

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Dejan BORDJAN

**VPLIV NADMORSKE VIŠINE NA GNEZDITVENO BIOLOGIJO VELIKE
SINICE (*Parus major* Linnaeus, 1758)**

DOKTORSKA DISERTACIJA

**EFFECT OF ALTITUDE ON BREEDING BIOLOGY OF GREAT TIT (*Parus major*
Linnaeus, 1758)**

DOCTORAL DISSERTATION

Ljubljana, 2013

**Delo posvečam očetu, ki ima največ zaslug, da sem to kar sem in, da je delo sploh
zagledalo luč sveta.
Hvala za željo po nadaljevanju.**

Raziskovalno delo je bilo opravljeno na Oddelku za raziskovanje sladkovodnih in kopenskih ekosistemov Nacionalnega inštituta za biologijo v Ljubljani.

Na podlagi Statuta Univerze v Ljubljani ter po sklepu Senata Biotehniške fakultete in sklepa Senata Univerze z dne 24. 6. 2011 je bilo potrjeno, da kandidat izpolnjuje pogoje za neposreden prehod na doktorski podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti ter opravljanje doktorata znanosti s področja biologije. Za mentorja je bil imenovan doc. dr. Davorin Tome.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: izr. prof. dr. Peter TRONTELJ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za Biologijo

Član: doc. dr. Davorin TOME,

Nacionalni inštitut za biologijo

Član: prof. dr. Franc JANŽEKOVIČ

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Oddelek za biologijo

Datum zagovora: 29.11.2013

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

Dejan BORDJAN

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	UDK 598.2:591.5(043.3)=163.6
KG	velika sinica/nadmorska višina/gnezditvena biologija
AV	BORDJAN, Dejan, univ. dipl. biol
SA	TOME, Davorin (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Podiplomski študij bioloških in biotehniških znanosti, področje biologije
LI	2013
IN	VPLIV NADMORSKE VIŠINE NA GNEZDITVENO BIOLOGIJO VELIKE SINICE (<i>Parus major</i> Linnaeus, 1758)
TD	Doktorska disertacija
OP	IX, 82 str., 12 pregl., 28 sl., 162 vir.
IJ	sl.
JI	sl/en
AI	S pomočjo gnezdilnic smo med leti 2009 in 2012, na treh območjih (Krim, Pohorje, Ljubljana) in štirih višinskih pasovih raziskovali povezavo med nadmorsko višino in gnezditveno biologijo velike sinice. Raziskovali smo tudi povezavo med gostoto polhov in odstotkom gnezdilnic, ki so jih zasedle različne vrste ptic. Ugotovili smo, da se z nadmorsko višino manjša število gnezdečih parov, število ostalih legel in gnezditveni uspeh celotne populacije velike sinice, ne pa tudi število jajc in speljanih mladičev na gnezdeči par. Velike sinice z višanjem nadmorske višine pričnejo z gnezdenjem kasneje in ob nižjih povprečnih predgnezditvenih temperaturah. Možni razlagi za to sta hitrejši razvoj nevretenčarskega plena in večja relativna dostopnost plena, zaradi nižje znotrajvrstne kompeticije. V daljšem obdobju padavin propade več gnezd velike sinice kot v obdobju z nižjimi povprečnimi temperaturami. Vreme na propad gnezd vpliva predvsem preko kompromisa med potrebo samice po skrbi za zarod in med potrebo po prehranjevanju. Z večanjem števila polhov se niža število manjših vrste duplarjev, med tem ko se število velikih sinic in brglezov ne spreminja.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dd
DC UDC 598.2:591.5(043.3)=163.6
CX Great Tit/altitudes/breeding biology
AV BORDJAN, Dejan, univ. dipl. biol
AA TOME, Davorin (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Postgraduate studies of biological and biotechnical sciences, field of biology
PY 2013
TI EFFECT OF ALTITUDE ON BREEDING BIOLOGY OF GREAT TIT (*Parus major* Linnaeus, 1758)
DT Doctoral Dissertation
NO IX, 82 p., 12 tab., 28 fig., 162 ref.
LA sl.
AL sl/en
AB Between years 2009 and 2012 the connection between Great Tits' breeding biology and altitude was studied with the use of nest-boxes at three separate study sites and on four altitudinal belts. The connection between Dormice density and percentage of nest-boxes occupied by different species of birds was also studied. The number of breeding pairs, the number of other clutches and the overall breeding success of Great Tits' population reduces with the altitude, while the clutch size and the number of fledged young per successful breeding pair does not. Great Tits start to breed later with the rising altitude and at lower pre-breeding ambient temperatures. Possible explanations for this are that the invertebrate prey develops faster and that, due to lower intraspecific competition, the relative prey availability is higher on higher altitudes. Higher number of Great Tits nests fails during prolonged periods of rain than during periods of lower ambient temperatures. Reason behind weather related nest failure is most likely in compromise between females' need to care for her brood and the need to feed herself. With higher number of Dormice lower number of smaller hole-nesters occupies nest-boxes, while the number of Great Tits and Nuthatches occupying nest-boxes does not change.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
1 UVOD	1
1.1 VELIKA SINICA (<i>PARUS MAJOR</i> LINNAEUS, 1758).....	2
1.2 PODNEBNI DEJAVNIKI	4
1.2.1 Vpliv podnebnih dejavnikov na gnezditveno uspešnost.....	4
1.2.2 Vpliv nadmorske višine na gnezdenje ptic	6
1.2.3 Vpliv podnebnih dejavnikov na pričetek gnezdenja	7
1.3 VPLIV PLENJENJA NA VELIKO SINICO	9
1.4 KOMPETICIJA ZA GNEZDITVENI PROSTOR	10
2 CILJI RAZISKOVANJA IN DELOVNE HIPOTEZE	13
2.1 CILJI RAZISKOVANJA.....	13
2.2 DELOVNE HIPOTEZE	15
3 MATERIAL IN METODE.....	16
3.1 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA	16
2.2 METODE.....	20
2.2.1 Pregledovanje gnezdilnic	23
2.2.2 Vreme	24
2.2.3 Preživetje gnezd	25
2.2.4 Popis ptic	27
4 REZULTATI	28
4.1 GNEZDITVENA BIOLOGIJA VELIKE SINICE.....	28
4.1.1 Zasedenost gnezdilnic	28
4.1.2 Velikost legla	31
4.1.3 Število speljanih mladičev na gnezdo.....	33
4.1.4 Skupno število speljanih mladičev populacije.....	35
4.1.5 Pričetek gnezdenja	37

4.1.6	Preživetje gnezd	40
4.1.6.1	Vreme v aprilu in maju	41
4.1.6.2	Preživetje gnezd in vreme	42
4.2	KOMPETICIJA ZA GNEZDITVENI PROSTOR	44
4.2.1	Zasedenost gnezdilnic	44
4.2.2	Velika sinica in polhi.....	45
4.2.3	Vpliv kompeticije za dupla na manjše vrste ptic	47
4.3	OBROČKANJE	50
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	52
5.1	NADMORSKA VIŠINA IN GNEZDITVENI USPEH POPULACIJE	52
5.2	VPLIV TEMPERATURE NA PRIČETEK GNEZDENJA	53
5.3	PREŽIVETJE GNEZD IN VREME	56
5.4	OBDOBJE NAJVEČJE OBČUTLJIVOSTI NA VREMENSKE RAZMERE.....	58
5.5	KOMPETICIJA ZA GNEZDA	60
5.6	SKLEPI	62
6	POVZETEK.....	64
7	VIRI.....	70

