmica* lahko najdemo eno- in dvoletne gosenice te vrste, ki se ne zabubijo hkrati. Verjetnost zabubljenja je odvisna od mase gosenic (Witek in sod., 2006).

Na proučevanem območju večjo številčnost dosega temni mravljiščar, za katerega skupna ocenjena številčnost presega 800 osebkov (preglednica 7). Podobna številčnost je bila ugotovljena na Goričkem, kjer ocena za leto 2003 znaša 753 osebkov (Malačič, 2005), za leto 2008 pa 306 osebkov (Verovnik in sod., 2009). Na območju Motvarjevcev na Goričkem so preučevali le del populacije temnega mravljiščarja, saj tam najdemo velike komplekse mokrotnih travnikov, ki so primeren habitat za mravljiščarje. Na območju Osrednjih Slovenskih goric pa imamo verjetno metapopulacijo, razporejeno po številnih fragmentih primerne habitat. Visoka številčnost temnega mravljiščarja je morda le prehodnega značaja. Ker se veliko larvalnega habitat zarašča, je v območju več mravljišč *Myrmica rubra*, ki začasno omogočajo večje preživetje gosenic temnega mravljiščarja (Thomas, 1984; Munguira in Martin, 1999).

Ocena številčnosti za strašničninega mravljiščarja je približno za polovico manjša kot za temnega mravljiščarja (preglednica 7). To je najnižja ocena za to vrsto v Sloveniji. Na Goričkem so ocene precej višje, in sicer 2610 osebkov v letu 2003 (Malačič, 2005) in 1799 v letu 2008 (Verovnik in sod., 2009). V Volčkah je ocena 595 osebkov in 317 in 463 osebkov pri Ilirski Bistrici (Verovnik in sod., 2009). Naša ocena celotne velikosti populacije za strašničninega mravljiščarja je verjetno nekoliko podcenjena, zaradi prepozna začetka označevanja.

Nowicki (2005d) navaja, da je pri mravljiščarjih spolno razmerje vedno pomaknjeno v prid samic. V naši raziskavi smo to opazili samo pri strašničninem mravljiščarju, kar pa bi lahko

bila tudi posledica domnevno nepopolnega vzorčenja, saj so se samci izlegli pred samicami.

Povprečna pričakovana življenjska doba pri temnem mravljiščarju (3,29) je nekoliko višja kot pri strašničinem mravljiščarju (3,09). Podobne rezultate navajata tudi Malačič (2005) za populacije v Motvarjevcih (Goričko) in Nowicki (2005a, 2005c) za Poljsko, kjer je povprečna pričakovana življenjska doba za obe vrsti med tremi in štirimi dnevi.

Najdaljša opazovana življenjska doba je bila prav tako višja pri temnem mravljiščarju (16 dni) kot pri strašničinem mravljiščarju (13 dni). Malačič (2005) navaja krajši dobi za obe vrsti, medtem ko so v Nemčiji opazovali daljše življenjske dobe in sicer 14 dni za strašničinega ter 21 dni za temnega mravljiščarja (Stettmer in sod., 2001).

5.2 Metapopulacija in migracije

Z našo študijo žal ne moremo z gotovostjo prepoznati, ali populaciji obeh vrst metuljev na raziskovanem območju tvorita populacijo ali metapopulacijo. Oba pojava je težko razlikovati (Stacey in sod., 1997).

Na metapopulacijo lahko sklepamo iz migracij, ki smo jih zabeležili med posameznimi zaplatami (preglednica 6, sliki 5 in 6) in tudi iz razlik zasedenosti posameznih zaplat v popisih v letih 2003 in 2010. Zaplate, ki so bile leta 2003 opredeljene le kot potencialen habitat, so bile v letu 2010 naseljene vsaj z eno vrsto in obratno.

Na zaplati S1 (dolina Stanetinskega potoka) nismo zabeležili migrantov, zato ne moremo zagotovo trditi, da je ta zaplata del potencialne metapopulacije. To je lahko posledica nizkega števila označenih osebkov na tej zaplati (štirje osebki strašničinega in en osebek temnega mravljiščarja), lahko pa je ta zaplata izolirana. Glede na največje preletne razdalje obeh vrst (sliki 5 in 6) bi lahko pričakovali, da je tudi ta zaplata del metapopulacije, vendar bi zaradi redkosti pojavljanja obeh vrst potrebovali monitoring z metodo MRR skozi daljše časovno obdobje. Zanimivo je, da so bile na tem območju v letih 2003 in 2004 opažene ene izmed največjih gostot obeh vrst v Osrednjih Slovenskih goricaх (Zakšek, 2004). Razlog za tako izrazit upad številčnosti v letih 2006 in 2010 je stopnja zaraščanje na enem delu in intenzivna košnja na drugem delu nekdanjega habitata. Poleg zaplate S1 v dolini Stanetinskega potoka tudi zaplata N1 v dolini Novinskega potoka (sliki 5 in 6) ni bila vključena v migracije. Na tej zaplati je bil označen samo en strašničin mravljiščar, zato domnevamo, da je bil to migrirajoč osebek, ki smo opazili zgolj slučajno. Na zaplatah N3, N4 in N5 nismo opazili mravljiščarjev. Slednje je verjetno posledica intenzivne košnje zaplat N4 in N3 ter zaraščanja zaplate N5.