KAZALO PREGLEDNIC

Pregl. 1: Število postavljenih gnezdilnic po letih, lokacijah in skupaj.....	21
Pregl. 2: Povprečne, najnižje in najvišje nadmorske višine posameznih skupin osmih gnezdilnic	22
Pregl. 3: Odstotek zasedenih gnezdilnic, povprečno število jajc in uspešno speljanih mladičev, odstotek uspešnih legel ter skupno število speljanih mladičev na gnezdilnico prvih in ostalih legel velike sinice (<i>Parus major</i>), razdeljeno po letih, višinskih pasovih in lokacijah	30
Pregl. 4: Povprečni datum prvega jajca velike sinice (<i>Parus major</i>) ločeno po višinskih pasovih in letih. Podatki s Krima in Pohorja so predstavljeni skupaj.	37
Pregl. 5: Odstotek propadlih prvih legel velike sinice (<i>Parus major</i>) ločeno po območjih, višinskih pasovih in letih.....	40
Pregl. 6: Povprečna temperatura in vsota padavin ločeno po območjih, letih in nadmorskih višinah.	41
Pregl. 7: Prikaz dveh setov modelov za preživetje gnezd velike sinice (<i>Parus major</i>) v odvisnosti od petih spremenljivk. Modeli z Aikakovim informacijskim kriterijem drugega reda ($AICc$) ≤ 2 imajo največjo podporo v podatkih (Burnham in Anderson, 2002) in so poudarjeni.	43
Pregl. 8: Datum prvega jajca v gnezd velike sinice (<i>Parus major</i>) ter datum prvega opazovanja drevesnega polha (<i>Dryomys nitedula</i>) v gnezdilnici ločeno po nadmorskih višinah in območjih	45
Pregl. 9: Primerjava med Krimom in Pohorjem v odstotku gnezdilnic, ki so jih zasedle velike sinice (<i>Parus major</i>) in brglezi (<i>Sitta europea</i>), manjše vrste ptic; menišček (<i>Periparus ater</i>), močvirska sinica (<i>Poecile palustris</i>), plavček (<i>Cyanistes caeruleus</i>) in belovrati muhar (<i>Ficedula albicollis</i>) in polhi; drevesni polh (<i>Dryomys nitedula</i>), navadni polh (<i>Glis glis</i>), podlesek (<i>Muscardinus avellanarius</i>), po različnih višinskih pasovih.....	47
Pregl. 10: Število zabeleženih pojočih samcev na kilometer popisnega transekta na Krimu in Pohorju	49
Pregl. 11: Število obročkanih osebkov posameznih vrst ptic na Krimu in Pohorju po letih	51
Pregl. 12: Število najdb velikih sinic (<i>Parus major</i>) po posameznih letih. Zgornja vrstica predstavlja leto obročkanja, levi stolpec pa leto najdbe.....	51

KAZALO SLIK

Sl. 1: Velika sinica (<i>Parus major</i>)(Bordjan, D.).....	2
Sl. 2: Skobec (<i>Accipiter nisus</i>) je glavni plenilec odraslih velikih sinic (<i>Parus major</i>)(Bordjan, D.)	9
Sl. 3: Drevesni polh (<i>Dryomys nitedula</i>)(Bordjan, D.)	11
Sl. 4: Geografski položaj obravnavanih območij Krim, Pohorje in Ljubljana	16
Sl. 5: Lokacije skupin osmih gnezdilnic skupaj z izrisanim 50 m radiem okoli posameznih gnezdilnicna območju Krima (Rdeče – spodnji višinski pas (307-393 m n.m.), Oranžno –prvi vmesni višinski pas (469-518 m n.m.), Zeleno – drugi vmesni višinski pas (620-725 m n.m.), Modro – zgornji višinski pas (936-1060 m n.m.)).	17
Sl. 6: Lokacije skupin osmih gnezdilnic skupaj z izrisanim 50 m radiem okoli posamezne gnezdilnice na območju Pohorja (Rdeče – spodnji višinski pas (298-348 m n.m.), Zeleno – drugi vmesni višinski pas (592-694 m n.m.), Modro – zgornji višinski pas (976-1137 m n.m.)).....	18
Sl. 7: Območje Ljubljane z lokacijema Tomačevski prod (rdeče – 284 m n.m.) in Biotehniška fakulteta (Rumeno – 302 m n.m.).....	19
Sl. 8: Gnezdilnica (Bordjan, D.)	20
Sl. 9: Razporeditev postavljenih gnezdilnic po nadmorskih višinah (črna pika –posamezna gnezdilnica na Pohorju, siva pika –posamezna gnezdilnica na Krimu, bela pika – posamezna gnezdilnica v Ljubljani)	21
Sl. 10: Odstotek gnezdilnic s prvimi legli velike sinice (<i>Parus major</i>), ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija.....	29
Sl. 11: Odstotek gnezdilnic s ostalimi legli velike sinice (<i>Parus major</i>), ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija.....	29
Sl. 12: Povprečno število jajc prvih legel velike sinice (<i>Parus major</i>) ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija.....	31
Sl. 13: Povprečno število jajc ostalih legel velike sinice (<i>Parus major</i>) ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija.....	32
Sl. 14: Povprečno število speljanih mladičev uspešnih parov prvih legel velike sinice (<i>Parus major</i>) ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija	33
Sl. 15: Povprečno število speljanih mladičev uspešnih parov ostalih legel velike sinice (<i>Parus major</i>) ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija	34
Sl. 16: Število speljanih mladičev na gnezdilnico ločenih populacij velike sinice (<i>Parus major</i>) po območjih, letih in višinskih pasovih. Prikazani povprečje in standardna deviacija.....	35
Sl. 17: Odstotek zasedenih gnezdilnic in uspešnih legel prvih in ostalih legel velike sinice (<i>Parus major</i>) na Pohorju in Krimu. Prikazani povprečje in standardna deviacija.	36
Sl. 18: Povprečno število jajc in speljanih mladičev uspešnih parov prvih in ostalih legel velike sinice (<i>Parus major</i>) na Pohorju in Krimu. Prikazani povprečje in standardna deviacija.....	36
Sl. 19: Dinamika datumov prvih jajc v posameznih gnezdh velike sinice (<i>Parus major</i>) na območju Krima in Pohorja v obdobju 2009-2012 ločeno po višinskih pasovih.....	38

- Sl. 20: Povprečne temperature v marcu ter 7, 14 in 21-dnevnem obdobju pred prvim jajcem velike sinice (*Parus major*) v gnezdu na različnih nadmorskih višinah. Podatki so za Krim in Pohorje skupaj 38
- Sl. 21: Povprečne temperature v marcu ter v 7, 14 in 21-dnevnih obdobjih pred prvim jajcem velike sinice (*Parus major*) na spodnjem višinskem pasu (300 m n.m.) v zaporednih letih. Podatki so za Krim in Pohorje skupaj..... 39
- Sl. 22: Povprečne temperature v marcu ter v 7, 14 in 21-dnevnih obdobjih pred prvim jajcem velike sinice (*Parus major*)na srednjem višinskem pasu (600 m n.m.) v zaporednih letih. Podatki so za Krim in Pohorje skupaj..... 39
- Sl. 23: Odstotek zasedenih gnezdilnic s šestimi vrstami ptic, tremi vrstami sesalcev na in kožekrilci dveh obravnavanih območjih (Krim in Pohorje) skupaj v obdobju prvega (1=april in maj) in ostalih (2=junij in julij) legel..... 44
- Sl. 24: Odstotek gnezdilnic, ki so jih zasedle tri vrste polhov (Gliridae) in velika sinica (*Parus major*), na dveh obravnavanih območjih (Pohorje in Krim) v obdobju prvih (1=april in maj) in ostalih legel (2=junij in julij) na vseh višinskih pasovih..... 46
- Sl. 25: Odstotek zasedenih gnezdilnic s prvimi legli velike sinice (*Parus major*) in s polhi (Gliridae) na treh višinskih pasovih na Krimu 46
- Sl. 26: Odstotek gnezdilnic, ki so jih v času prvega legla zasedle velike sinice (*Parus major*) in brglezi (*Sitta europea*), manjše vrste ptic; menišček (*Periparus ater*), močvirska sinica (*Poecile palustris*), plavček (*Cyanistes caeruleus*) in belovrati muhar (*Ficedula albicollis*) in polhi; drevesni polh (*Dryomys nitedula*), navadni polh (*Glis glis*), podlesek (*Muscardinus avellanarius*), prikazano ločeno za Krim in Pohorje 48
- Sl. 27: Odstotek gnezdilnic, ki so jih v času ostalih legel zasedle velike sinice (*Parus major*) in brglezi (*Sitta europea*), manjše vrste ptic; menišček (*Periparus ater*), močvirska sinica (*Poecile palustris*), plavček (*Cyanistes caeruleus*) in belovrati muhar (*Ficedula albicollis*) in polhi; drevesni polh (*Dryomys nitedula*), navadni polh (*Glis glis*), podlesek (*Muscardinus avellanarius*), prikazano ločeno za Krim in Pohorje 48
- Sl. 28: Razmerje posameznih vrst ptic v primerjavi z veliko sinico (*Parus major*) prikazano ločeno za transektni popis in za gnezdilnice na Pohorju in Krimu. Število velikih sinic je v vseh primerih arbitrarno določeno kot 1 49

1 UVOD

Populacijski procesi (rodnost, umrljivost, priseljevanje, odseljevanje) so ves čas pod vplivom abiotskih in biotskih dejavnikov okolja (Tome, 2006). Prvi so različne kemijske in fizikalne lastnosti okolja, drugi pa interakcije z osebkami svoje in drugih vrst s katerimi sobivajo (Begon in sod., 1996).

Gnezditveni uspeh v ornitologiji imenujemo tudi število uspešno speljanih mladičev. Predstavlja nam poenostavljenega pokazatelja rodnosti v populaciji (Begon in sod., 1996), čeprav strogo ekološko gledano z njim obravnavamo tudi nekatere faze umrljivosti (npr. umrljivost mladičev pred speljavo). Vse procese in stanja povezane z gnezditvenim uspehom pri pticah imenujemo gnezditvena biologija – od položaja, oblike in velikosti gnezda, začetka gnezdenja (prvo jajce v gnezdu), velikosti legla (število jajc v gnezdu), števila preživelih gnezd (gnezda iz katerih je bil uspešno speljan vsaj en mladič) do števila speljanih mladičev in njihove rekrutacije v populacijo skupaj z vsem, kar na te parametre vpliva. Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na gnezditveni uspeh ptic so: plenjenje, vreme in kompeticija (Gill, 1994).

V Evropi so dejavniki, ki vplivajo na gnezditveno biologijo ptic, najbolj preučevani pri veliki sinici. Kljub temu, da je velika sinica ena najbolj številčnih in razširjenih vrst v Sloveniji (Geister, 1995), se na tem območju raziskovalno z njo ni ukvarjal še nihče. Večina tujih raziskav, med katerimi nekatere trajajo neprekinjeno že več kot 50 let (npr.: Ahola, 2008), poteka v ravninskem svetu predvsem Severne in Zahodne Evrope (reference v nadaljevanju uvoda).

1.1 VELIKA SINICA (*PARUS MAJOR* LINNAEUS, 1758)

Velika sinica (Sl. 1) je ena najbolj pogostih in številčnih vrst ptic v Evropi, ki naseljuje zelo različne habitate (Gosler in Wilson, 1997). Njena globalna razširjenost zajema Evropo, večji del Azije in severno Afriko (Cramp, 1998). Gnezdi v duplih in hitro zasede gnezdilnice (Perrins, 1965), zaradi česar je zelo primerna vrsta za morfološke (Domènech in sod., 2000, Eeva in sod., 2009), fiziološke (Heij in sod. 2006), evolucijske (Gienapp in sod., 2006) in ekološke raziskave (Bednekoff in sod., 1994, Noordwijk in sod., 1995, Cresswell in McCleery, 2003, Nussey in sod., 2005, Tanner in sod., 2008) ter za raziskave vpliva okolja (Nour in sod., 1998), onesnaženja (Eeva in sod., 1994, 2009) in podnebnih dejavnikov na gnezditev (Slagsvold, 1976, Sather in sod., 2003, Visser in sod. 2006, 2009a, 2009b, Ahola, 2008). Posledično je velika sinica ena najbolj raziskanih vrst ptic v Evropi.

Velika sinica naseljuje vse tipe gozdov od nižine do gozdne meje ter kulturno krajino in naselja (Geister, 1995). Med tem, ko je med gnezdenjem pogostejša v gozdovih, se število velikih sinic med prezimovanjem občutno poveča v naseljih (Tome in sod., 2013).



Sl. 1: Velika sinica (*Parus major*)(Bordjan, D.)

Fig. 1: Great Tit (*Parus major*)(Bordjan, D.)

Prehrana velike sinice je zelo pestra (Betts, 1955). Razlikuje se med spoloma, med posameznimi teritoriji, med leti in je odvisna od tega, kakšen plen je na voljo (Gibb in Betts, 1963; Bańbura in sod., 1994). Prehrana se spreminja čez leto in se lahko med posameznimi meseci močno razlikuje (Naef-Daenzer in sod., 2000). V toplem delu leta glavnino prehrane predstavljajo členonožci, pozimi pa semena (Betts, 1955). Pred gnezditvijo in na začetku le te velik delež hrane predstavljajo pajki, glavna hrana mladičev pa so gosenice metuljev (Naef-Daenzer in sod., 2000).

Velika sinica v Evropi prične z gnezdenjem med koncem marca in sredino aprila, v Sredozemlju lahko prej, v Skandinaviji pa kasneje. V poprečju znese devet jajc, ki jih samica vali približno 14 dni. Mladiči zapustijo gnezdo med 16 in 21 dnevom starosti. Preden se osamosvojijo, mladiči še nekaj časa sledijo staršem. Večina velikih sinic ima le eno leglo (jajca v gnezdu) na leto, nekateri pari pa imajo redno dve legli (Cramp, 1998).