Najdaljše opažene migracije presegajo 2 km. Navedbe migracijskih razdalj iz Nemčije so za strašničinega mravljiščarja podobne (2,4 km), za temnega pa precej daljše (5,1 km) (Bizenhöfer in Settele, 2000). Vzrok za razlike je verjetno v razlikah reliefa; v Nemčiji so

migracije opazovali na ravnini, v kompleksu odprtih travniških habitatov brez gozdnih pregrad. Nenazadnje je obseg našega območja precej manjši; zračna razdalja med najbolj oddaljenima zaplatama znaša 2,8 km.

Realne migracijske razdalje pa so ponavadi precej daljše od tistih, ki jih opazujemo z metodo MRR znotraj obstoječih metapopulacij (Thomas in sod., 1992; Hanski in Kuussaari, 1995). Tako metulji niso omejeni zgolj znotraj ugotovljenih migracijskih poti, ampak lahko preletijo tudi daljše razdalje in tako kolonizirajo neposeljene primerne zaplate, kar omogoča širjenje metapopulacije (Settele, 1998; Wynhoff, 2001).

V naši raziskavi smo zabeležili tudi migracije med dolinami, kar pomeni, da bi morali ti osebkі preleteti površine, ki za njih predstavljajo neprimeren habitat, in premagovati tudi razlike v nadmorskih višinah pri preletavanju grebenov med dolinami. Te so poleg tega prekrіte z gozdovi, zato je bolj verjetno, da ti osebkі med zaplatami uporabljajo koridorje vzdolž dolin, ki predstavljajo za njih bolj ugodno pot. S tem pa se njihova migracijska razdalja še poveča (preglednica 5).

5.3 Stanje habitata in razširjenost strašničinega (*P. teleius*) in temnega mravljiščarja (*P. nausithous*) v Osrednjih Slovenskih goricaх

Primerjava stanja potencialnih primernih habitatov iz let 2003 in 2010, kaže, da se površina potencialnega habitata zmanjšuje približno 5 % letno. Še bolj se je zmanjšalo število in površina zasedenih zaplat, saj je bilo leta 2003 zasedenih 88 (65,8 ha) zaplat s strašničnim mravljiščarjem, leta 2010 le 20 (16,6 ha) zaplat. Podobno je pri temnem mravljiščarju, kjer je bilo v letu 2003 zasedenih 64 zaplat (41,7 ha) in v 2010 37 zaplat (21,7 ha). Podatki glede izginjanja primerneга habitata in zasedenosti zaplat na območju Osrednjih Slovenskih goric, ki predstavljajo drugo največje območje sklenjene poselitve obeh vrst v Sloveniji, je alarmanten. Število zasedenih zaplat se zmanjšuje mnogo hitreje, kot bi lahko pričakovali iz obsega uničenega habitata.

Približno 20 % (17,3 ha) zaplat je neustreznih zaradi košnje, torej bi jih v večini primerov s spremembo režima košnje, prepovedjo gnojenja in dosejevanja najverjetneje lahko povrnili v sistem ustreznih zaplat za obe proučevani vrsti metuljev. To deloma velja tudi za intenzivne gojene travnike in pašnike, kjer pa bi bil proces obnove ustreznega habitata bistveno daljši.

Košnja ima v času pojavljanja odraslih osebkov negativen vpliv, ker odraslim osebkom odvzamemo nektarske rastline in zmanjša število rastlin, na katere lahko metulji odložijo jajčeca. Ravno zaradi košnje je pomembno vzdrževati mrežo ustreznih zaplat, kamor lahko odrasli osebkі migrirajo, če je habitat na rojstni zaplati začasno neustrezen. Še bolj problematična je košnja v juliju in avgustu, ko mravljiščarji že odložijo večino jajčec, saj s tem odstranimo celoten zarod obeh vrst na taki zaplati.

Večina (48 %) neprimerne habitatata predstavljajo intenzivni travniki in pašniki (slika 10). To pomeni, da na območju Osrednjih Slovenskih goric predstavlja največji problem intenzifikacija travnikov in spreminjanje košnje v pašo. Prevelika obremenitev pašnika z živino lahko privede do prepašenosti in popolnega upostošenja travnikov. Glede na položne lege v dolinah smo pričakovali, da bo izguba habitatata mravljiščarjev predvsem povezana s spreminjanjem travnikov v njive ter deloma v pozidane površine, ki predstavljajo 30 % neprimerne habitatata. Ne vemo, ali so katere od teh površin vključene v okoljska plačila, vendar menimo, da je stanje vsaj deloma posledica kmetijske državne politike. Republika Slovenija spodbuja intenzivno rabo pašnikov v kmetijstvu (Uredba o plačilih za ukrepe osi 2 iz Programa razvoja podeželja Republike Slovenije za obdobje 2007-2013 v letih 2007-2013, UL 14/2010), kar je zagotovo slaba novica za mravljiščarje, verjetno pa tudi za večino metuljev.

Deset odstotkov površin je zaraščenih z ruderalno vegetacijo (slika 10), kar je posledica izgradnje avtocestnega kraka Maribor - Murska Sobota, ki poteka po dolini Cogetinskega potoka. Nekatere izmed teh bi bilo še mogoče povrniti v prvotno stanje, predvsem pa te površine poučno kažejo obseg posrednih vplivov gradnje avtoceste.