Velika večina raziskav na veliki sinici je bila narejena na nižinskih območjih Zahodne in Severne Evrope, kjer je celoten vzorec raziskav na podobnih nadmorskih višinah (Lack, 1964; Verhulst, 1995; Ahola, 2008). Večina primerjalnih raziskav gnezditvenih parametrov ločenih populacij velikih sinic zato temelji na razlikah v geografski širini (Sanz in sod., 2000, Sather in sod., 2003). Le malo jih obravnava spremembe v gnezditveni biologiji zaradi nadmorske višine (Sanz, 1998). Gnezditvena biologija velike sinice se razlikuje med posameznimi regijami (Sasvári in Orell, 1992; Sanz in sod., 2000; Sather in sod., 2003; Silverin in sod., 2008; Visser in sod., 2009a) in med leti (Lack, 1964; Noordwijk in sod., 1995). Eden ključnih dejavnikov, ki vpliva na razlike, je temperatura (Slagsvold, 1976; Ahola, 2008). Nižje temperature zamaknejo tako začetek gnezdenja (Cresswell in McCleery, 2003), kot tudi dolžino valjenja jajc (Monros in sod., 1998). Zamikanje pričetka gnezditve pogosto vodi k nižjemu gnezditvenemu uspehu (Barba in sod., 1995). Ob temperaturi na gnezditve velike sinice ključno vpliva še fotoperioda, ki sproži začetek razmnoževalnega cikla (Silverin in sod. 1989; Lambrechts in sod., 1996), plenilci (Juliard in sod., 1997), gnezditvena gostota (znotraj vrstna kompeticija; Wilkin in sod., 2006), medvrstni kompetitorji (Barba & Gil-Delgado, 1990) in dolžina rastne sezone rastlin (Linden, 1988).

1.2 PODNEBNI DEJAVNIKI

Podnebni dejavniki (v tem delu pod tem imenom obravnavamo samo temperaturo in padavine) imajo velik vpliv na življenje ptic. Vplivajo na preživetje, gnezditveni uspeh in prehranjevanje, ter s tem na razširjenost vrst (Newton, 1998). Geografsko se podnebni dejavniki spreminjajo z nadmorsko višino in z zemljepisno širino. Temperatura s povečevanjem nadmorske višine in geografske širine upada. Pri nadmorski višini so pri tem možne velike spremembe na relativno kratki razdalji. Količina padavin z nadmorsko višino v splošnem narašča, z zemljepisno širino pa upada (Begon, 1998). V Evropi količina padavin pada v glavnem od zahoda proti vzhodu.

Podnebje se globalno spreminja tudi s časom. Spremembo globalne temperature po času napovedujejo različni podnebni modeli, ki pa se med seboj precej razlikujejo. Napovedi za koliko, kje in v katero smer se bo spremenil vzorec padavin so še manj zanesljive (IPCC, 2007). Največ dela in dolgoročnih raziskav v povezavi med organizmi in spremembami podnebnih dejavnikov je bilo narejenih na pticah v povezavi s temperaturo (Sasvári in Orell, 1992; Pasinelli, 2001; Jian-Bin in sod., 2006). Zabeleženi so bili vplivi preteklih globalnih sprememb podnebja na gnezdenje (Moss in sod., 2001; Both in sod., 2004; Visser in Both, 2005; Jian-Bin in sod. 2006), dinamiko selitve (Walther in sod. 2002; Crick 2004; Visser in Both 2005; Crick in Sparks, 2006; Finlayson, 2006), na razširjenost (Thomas in Lennon, 1999; Crick in Sparks, 2006; Hitch in Leberg, 2007; Devictor in sod., 2008) in na premike prezimovališč (Wormworth in Mollon, 2006).

1.2.1 Vpliv podnebnih dejavnikov na gnezditveno uspešnost

Poglavitni razlogi za propad gnezd pri pticah so plenjenje, pomanjkanje hrane, slabo vreme, gnezditveni parazitizem, kompeticija za gnezda, zunjanji zajedalci, bolezni in parjenje v sorodstvu (Gill, 1994). Med temi je plenjenje pogosto najpomembnejši razlog (Wesolowski in sod., 2002) in lahko pri veliki sinici zmanjša preživetje gnezd tudi za 50 % (McCleery in sod., 1996). Z zmanjšanjem vpliva plenjenja do izraza pridejo drugi mehanizmi uravnavanja populacije (Barba in sod., 1995; McCleery in sod., 1996), na

primer neugodno vreme, ki vpliva negativno tako na gnezdilce odprtih gnezd (Rodríguez in Bustamante, 2003; McDonald in sod., 2004; Fairhurst in Bechard, 2005; Bionda in Brambilla, 2012) kot na duplarje (Neal in sod., 1993; Pasinelli, 2001; Wesolowski in sod., 2002; Andreu in Barba, 2006).

Gnezditveni uspeh ptic je odvisen tudi od mesta gnezdenja (Neal in sod., 1993; McCleery in sod., 1996; Strusis-Timmer, 2009). Gnezdenje v duplih zmanjša, vendar ne izključi, vpliva plenilcev in vremena na uspeh (Kluijver, 1951). V večini študij gnezditvenega uspeha duplarjev je bilo plenjenje mladičev zabeleženo kot najpomembnejši vzrok propada gnezd (McCleery in sod., 1996; Julliard in sod., 1997; Naef-Daenzer in sod., 2001; Wesolowski, 2002), medtem ko sta bila nizka temperatura in močan dež obravnavana kot manj pomembna dejavnika (Kluijver, 1951; Wesolowski in sod., 2002; Radford in du Plessis, 2003). Vpliv dežja se kaže kot zamakanje gnezd (Wesolowski in sod., 2002) in kot posredni dejavnik, ki zmanjša aktivnost in opaznost plena (Avery in Krebs, 2008). Oboje lahko zniža gnezditveni uspeh na različnih stopnjah gnezdenja. Poleg tega na gnezditveni uspeh pomembno vplivajo fizično stanje samice (Smith in sod., 1988), nepredvidljivi okoljski dejavniki (Sasvári in Orell, 1992) ter čas pričetka gnezdenja (Barba in sod., 1995). Ker so mladiči v prvem tednu po izvalitvi še nesposobni uravnavanja lastne telesne temperature, jih samice v tem času grejejo (Hinde, 1952). V razmerah z nižjimi temperaturami samice porabijo več energije za vzrejo zaroda (Haftorn in Reinertsen, 1985), poleg tega zaradi manj aktivnega plena težje nadomestijo porabljeno energijo. Da bi nadomestile potrebo po hrani, podaljšajo čas, ki ga preživijo z gnezda, kar lahko vodi v podhladitev jajc ali mladičev in v opustitev gnezdenja (Nilsson, 1994). Podoben učinek kakor nizka temperatura imajo tudi močne padavine (Keller in Noordwijk, 1994).

Temperatura je pomemben dejavnik gnezdenja velike sinice (Sather in sod., 2003; Greño in sod., 2008). Vpliva na začetek gnezdenja in na sinhronizacijo gnezdenja z viškom dostopne hrane v okolici (Noordwijk in sod., 1995; Visser in sod., 1998; 2006). Ob nizkih temperaturah se pričetek gnezdenja odloži (Haftorn in Reinertsen, 1985; Pendlebury in Bryant, 2005; Ahola, 2008), ob višjih pa pospeši (Crick in Sparks, 2006; Jian-Bin in sod., 2006). V primeru večjih odstopanj od povprečnih spomladanskih temperatur, tako v

pozitivno kot v negativno smer, prihaja do neujemanja med časom največje količine dostopne hrane ter časom, ko mladiči potrebujejo največ hrane (Visser in sod., 1998). Vpliv na gnezdenje ima tudi dež, čeprav je kot podnebni dejavnik bistveno manj raziskan.

1.2.2 Vpliv nadmorske višine na gnezdenje ptic

Okoljski parametri določajo vrstno sestavo ptic, gostoto gnezdečih parov in gnezditveni uspeh (Newton, 1998; McInnes in sod., 2009). Sprememba temperature z nadmorsko višino je eden izmed bolj vidnih in napovedljivih pojavov v okolju. Z nadmorsko višino se hkrati s temperaturo spreminjajo tudi mnogi drugi dejavniki, kot so količina padavin (se viša), moč UV žarkov (se viša), parcialni tlak kisika (se nižja), prevetrenost (se viša) in nasičenost tal z vodo (se nižja; Hodkinson, 2005). Ti dejavniki pogosto vplivajo tudi drug na drugega in skupaj ustvarjajo okolje v katerem bivajo organizmi (Begon, 1998). Čeprav v splošnem vrstna pestrost narašča s temperaturo, pa ima vsaka vrsta svoj temperaturni razpon v katerem je njeno razmnoževanje optimalno (Newton, 1998).

Sprememba temperature z zemljepisno širino je na pogled podobna spremembi z nadmorsko višino, vendar spremembi nista čisto analogni (Krementz in Handford, 1984). Sprememba temperature z nadmorsko višino je hitrejša in se dogaja na krajših razdaljah. Z nadmorsko višino dolžina dneva, ki je ključen dejavnik pri gnezdenju ptic zmernega pasu (Silverin in sod., 1989; Gill, 1994), ostaja enaka, z geografsko širino pa se spreminja.

Z nadmorsko višino se spreminjajo vrstna sestava ptic (Lee in sod., 2004; Lessig, 2008; Klosius, 2008), gnezditvena gostota (Schmid in sod., 1998) in pričetek gnezdenja (Gil-Delgado in sod., 1992; Belda in sod., 1998). Mnenja o spreminjanju velikosti legla z nadmorsko višino so pri pticah deljena, saj je bilo pri različnih vrstah ptic zabeleženo upadanje, naraščanje in ohranjanje velikosti legla (Krementz in Handford, 1984; Johnson in sod., 2006). V Sredozemlju so bila sicer ugotovljena večja legla velike sinice znotraj istega habitata na višjih nadmorskih višinah, vendar je bila razlika v velikosti legel med različnimi habitati še večja (Belda in sod., 1998). Spreminjanje gnezditvenega uspeha in števila drugih legel z nadmorsko višino je praktično neraziskano, se pa z nadmorsko višino

spreminjata gostota in fenologija žuželk (Hodkinson, 2005), ki so glavna hrana mladičem večini vrst ptic zmernega pasu.

1.2.3 Vpliv podnebnih dejavnikov na pričetek gnezdenja

Ptice imajo v gnezdu mladiče takrat, ko je v okolju na voljo največ hrane, kar posledično omogoča maksimalno preživetje mladičev (Verhulst in Tinbergen, 1991; Cresswell in McCleery, 2003). Ker je hrana za mladiče pogosto odsotna ali v zanemarljivih količinah pred začetkom gnezdenja (Betts, 1955; Eeva in sod., 2000), so za pričetek gnezdenja pomembni drugi dejavniki. Za vrste, ki naseljujejo območja s poudarjenimi sezonami, je to lahko dolžina dneva, ki okvirno napove prihod obdobja obilja hrane. Daljšanje dneva sproži hormonske spremembe, ki so predpogoj za gnezdenje (Silverin in sod., 1989; Lambrechts in sod., 1996; Lambrechts in Perret, 2000; Fargallo, 2004). Za fino uravnavanje pričetka gnezdenja pa so ključni še drugi dejavniki (Fargallo, 2004). Med njimi sta najpogosteje omenjena temperatura okolja in količina dostopne hrane (Newton, 1979; McCleery & Perrins 1998; Meijer in sod., 1999). Ta dva dejavnika je med seboj težko ločiti, saj lahko temperatura vpliva tako na ptice in njihovo hrano neposredno (Visser in sod., 2006), ali pa vpliva na ptice posredno preko njihove hrane (Slagsvold, 1976; Visser in sod., 1998; Visser in Lessels, 2001). Poleg tega se posamezni osebki na enake okoljske dejavnike odzovejo različno, in to med različnimi regijami (Sasvári in Orell, 1992; Lambrechts in sod., 1996; Fargallo, 2004) ali znotraj istih regij (Perrins, 1965; Blondel in sod., 1987). Raziskovalci ugotavljajo, da je to posledica razlik v starosti (Kluijver, 1951; Nager in van Noordwijk, 1995) in genetskem zapisu posameznih osebkov (Sheldon in sod., 2003; Caro in sod., 2007) ter razlik v kvaliteti habitata (Kluijver, 1951; Lambrechts in Perret, 2000; Caro in sod., 2007), gnezditveni gostoti (Wilkin in sod., 2006) in socialnih interakcijah (Caro in sod., 2007). Veliko število dejavnikov zamegljuje in otežuje raziskovanje pomena posameznih.

Pri veliki sinici so bili dejavniki, ki vplivajo na pričetek gnezditve podrobneje raziskani (Verhulst in Tinbergen, 1991; Nager & van Noordwijk, 1995; Verhulst in sod., 1995; Verboven in Verhulst, 1996; Both, 1998; Naef-Daenzer in sod., 2001; Ahola in sod.,

2009), vendar so ugotovitve posameznih avtorjev tako dopolnjujoče se, kot nasprotujoče si. Ne glede na to ali je temperatura ključen dejavnik, ali samo eden izmed več dejavnikov, ki vplivajo na pričetek gnezdenja, je veliko dokazov o povezavi med pričetkom gnezdenja ptic zmernege pasu in temperaturo (McCleery in Perrins, 1998; Both in sod., 2004; Dolenc, 2005; Visser in sod., 2006). To kaže, da bi temperatura lahko bila dober napovedovalec začetka gnezdenja pri pticah (Crick in Sparks, 1999; Dolenc, 2005). Slednje je za raziskovanje in napovedovanje posledic spreminjanja podnebja na organizme zelo priročno, saj je merjenje temperature preprosto in natančno. Zaradi tega je vpliv sprememb podnebja na ptice najpogosteje raziskovan prav kot vpliv sprememb v temperaturi (Visser in sod., 1998; 2003; 2006; Crick, 2004; Pendlebury in Bryant, 2005; Torti in Dunn, 2005; Visser in Both, 2005; Devictor in sod., 2008), ki so podlaga za izdelavo napovedi sprememb na ptičjih populacijah (Matthews in sod., 2004; Huntley in sod., 2007).

1.3 VPLIV PLENJENJA NA VELIKO SINICO

Plenjenje je odnos med dvema vrstama, v katerem ena vrsta napade in konzumira drugo (Begon in sod., 1996). Ptice pleni širok nabor plenilcev (Newton, 1998). Odrasle velike sinice najpogosteje pleni skobec (*Accipiter nisus*¹; Sl. 2), medtem ko mladiče v gnezdu najpogosteje plenijo veliki detel (*Dendrocopos major*), kuna belica (*Martes foina*) in mala podlasica (*Mustela nivalis*) (McCleery in sod., 1996; Newton, 1998; Wesolowski in sod., 2002). Plenjenje najpogosteje vpliva na razporeditev osebkov (Suhonen, 1993) in parov v prostoru (MacDonald in Bolton, 2008), na telesno stanje (Gentle in Gosler, 2001) in obnašanje osebkov (Laet, 1985), na velikost legel (Julliard in sod., 1997) ter na gnezditveni uspeh (McCleery in sod., 1996; Wesolowski in sod., 2002; Yamaguchi in Higuchi, 2005). Plenjenje lahko predstavlja velik delež smrtnosti osebkov v populaciji, vendar ga je pogosto težko ovrednotiti v smislu dolgoročnega vpliva na populacijo, saj se lahko pojavlja kot kompenzacijska umrljivost, kar pomeni, da plenjenje le nadomešča druge vzroke smrtnosti (Newton, 1998).