Podatki v letu 2010 so bili pridobljeni zgolj ob enkratnem pregledu vseh zaplat, zato so lahko podcenjeni. Prisotnost oziroma odsotnost vrste ob enkratnem obisku je lahko posledica večjih dejavnikov, kot so npr.: čas obiska, vremenske razmere, košnja, gostota populacij in migracije.

Pri temnem mravljiščarju so razlike v zasedenosti zaplat med letoma 2003 in 2010 manjše kot pri strašničinem mravljiščarju (sliki 11 in 12). Temu je verjetno vzrok dejstvo, da lahko vrsta zaseda tudi manjše zaplate, kot so jarki ali robovi travnikov s hranilno rastlino (Wynhoff, 2001). Na raziskovanem območju smo opazili tudi trend zmanjševanja površine primernih zaplat. Povprečna velikost zaplate v letu 2010 je 0,6 ha, kar je verjetno premalo za strašničinega mravljiščarja, ki potrebuje za »zdrave populacije« vsaj 1 ha velike zaplate (Settele in sod., 1999). Glavni vzrok za večjo zasedenost zaplat s temnim mravljiščarjem pa je verjetno prisotnost mravelj, saj vrsta *Myrmica rubra*, ki je glavna gostiteljica temnega mravljiščarja, ni občutljiva na zaraščanje tako kot *M. scabrinodis*, ki je glavna gostiteljica strašničinega mravljiščarja.

Na območju Osrednjih Slovenskih goric smo populacije obeh vrst mravljiščarjev spoznali kot globalno pomembne. Gostote in velikosti populacij na tem območju dosega 2 – 15 % glede na celotno populacijo vrste v državi (Čelik in sod., 2004). Tako sta bili za območje Slovenskih goric, na podlagi strašničinega in temnega mravljiščarja, predlagani 2 območji Natura 2000 in sicer: Osrednje Slovenske gorice JZ in Osrednje Slovenske gorice V (Čelik in sod., 2004). Slednje pokriva tudi območje populacijske raziskave v letu 2006 predstavljene v tem diplomskem delu, podlaga za razglasitev pa je predvsem študija Zakškove (2004).

Aprila 2004 je Republika Slovenija razglasila območja Natura 2000 (Uradni list 45/04), med katerimi pa med drugim ni bilo območij pomembnih za obe vrsti mravljiščarjev v Slovenskih gorica. To je posledica dejstva, da je bila naloga Strokovna izhodišča za vzpostavljanje omrežja Natura 2000 – Metulji (Lepidoptera) (Čelik in sod., 2004), zaključena šele meseca oktobra. Območij, ki niso bila razglašena aprila (Uradni list 45/04) in so predlagana v Čelik in sod. (2004) Republika Slovenija ni nikoli vključila v omrežje Natura 2000. Prav tako na teh območjih ni treba izvajati presoj sprejemljivosti posegov v naravo, kot je bilo to opredeljeno za pomembna območja za ptice z Uredbo o dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (območjih Natura 2000) (Uradni list 43/2008). Na Biogeografskem seminarju je bilo ugotovljeno, da je za določene vrste potrebno razširiti oziroma določiti več območij Natura 2000 v Sloveniji (Zagmajster in Skaberne, 2006). Za obe vrsti mravljiščarjev menimo, da je treba opredeliti dodatna območja. Na podlagi tega je Zavod Republike Slovenije za varstvo narave podal predloge za dopolnitev območij Natura 2000, med katerimi sta tudi obe predlagani območji za mravljiščarje v Slovenskih gorica (Verovnik, ustno). Predlog je še vedno v obravnavi na Ministrstvu Republike Slovenije za okolje in prostor. Tako sta danes na območju Slovenskih Goric vrsti in njun habitat formalno zavarovani, vendar ne v okviru omrežja Natura 2000. Status tega območja kot Natura 2000 bi zagotovo omejil določene posege v ta prostor in tako prispeval tudi k izvajanju mravljiščarjem bolj prijazne kmetijske politike, pa čeprav je tudi slednja pogosto neučinkovita in le redko izvajana.

Prav tako pa na teh območjih ni možno izvajati naravovarstvenih projektov iz programa Life+, ki so omejeni na Natura 2000 območja.

Brez ustreznega (specifičnega) varstva bodo mravljiščarji iz Osrednjih Slovenskih goric izginili. Upamo lahko, da bo območje vključeno v omrežje Natura 2000 in bo s tem podana pravna podlaga dolgoročne ohranitve mravljiščarjev na tem območju. A zgolj pravna podlaga ne bo dovolj, zato predlagamo naslednje ukrepe:

- ustrezna košnja na zaplatah primerne habitata (v maju in septembru, jesenska košnja na 2-3 leta na opuščeni travnikih);
- ohranjanje mozaika enokosnih (košnja v septembru) in dvokosnih travnikov (košnja v maju in septembru) ter površin, košenih na 2 do 3 leta;
- ohranjanje nekošenih jarkov in cestnih robov, ki lahko predstavljajo migracijske koridorje med zaplatami;
- vzdrževanje higrofilne vegetacije na vlažnih in močvirnih travnikih brez gnojenja in dodatnega izsuševanja;
- ohranjanje omrežja zaplat, z največjo razdaljo med njimi 2 km;
- preprečitev nadaljnega uničevanja primerne habitata s spreminjanjem v obdelovalne površine in z urbanizacijo.