Sl. 2: Skobec (*Accipiter nisus*) je glavni plenilec odraslih velikih sinic (*Parus major*)(Brodjan, D.)

Fig. 2: Sparrowhawk (*Accipiter nisus*) is the main predator of adult Great Tits (*Parus major*)(Brodjan, D.)

¹ Slovenska in latinska imena ptic so povzeta po Hanžel in Šere (2011)

1.4 KOMPETICIJA ZA GNEZDITVENI PROSTOR

Medvrstna kompeticija je interakcija med osebki dveh ali več vrst s podobno ekološko nišo (Tome, 2006). Do nje prihaja, ko uporaba ali branjenje nekega vira privede do zmanjšanja uporabe tega vira pri drugih vrstah (Gill, 1994). Kompeticija ima vedno negativen učinek na vse vpletene vrste, a večinoma deluje asimetrično (Török in Tóth, 1999). Je eden izmed dejavnikov, ki omejuje razširjenost in številčnost ptic (Newton, 1998). Medvrstna kompeticija je lahko kratkoročna na nivoju osebkov ter vpliva na njihovo preživetje in gnezditveni uspeh. Lahko je tudi dolgoročna in vpliva na velikost populacije. Slednjo lahko zasledimo kot kompeticijo tukaj in zdaj ali pa kot posledico dolgoročne kompeticije iz preteklosti (duh pretekle kompeticije / Ghost of competition past; Conell, 1980). Posledice dolgoročne kompeticije se kažejo v morfoloških in ekoloških spremembah osebkov ali kot spremembe v razširjenosti (Newton, 1998), zaradi česar je kompeticija med vrstami danes majhna. Kompeticijske interakcije so verjetno najbolj intenzivne znotraj cehov (Gill, 1994). Pri sinicah, ki tvorijo enega izmed takih cehov, so bile raziskane prehranjevalne (Alatalo 1982; Alatalo in sod., 1985; Hino in sod. 2002) in gnezditvene (Alatalo, 1982) interakcije.

Prisotnost organizma v okolju je odvisna od dobrine, ki je, relativno na potrebe organizma, prisotna v najmanjših količinah (Leibigovo pravilo minimuma; Tome, 2006). Za duplarje je pogosto ta dobrina gnezditveni prostor – duplo (Newton, 1998). Primerna dupla so v okolju pogosto v pomanjkanju, zaradi česar prihaja do kompeticije za gnezditveni prostor, pri čemer dominantna vrsta vpliva na število in razširjenost ostalih vrst (Newton, 1998). Za dupla poleg ptic, tekmujejo tudi nekatere vrste sesalcev (Barba in Gil-Delgado, 1990) in žuželk (Blem in Blem, 1991; Langowska in sod., 2010). Mali sesalci imajo lahko občuten neposreden vpliv na ptice preko plenjenja v duplih in preko kompeticijskega izključevanja iz gnezditvenih dupel (Sará in sod., 2005; Juškaitis, 2006) ali posredno s povečevanjem števila plenilcev generalistov (prikrita kompeticija; Schmidt in sod., 2008). Kompeticijsko razmerje med dvema vrstama je lahko kompleksno (Dhondt, 1980). Prisotnost plavčka, na primer, zmanjša gnezditveni uspeh velike sinice zaradi zmanjšanja količine primerne plena (Minot in Perrins, 1986). Po drugi strani pa večja in močnejša velika sinica zasede

več gnezdilnih dupel in s tem zmanjša število primernih gnezdišč za plavčka (Dhondt in Eyckerman, 1980). Kompeticijsko razmerje med vrstami se lahko spreminja tudi kot posledica spreminjanja okoljskih dejavnikov, kot sta spreminjanje temperature z nadmorsko višino in vključevanje novih vrst v združbo (Minot in Perrins, 1986).



Sl. 3: Drevesni polh (*Dryomys nitedula*)(Brodjan, D.)

Fig. 3: Forest dormouse (*Dryomys nitedula*)(Brodjan, D.)

V mešanih gozdovih pri nas redno gnezdi šest vrst sinic: plavček (*Cyanistes caeruleus*), velika sinica, čopasta sinica (*Lophophanes cristatus*), menišček (*Periparus ater*) in močvirska sinica (*Poecile palustris*), v višje ležečih območjih še gorska sinica (*Poecile montanus*). Vse tekmujejo za podobne vire hrane in podobna gnezdišča. Od ostalih pomembnejših potencialnih kompetitorjev med pticami, predvsem za gnezdišča, je vseprisoten brglez, med tem ko je belovrati muhar omejen predvsem na vzhodno Slovenijo (Geister, 1995). Od potencialnih kompetitorjev za gnezdišča so bile med sesalci v Sloveniji doslej zabeležene štiri vrste polhov (Kryštufek, 1991). Med tem ko je vrtni polh (*Eliomys qeurcinus*) znan samo po enem primerku (Kryštufek, 2003), so ostale tri vrste bistveno bolj razširjene (Kryštufek in Flajšman, 2007). Podlesek (*Muscardinius avellanarius*), ki je splošno razširjen, vendar številčnejši v nižjih predelih (Kryštufek, 1991), ima največji vpliv na manjše ptice in le redko pleni odrasle osebkke (Sará in sod., 2005; Adamík in Král, 2008). Navadni polh (*Glis glis*), ki ima bistveno večji vpliv tudi na večje vrste, kot je

velika sinica (Juškaitis, 2006; Adamík in Král, 2008), je prav tako splošno razširjen, vendar je številčnejši na območjih z apnenčasto podlago (Kryštufek, 1991). Odrasli osebki so večinoma kot kompetitorji za duplo v kvalitetnih gnezdilnicah izključeni, saj zaradi velikosti ne morejo skozi odprtino gnezdilnice manjše od 32 mm. Drevesni polh (*Dryomys nitedula*; Sl. 3), ki ima največji vpliv na ptice v duplih in pogosto pleni tudi odrasle ptice (Juškaitis, 2006, Adamík in Král, 2008), ima omejeno razširjenost, ki zajema predvsem hribovita območja med 490 in 1780 m n.m. (Kryštufek, 1991). Gnezdilnice zasedajo tudi vrste iz redu kožekrilcev (Blem in Blem, 1991, Langowska in sod., 2010). Med našo raziskavo smo naleteli na vsaj dve vrsti iz družine Vespidae in vsaj eno vrsto iz rodu *Bombus*. Vrstna sestava kožekrilcev in vpliv kompeticije za duplo na območju Slovenije in tudi sicer sta zelo slabo raziskani.