Ti ukrepi bodo zaživel le, če bo država finančno podprla drugačen način kmetovanja.

5.4 Sklepi

- Na območju štirih dolin južno od Cerkevneja vrsti *P. teleius* in *P. nausithous* tvorita metapopulacijo.
- Zaplate so povezane z migracijami tako znotraj dolin kot med njimi.
- Potrebno je ohranjanje celotnega območja in ne zgolj posameznih zaplat.
- Povprečna velikost zaplate s hranilno rastlino se je v sedmih letih zmanjšala za 0,1 ha.
- Na območju Osrednjih Slovenskih goric je bilo v sedmih letih uničenega skoraj tretjina primerne habitatne za strašničinega in temnega mravljiščarja. Če se bo uničevanje na tem območju nadaljevalo s takšno hitrostjo in intenziteto, bosta vrsti že v naslednjih desetletjih izginili iz Osrednjih Slovenskih goric.
- Z aktivnim varovanjem strašničinega in temnega mravljiščarja, predvsem njunih habitatov, je potrebno začeti takoj.

6 POVZETEK

Ekološko specializirani vrsti strašničin (*Phengaris teleius*) in temni (*P. nausithous*) mravljiščar sta vrsti, ki si delita isto larvalno hranilno rastlino, zdravilno strašnico (*Sanguisorba officinalis*). Gosenice parazitirajo v mravljiščih mravelj iz rodu *Myrmica*. Obe vrsti sta v Evropi ogroženi in zavarovani.

Slovenske gorice predstavljajo drugo največje območje sklenjene razširjenosti obeh vrst mravljiščarjev v Sloveniji. To območje je zato pomembno tako v slovenskem kot tudi v evropskem merilu.

Raziskava je razdeljena na dva dela. V prvem smo s pomočjo metode lova in ponovnega ulova hoteli oceniti velikost populacije in predvsem ugotoviti, če vrsti na proučevanem območju živita v majhnih izoliranih populacijah ali pa tvorijo metapopulacijo. V drugem delu smo na celotnem območju Osrednjih Slovenskih goric preverili, kakšno je stanje primerne habitatata v primerjavi s popisi iz leta 2003 in 2004 (Zakšek, 2004).

Metodo lova in ponovnega ulova smo med 15. julijem in 22. avgustom 2006 izvajali v štirih dolinah južno od Cerkvenjaka. Vzorčenje je potekalo na 14 zaplatah, vendar samo na 7 smo markirali vsaj en osebek. Označili smo 207 osebkov strašničinega in 460 osebkov temnega mravljiščarja.

Zabeležili smo migracije po dolinah in tudi med dolinami. Skupno je migriralo devet (dva samca in sedem samic) osebkov strašničinega in enajst osebkov (štirje samci in sedem samic) temnega mravljiščarja. Najdaljše opažene migracije v ravni liniji so bile 2196 m za strašničinega in 2305 m za temnega mravljiščarja.

Zaradi pogostih migracij smo izračunali ocene velikosti populacij za celotno območje skupaj. Ocena velikosti populacije za celotno območje je za strašničinega 308 (207-523) osebkov in 815 (706-924) osebkov za temnega mravljiščarja.

V letu 2010 smo na podlagi raziskave Zakšek (2004) pregledali vse površine s primernim habitatom za strašničinega in temnega mravljiščarja v Osrednjih Slovenskih gorica ter ugotovili, da je 26 % popisane habitatata uničenega, 19 % pokošene in 55 % primerne habitatata. Opazen je tudi upad v zasedenosti zaplat, 73 % upad pri strašničinem in 20 % upad pri temnem mravljiščarju.

Kljub podanemu predlogu za razglasitev Natura 2000 območij Osrednje Slovenske gorice JZ in V, Republika Slovenija teh območij še ni vključila v omrežje Natura 2000. Glede na alarmantno stanje ugotovljeno s to raziskavo, ocenjujemo, da je nujen takojšen začetek aktivnega varstva. Za slednje predlagamo predvsem ozaveščanje kmetov o mravljiščarjem prijaznem kmetovanju, finančno spodbudo za izvajanje le tega in vključitev območij v omrežje Natura 2000.

7 VIRI

7.1 Citirani viri

- Als T. D., Vila R., Kandul N. P., Nash D. R., Yen S., Hsu Y., Mignault A. A., Boomsma J. J., Pierce N. E. 2004. The evolution of alternative parasitic life histories in large blue butterflies. *Nature* 432: 386–390.
- Arnold R. A. 1983. Ecological studies of six endangered butterflies (Lepidoptera: Lycaenidae): Island Biogeography, patch dynamics and the design of habitat preserves. *Univ. Calif. Publ. Entomology*, 99: 1–161.
- Bereczki, J., Pecsénye, K. & Varga, Z. (2006): Geographical versus food plant differentiation in populations of *Maculinea alcon* (Lepidoptera, Lycaenidae) in Northern Hungary. – *European Journal of Entomology*, 103: 725–732. (IF: 0.734)
- Binzenhöfer B., Settele J. 2000. Vergleichende autökologische Untersuchungen an *Maculinea nausithous* (Bergstr., 1779) und *Maculinea teleius* (Bergstr., 1779) (Lep: Lycaenidae) im nördlichen Steigerwald. V: *Populationsökologische Studien an Tagfaltern* 2. Settele J., Kleinewietfeld S. (eds.). UFZ- Bericht, Leipzig. Nr. 2: 1–99.
- Burnham K. P., Anderson D. R. (1998). *Model selection and inference*. Springer-Verlag: New York, 353 str.
- Cook L. M., Browe L. P., Croze H. J. 1967. The accuracy of a population estimation from multiple recapture data. *Journal Animal Ecology*, 36: 57–60.
- Čelik T. 1994. Najjužnejša najdišča vrste *Maculinea teleius* Bergstr. v Sloveniji (Lepidoptera: Lycaenidae). *Acta entomologica Slovenica*, 2: 19–24.
- Čelik T., Rebeušek F. 1996. *Atlas ogroženih vrst dnevnih metuljev Slovenije*. Slovensko entomološko društvo Štefana Michielija, Ljubljana: 100 str.
- Čelik T., Verovnik R., Rebeušek F., Gomboc S., Lasan M. 2004. *Strokovna izhodišča za vzpostavlanje omrežja NATURA 2000: Metulji (Lepidoptera)*. Končno poročilo. Biološki inštitut Jovana Hadžija ZRC SAZU, Ljubljana: 297 str.
- Čelik T., Verovnik R., Gomboc S., Lasan M. 2005. *NATURA 2000 v Sloveniji: Metulji (Lepidoptera)*. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana: 288 str.
- Dowdswell W. H., Fisher R. A., Ford E. B. 1940. The quantitative study of populations in the Lepidoptera. *Ann. Eugen.* 10: 123–136.

- Elmes G.W., Thomas J.A. 1994. Die Gattung *Maculinea*. V: Pro Natura-Schweizerischer Bund für Naturschutz (SBN). Tagfalter und ihre Lebensräume-Arten-Gefährdung-Schutz. Vol 1. Schweizerischer Bund für Naturschutz, Basel: 516 str.
- Elmes G.W., Thomas J.A., Wardlaw J.C., Hochberg M.E., Clarke R.T., Simcox D.J. 1998. The ecology of *Myrmica* ants in relation to the conservation of *Maculinea* butterflies. *Journal of Insect Conservation*, 2: 67–78.
- Ford E. B. 1945. Butterflies. Collins, London: 368 str.
- Ford H. D., Ford E. B. 1930. Fluctuations in numbers and its influence on variation in *Melitaea aurinia*. *Transactions of the Entomological Society London*, 78: 345–351.
- Fric Z., Wahlberg N., Pech P., Zrzavý J. 2007. Phylogeny and classification of the *Phengaris-Maculinea* clade (Lepidoptera: Lycaenidae): total evidence and phylogenetic species concepts. *Systematic Entomology*, 32: 558–567.
- Hanski I., Kuussaari M. 1995. Butterfly metapopulation dynamics. V: Population dynamics: New Approaches and Synthesis. Cappuccino N., Price P. W. (eds.). Academic Press, San Diego: 149–172.
- Hanski I., Simberloff D. 1997. The Metapopulation Approach. Its History Conceptual Domain and Application to Conservation. V: Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution. Hanski I., Gilpin M. E. (ur.). San Diego, Academic Press: 5–26.
- Hafner, J., 1910. Makrolepidopteren von Görz und Umgebung. Beitrag zur Kenntnis des Fauna österreichischen Küstenlandes. *Entomologische Zeitschrift*, Stuttgart (Frankfurt a. M.) 24: 20–21, 31–32, 49–50, 56–57, 62, 67, 73–74, 79–80, 85, 91, 95–96, 101–103, 108–110, 114–115.
- Hill J. K., Thomas C. D., Lewis O. T. 1996. Effects of habitat patch size and isolation on dispersal by *Hesperia comma* butterflies: implications for metapopulation structure. *Journal Animal Ecology* 65: 725–735.
- Hurvich C. M., Tsai C. 1989. Regression and time series model selection in small samples. *Biometrika* 76: 297–307.
- Kert B. 1977. Socialnogeografska proučitev Pesniške doline s posebnim ozirom na pokrajinsko transformacijo pod vplivom hidromelioracij. Inštitut za geografijo Univerze v Ljubljani, Ljubljana: 27 str.