2 CILJI RAZISKOVANJA IN DELOVNE HIPOTEZE

2.1 CILJI RAZISKOVANJA

Razmnoževalni uspeh populacije je odvisen od okoljskih razmer (podnebje, hrana, ...), le te pa se spreminjajo tudi z nadmorsko višino. Povezava med nadmorsko višino in gnezditveno biologijo ptic je bila raziskovana le pri nekaj vrstah ptic in raziskovani so bili zgolj posamezni segmenti gnezditvene biologije, kot so: gnezditvena gostota (Schmid in sod., 1998), velikost jajc (Johnson in sod., 2006) in legel (Krementz in Handford, 1984) ter pričetek gnezdenja (Belda in sod., 1998). Z izjemo gnezditvene gostote, ki z nadmorsko višino upada, so bili pri ostalih segmentih gnezditvene biologije ugotovljeni mešani odzivi na spreminjanje nadmorske višine. Z višanjem nadmorske višine se niža temperatura, krajša se rastna sezona in niža se gostota dostopnega plena (Hodkinson, 2005). Temperatura je eden pomembnejših parametrov gnezdenja ptic (Ahola, 2008). Na pričetek gnezdenja ima ključen vpliv tudi dolžina dneva, t.j. fotoperioda (Fargallo, 2004). Temperatura in fotoperioda se obe spreminjata s sezono – spomladi, v predgnezditvenem času se perioda s časom podaljšuje, temperatura pa dviga. Ker se temperatura z nadmorsko višino spreminja neodvisno od dolžine dneva, lahko vpliv teh dveh dejavnikov proučujemo ločeno. Vpliv temperature na pričetek gnezdenja se kaže v zamiku gnezdenja s spreminjanjem temperature. Ob nižjih temperaturah ptice pričnejo z gnezdenjem kasneje, ob višjih pa prej (Both in sod., 2004). Če je temperatura ključen dejavnik, ki vpliva na pričetek gnezdenja velike sinice, potem pričnejo gnezdititi ne glede na nadmorsko višino ob podobnih temperaturah.

- (1) Cilj naše raziskave je bil proučiti povezavo med nadmorsko višino in gnezditveno biologijo velike sinice.

Vreme je ob odsotnosti plenjenja najpogostejši razlog za propad gnezd (Wesolowski in sod., 2002). Dva ključna dejavnika vremena, ki vplivata na gnezdenje, sta temperatura in padavine. Oba dejavnika vplivata negativno na preživetje legel ob svojih ekstremnih vrednostih. Občutno znižanje ali povišanje temperature lahko povzroči propad celotnega legla (Kluijver, 1951). Padavine pred gnezdenjem in v manjših količinah vplivajo ugodno

na gnezdenje (Rodríguez in Bustamante, 2003; Fairhurst in Bechard, 2005), med tem ko daljše obdobje močnejšega dežja med gnezdenjem lahko vodi v propad gnezd (Pasinelli, 2001). Ob prehodu vremenske fronte čez območje se ob padavinah zniža tudi temperatura, zaradi česar je vpliv obeh dejavnikov težko ločiti.

- (2) Cilj naše raziskave je bil primerjati vpliva temperature in padavin na preživetje gnezd velike sinice.

Gnezditvene gostote ptičev duplarjev so omejene s številom primernih gnezdilnih mest, zato je kompeticija neizbežna. Število osebkov / parov dominantne vrste vpliva na število in razširjenost ostalih vrst (Newton, 1998). Dupla poleg ptic uporabljajo tudi sesalci (Barba in Gil-Delgado, 1990, Langowska in sod., 2010) in žuželke (Blem & Blem, 1991). Kompeticija lahko deluje na več nivojih (Newton, 1998) in ni nujno, da se odraža tudi na nivoju populacije. Polhi zasedajo tudi gnezdilnice, kjer ptice že gnezdiijo, ob tem pa pogosto plenijo tudi mladiče in samice na gnezdih (Sarà in sod., 2005; Juškaitis, 2006; Langowska in sod., 2010). Pritisk kompeticije na eno izmed vrst v tem medvrstnem odnosu se večja z večanjem števila druge (Newton, 1998). Število gnezdilnic oz. primernih dupel, kot omejitveni dejavnik v populaciji, ima večji vpliv na kompeticijsko šibkejšo vrsto (Alatalo, 1982; Smith, 2006), ki so pogosto fizično manjše (Slagsvold, 1978; Minot in Perrins, 1986).

- (3) Cilj naše raziskave je bil proučiti medvrstno kompeticijo za gnezdilna dupla majhnih duplarjev (premer odprtine < 32 mm).

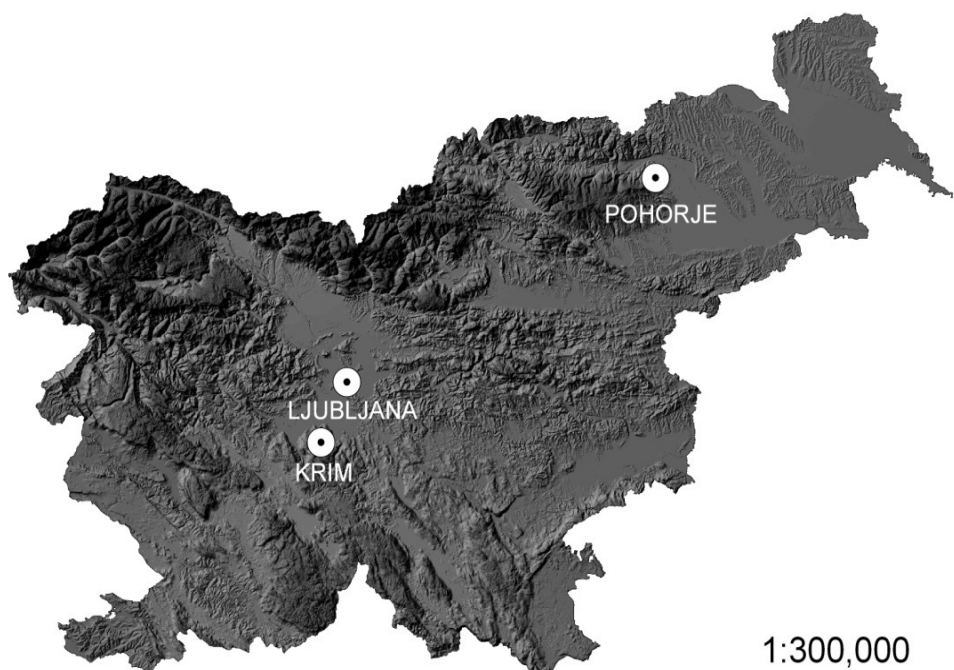
2.2 DELOVNE HIPOTEZE

- (A) Z nadmorsko višino se razmnoževalni uspeh populacije velike sinice zmanjšuje.
- (B) Velike sinice pričnejo z gnezdenjem ob podobnih temperaturah ne glede na nadmorsko višino.
- (C) Obdobja nizkih temperatur so močnejši dejavnik pri propadu gnezd velike sinice kot obdobja močnejših padavin.
- (D) Z večanjem gostote polhov (Gliridae) v okolju se manjša delež gnezdilnic, ki jih zasedejo velike sinice.
- (E) Polhi imajo večji kompeticijski vpliv na manjše vrste ptic (menišček, plavček in belovrati muhar), kot na večje (brglez, velika sinica).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OPIS OBRAVNAVANEGA OBMOČJA

Raziskava je bila narejena na treh obravnavanih območjih v osrednji in SV Sloveniji: Krim, Pohorje in Ljubljano (Sl. 4). Vsako obravnavano območje predstavlja dve do 11 lokacij. Lokacija v tem delu predstavlja skupino osmih (izjemoma petih oz. 16) gnezdilnic.