- Levins R. 1969. Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 15: 237–240.
- Malačič K. 2005. Migracijski potencial in ogroženost strašičnega (*Maculinea teleius* Bergsträsser 1997) in temnega mravljiščarja (*Maculinea nausithous* Bergsträsser 1779) (Lepidoptera: Lycaenidae) na vzhodnem Goričkem. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. Pedagoška fakulteta, Naravoslovnotehniška fakulteta, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, Biotehniška fakulteta, program: kemija in biologija: 58 str.
- Moilanen A., Hanski I. 1998. Metapopulation dynamics: effects of habitat quality and landscape structure. *Ecology*, 97 (7): 2503–2515.
- Mousson L., Neve G., Baguette M. 1999. Metapopulation structure and conservation of the cranberry fritillary *Boloria aquilonaris* (Lepidoptera, nymphalidae) in Belgium. *Biological Conservation* 87: 285–293.
- Munguira M.L., Martin J. 1999. Action plan for *Maculinea* butterflies in Europe. *Nature and Environment*. No. 97. Council of Europe Publishing, Strasbourg: 64 str.
- New T. R., Pyle R. M., Thomas J. A., Thomas C. D., Hammond P. C. 1995. Butterfly conservation management. *Annual Review Entomology* 40: 57–83.
- Nowicki P., Settele J., Thomas J. A., Woyciechowski M. 2005a. A review of population structure of *Maculinea* butterflies. V: *Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe*. Vol. 2: *Species Ecology along a European Gradient: Maculinea Butterflies as a model*. Settele J., Kühn E., Thomas J. A. (Eds). Sofija-Moskva, Pensoft: 144–149.
- Nowicki P., Richter A., Glinka U., Holzschuh A., Toelke U., Henle K., Woyciechowski M., Settele J. 2005b. Less input same output – simplified approach for population size assessment in Lepidoptera. *Population Ecology* 47: 203–212.
- Nowicki P., Witek M., Skórka P., Settele J., Woyciechowski M. 2005c. Population ecology of the endangered butterflies *Maculinea teleius* and *M. nausithous*, and its implications for conservation. *Population Ecology* 47: 193–202.
- Pecsenye, K., Bereczki, J., Tihanyi, B., Tóth, A., Peregovits, L. & Varga, Z. (2007): Genetic differentiation among *Maculinea* species (Lepidoptera, Lycaenidae) in eastern Central Europe. – *Biological Journal of the Linnean Society* 91: 11–21.
- Perko D., Orožen-Adamič M (ur.). 2001. Slovenija. Pokrajine in ljudje. Mladinska knjiga, Ljubljana: 735 str.

- Petek B. 2000. Agrarnogeografska problematika v Osrednjih Slovenskih gorica z ekološkega vidika, na primeru naselij Sp. Senarska, Selce in Malna v občini Lenart. V: Lenarški zbornik Toš M. (ur.) Občina Lenart: 81–102.
- Schtickzelle N., Le Boulenge E., Baguette M. 2002. Metapopulation dynamics of the bog fritillary butterfly: demographic processes in a patchy population. *Oikos* 97: 349–360.
- Schwarz C. J., Arnason A. N. 1996. A general methodology for the analysis of capture-recapture experiments in open populations. *Biometrics* 52: 860–873.
- Schwarz C. J., Seber G. A. F. 1999. Estimating animal abundance: review III. *Statistical Science* 14: 427–456.
- Seber G. A. F. 1973. The estimation of animal abundance and related parameters. Griffin, London: 506 str.
- Settele J. 1998. Metapopulationsanalyse auf Rasterdatenbasi - Möglichkeiten des Modelleinsatzes und der Ergebnisumsetzung im Landschaftsmaßstab am Beispiel von Tagfaltern. Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (Hrsg.): Leipzig: Teubner Verlagsgesellschaft, 130 str.
- Settele J., Henle K., Bender C. 1996. Metapopulationen und Biotopverbund: Theorie und Praxis am Beispiel von Schmetterlingen und Reptilien. *Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz*, 6: 187–206.
- Settele J., Feldmann R., Reinhardt R. 1999. Die Tagfalter Deutschlands. Ein Handbuch für Freilandökologen, Umweltplaner Und Naturschützer. Ulmer. Stuttgart: 452 str.
- Stacey P. B., Johnson V. A., Taper L. M. 1997. Migration within metapopulations: The Impact upon Local Population Dynamics. V: *Metapopulation biology. Ecology, Genetics and Evolution*. Hanski I., Gilpin M. E. (eds.). San Diego, Academic Press: 267–291.
- Stettmer C., Binzenhöfer B., Hartmann P. 2001. Habitatmanagement und Schutzmaßnahmen für die Ameisenbläulinge *Glaucopsyche teleius* und *Glaucopsyche nausithous*. Teil 1: Populationsdynamik, Ausbreitungsverhalten und Biotopverbund. *Natur und Landschaft*, 76(6): 278–287.
- Škvarč A. 2002. Dnevni metulji (Lepidoptera: Rhopalocera) kot bioindikatorji vrstne pestrosti in ogroženosti posameznih življenjskih okolij na Ljubljanskem barju. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 78 str.

- Tolman T., Lewington R. 1997. Butterflies of Britain & Europe. Collins field guide. HarperCollinsPublishers, London: 104 pl. 320 str.
- Thomas J. A., Lewington. 1991. The butterflies of Britain and Ireland. Kindsley, London: 224 str.
- Thomas C. D., Thomas J. A., Warren M. S. 1992. Distributions of occupied and vacant butterfly habitats in fragmented landscapes. *Oecologia* 92: 563–567.
- Thomas J. A. 1984. The Behaviour and Habitat Requirements of *Maculinea nausithous* (the Dusky Large Blue Butterfly) and *M. teleius* (the Scarce Large Blue) in France. *Biological Conservation*, 28: 325–347.
- Thomas J.A., Elmes, G.W., Wardlaw J.C., Woyciechowski M. 1989. Host specificity among *Maculinea* butterflies in *Myrmica* ant nests. *Oecologia*, 79: 425–457.
- Thomas C. D., Jones T. M. 1993. Partial recovery of a skipper butterfly (*Hesperia comma*) from population refuges: lessons for coservation in a fragmented landscape. *Journal of Animal Ecology*, 62: 472–481.
- Thomas C. D., Hanski I. 1997. Butterfly Metapopulations. V: Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution. Hanski I, Gilpin M. E. (ur.). San Diego, Academic Press: 359–386.
- Thomas J.A., Simcox D.J., Wardlaw J.C., Elmes G.W., Hochberg M.E., Clarke R.T. 1998. Effects of latitude, altitude and climate on the habitat and conservation of the endangered butterfly *Maculinea arion* and its *Myrmica* ant hosts. *Journal of Insect Conservation*, 2: 39–46.
- Thomas J. A., Elmes G. W. 1998. Higher productivity at the cost of increased host-specificity when *Maculinea* larvae exploit ant colonies through trophallaxis rather than by predation. *Ecological Entomology* 23: 457–464.
- Thomas J. A., Clarke R. T., Randle Z., Simcox D. J., Schöngrogge, Elmes G. W., Wardlaw J. C., Settele J. 2005. V: Studies on the Ecology and Conservation of Butterflies in Europe. Vol. 2: Species Ecology along a European Gradient: *Maculinea* Butterflies as a model. Settele J., Kühn E., Thomas J. A. (Eds). Moskva-Sofija, Pensoft: 28–31.
- Van Swaay C.A.M., Warren M.S. 1999. Red data book of European Butterflies (Rhoptalocera). Nature and Environment. No. 99. Council of Europe Publishing, Strasbourg : 260 str.

- Van Swaay C., Cuttelod A., Collins S., Maes D., López Munguira M., Šašić M., Settele J., Verovnik R., Verstrael T., Warren M., Wiemers M., Wynhoff I. 2010a. European Red List of Butterflies. Publications Office of the European Union, Luxembourg: 47 str.
- Van Swaay C. A. M., Collins S., Dusej G., Maes D., Munguira M. L., Rakosy L., Ryrholm N., Šašić M., Settele J., Thomas J., Verovnik R., Verstrael T., Warren M. S., Wiemers M., Wynhoff I. 2010b. Do's and don'ts for the butterflies of the Habitats Directive. Report VS2010.037, Butterfly Conservation Europe, De Vlinderstichting, Wageningen: 49 str.
- Verovnik R. 2000a. Razširjenost dnevnih metuljev (Lepidoptera: Rhopalocera) na Goričkem (severovzhodna Slovenija). *Natura Sloveniae*, 2(1): 41–59.
- Verovnik R. 2000b. A contribution to the knowledge of the butterfly fauna (Lepidoptera: Rhopalocera) of the Cerkljansko-Idrijsko region, west Slovenia, with notes on their vertical distribution. *Natura Sloveniae*, 2(1): 47–59.
- Verovnik R. 2002. Poročilo lepidopterološke skupine. V: Planinc G. (ur.) Raziskovalni tabor študentov biologije Videm pri Ptuj 2002. Društvo študentov biologije, Ljubljana: 41–44.
- Verovnik R., Čelik T., Grobelnik V., Šalamun A., Sečen T., Govedič M. 2009. Vzpostavitev monitoringa izbranih ciljnih vst metuljev. Končno poročilo – III. Mejnik.
- Warren M. S. 1994. The UK status and suspected metapopulation structure of threatened european butterfly, the Marsh Fritillary *Eurodryas aurinia*. *Biological conservation* 67: 239–249.
- White G. C., Burnham K. P. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird study* 46: 120–138.
- Witek M., Sliwinska E. B., Skórka P., Nowicki P., Settele J., Woyciechowski M. 2006. Polymorphic growth in larvae of Maculinea butterflies, as an example of biennialism in myrmecophilous insects. *Oecologia* 148: 729–733.
- Wynhoff I. 2001. At Home on Foreign Meadows: the Reintroduction of two *Maculinea* Butterfly species. Doctoral thesis. Wageningen Agricultural University: 235 str.
- Zakšek V. 2004. Izbira habitata in ogroženost metuljev *Maculinea teleius* in *Maculinea nausithous* (Lepidoptera: Lycaenidae) v Osrednjih Slovenskih goricah. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 58 str.
- Uredba o zavarovanih prostoživečih živalskih vrstah. Uradni list RS, 46/2004.

Uredba o posebnih varstvenih območjih - območjih Natura 2000 (Uradni list št. 45/04)

Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam. Uradni list RS, 82/2002.

Zakon o ratifikaciji Konvencije o varstvu prosto živečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov. Uradni list RS 55/1999.

Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora (Direktiva Sveta 92/43/EGS z dne 21. maja 1992 o ohranjanju naravnih habitatov ter prosto živečih živalskih in rastlinskih vrst. EGT L 206, 22. 7. 1992, s.7.

Zagmajster M., Skaberne B. 2006. Pregled končnih odločitev Biogeografskega seminarja – Celinska regija, z vključenimi NVO stališči. Darova (CZ), 26. – 28. 4. 2006 (verzija 28. 5. 2006)
(http://www.umanotera.org/upload/files/Natura2000/CelinskiBiogeogrSeminar_zakljucki.pdf).

<http://www.macman-project.de>

7.2 Drugi viri

- Čelik T. 2003. Populacijska struktura, migracije in ogroženost vrste *Coenonympha oedippus* Fabricius, 1787 (Lepidoptera: Satyridae) v fragmentirani krajini. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 100 str.
- Verovnik R. 2011. "Metulji in Natura 2000". Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo (osebni vir, april 2011).

ZAHVALA

Hvala Piotru Nowickemu za prve napotke pri spoznavanju s programom MARK, literaturo in pomoč pri samih analizah.

Hvala mentorju za vodenje tekom diplome, literaturo in predvsem za razumevanje pri spremembi teme. Hvala tudi za spremljanje in pomoč na moji metuljarski poti.

Hvala recenzentu in predsedniku komisije za hitro in prijazno recenzijo.

Hvala Valeriji za vse komentarje pri nastajanju diplome, predvsem pa hvala za cimetaste metulje in sladoled, brez katerih ne bi bila tukaj, kjer sem.

Hvala sodelavcem na Centru za kartografijo favne in flore za popite kave ter prenašanje v zadnjih tednih. Še posebej pa Aliju za karte, Marijanu za konstruktivne debate in brco, ko ni šlo več naprej, Frenku za spodbudne besede in literaturo, Primožu in Moniki za debate o zaplatah, grafih ter še čem.

Hvala Tatjani Čelik za literaturo.

Hvala Bojanu za grafe. Hvala Damjanu za pomoč pri urejanju diplome in za vse ostalo. Hvala Tonetu za lektoriranje.

Hvala Niki, Tei, Sari, Tanji in Vesni za vse tabore, terene, kavice, koktejle, čage in napisane listke ...

Hvala vsem DŠB-jevcem za nepozabni 2 leti, vse presedene urice v sobici, vse trače in uspešno izpeljane projekte. Še posebej hvala moji tajnici in blagajničarki, brez vaju ne bi bilo isto.

Hvala mami in ateju za moralno in finančno podporo tekom študija.

Hvala nečakinji Larisi, ki mi je vse delovne verzije diplome olepšala z žabami.

Hvala Simonu za pot na Grintovec.

Hvala Valeriji in Damijanu Denacu, ker sta me navdušila za študij biologije.

Hvala vsem, ki ste me kakorkoli spodbujali na moji študijski poti.

PRILOGE

Priloga A: Izračun ocen in napak dnevne in skupne velikosti populacije

Ocene dnevne velikosti populacije:

$$N_i = \frac{n_i}{p}, \quad \dots (3)$$

n_i - št. ulovljenih osebkov v vzorčnem dnevu i , p - ulovljivost.

Dnevni prirastek (Seber, 1973):

$$B_i = N_{i+1} - N_i \phi_i^\delta, \quad \dots (4)$$

δ - dolžina intervala med vzorčnimi dnevi (v dnevih), ϕ_i - stopnja preživetja.

Nowicki (2005c) za metulje predlaga spremenjeno formulo za dnevni prirastek, kjer so vključeni tudi osebki, ki poginejo preden so sploh lahko ulovljeni:

$$B_i' = \frac{\delta_i B_i (\phi_i - 1)}{\phi_i^{\delta_i} - 1}. \quad \dots (5)$$

Velikost celotne populacije v generaciji smo izračunali kot vsoto B_i' (Nowicki in sod., 2005b) in B_i :

$$N_{skupna} = \sum B_i, \quad \dots (6)$$

$$N_{kor skupna} = \sum B_i'. \quad \dots (7)$$

Intervale zaupanja za dnevne ocene velikosti populacije smo izračunali kot v Settele in sod. (1999):

$$\sigma^2(N_i) = \frac{n_i^2 \sigma^2(p_i)}{p_i^4} + \frac{n_i(1-p_i)}{p_i^2}, \quad \dots (8)$$

σ^2 - varianca,

$$f_{0i} = N_i - n_i, \quad \dots (9)$$

f_{0i} - ocena števila osebkov, ki niso bili ujeti v vzorčnem dnevu i ,

$$C = \exp \left\{ 1,96 \left[\ln \left(1 + \frac{\text{var}(N_i)}{f_{0i}^2} \right) \right]^{1/2} \right\}, \quad \dots (10)$$

zgornja meja intervala:

$$n_i + \frac{f_{0i}}{C}, \quad \dots (11)$$

spodnja meja intervala:

$$n_i + f_{0i}C. \quad \dots (12)$$

Napaka ocene celotne velikosti populacije:

$$\sigma^2(B_i) = \sigma^2(N_{i+1}) + \phi_i^2 \sigma^2(N_i) + N_i^2 \sigma^2(\phi_i) + \sigma^2(\phi_i) \sigma^2(N_i) + (n_i - R_i)^2 \sigma^2(\phi_i), \dots (13)$$

$R_i = 0$, vsi osebki so bili označeni in živi izpuščeni.

$$\sum_{i=0}^{k-1} \text{cov}(B_i; B_{i+1}) = \frac{k}{k-3} \sum_{i=0}^{k-1} (B_i - \bar{B})^2 - \frac{k-1}{2(k-3)} \sum_{i=0}^{k-1} (B_{i+1} - B_i)^2, \quad \dots (14)$$

$$\text{var}(N_{\text{skupna}}) = \sum_{i=0}^{k-1} \sigma^2(B_i) + 2 \sum_{i=0}^{k-1} \text{cov}(B_i; B_{i+1}), \quad \dots (15)$$

k - število vzorčnih dni.