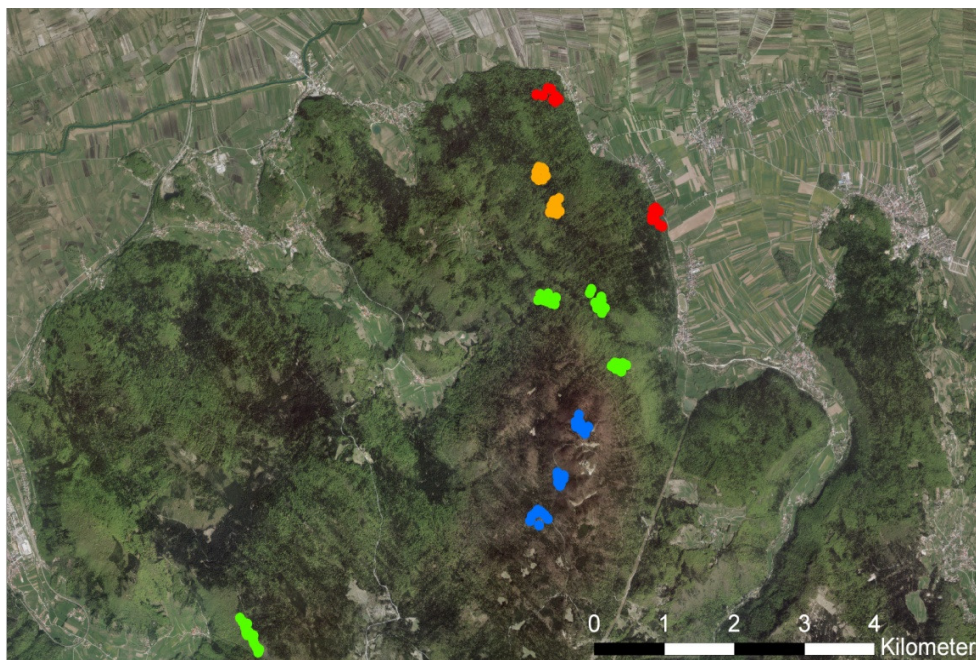


Sl. 4: Geografski položaj obravnavanih območij Krim, Pohorje in Ljubljana

Fig. 4: Geographical position of three study sites Mt. Krim, Mt. Pohorje and Ljubljana

Krim (45°55'S, 14°28'V) je 1107 m visoko hribovje južno od Ljubljane. Krimsko hribovje spada med Dinarske planote. Povprečna letna količina padavin se niža od Z proti V in je nekje med 1500 in 1800 mm, mestoma lahko doseže do 2000 mm. V povprečju so med padavinskimi dnevi 2-4 na leto taki, ki presegajo 50 mm padavin v enem dnevu. V nižjih predelih skupaj čez celotno zimo zapade do 2,4 m snega, ki se zadrži 60-100 dni, v višjih pa več kot 4 m snega, ki se zadrži 100-150 dni. Povprečna letna temperatura spodnjih predelov Krimskega hribovja je 8-10 °C, na višjih pa 6-8 °C (ARSO 2006). Na območju prevladuje mešani gozd bukve (*Fagus sylvatica*) in jelke (*Abies alba*). Mestoma večje površine pokriva tudi smreka (*Picea abies*). Matična podlaga je v glavnem iz dolomitov in

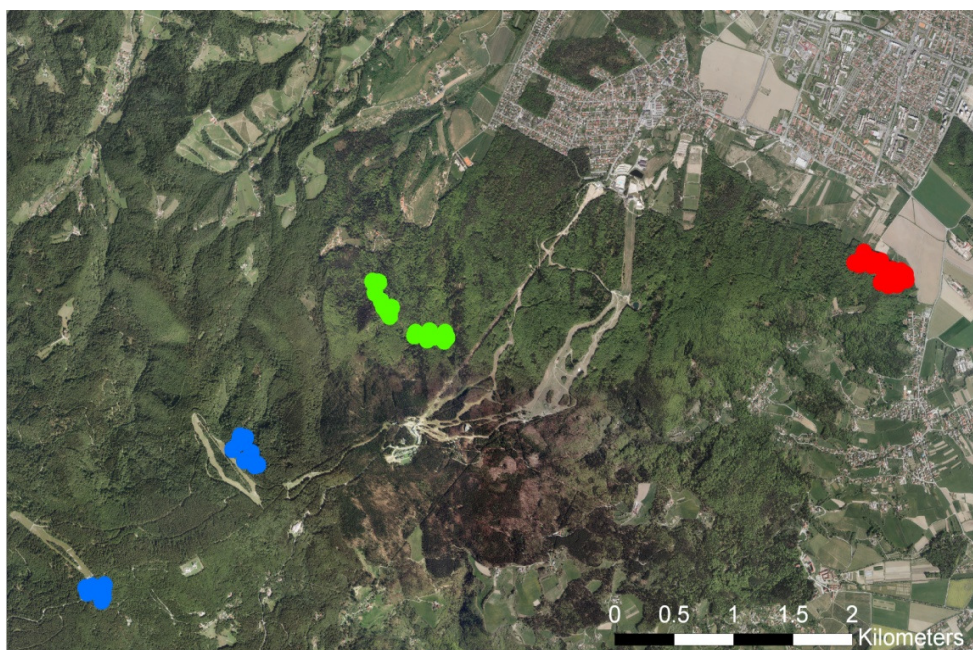
apnencev in je preprejena z jamami. Površinske vode praktično ni (Perko in Orožen Adamič, 1998). Lokacije na Krimu se nahajajo na S, osrednjem in Z delu (Sl. 5).



Sl. 5: Lokacije skupin osmih gnezdilnic skupaj z izrisanim 50 m radijem okoli posameznih gnezdilnicna območju Krima (Rdeče – spodnji višinski pas (307-393 m n.m.), Oranžno – prvi vmesni višinski pas (469-518 m n.m.), Zeleno – drugi vmesni višinski pas (620-725 m n.m.), Modro – zgornji višinski pas (936-1060 m n.m.))

Fig. 5: Groups with eight nest-boxes with 50 m buffer around individual nest-boxes on study site Mt. Krim (Red – Lower altitudinal belt (307-393 m asl), Orange – the first middle altitudinal belt (469-518 m asl), Green – the second middle altitudinal belt (620-725 m asl), Blue – upper altitudinal belt (936-1060 m asl))

Pohorje (46°30'S, 15°34'V) je 1543 m visoko hribovje med Panonsko nižino in Alpami (Sl. 4). Pohorje spada med Alpska hribovja. Povprečna letna količina padavin se niža proti V in v manjši meri viša z nadmorsko višino. Nižji predeli na V imajo 1100-1200 mm padavin na leto, višji na Z pa do 1800 mm. V povprečju sta na leto manj kot dva dneva z več kot 50 mm padavin. Na V vznožjih Pohorja v povprečju pade 0,6-1 m snega, ki se zadrži 40-60 dni. Na ovršnih predelih v povprečju zapade 2,1-4,3 m, snega ki se zadrži 100-150 dni. Povprečna letna temperatura nižjih predelov je 8-10 °C, na ovršju pa 4-6 °C (ARSO, 2006). Na območju prevladuje mešani gozd bukve, jelke in smreke. Matična podlaga je predvsem iz metamorfnih kamenin. Površina je preprejena z obilico površinskih vodnih teles (Perko in Orožen Adamič, 1998). Lokacije na Pohorju se nahajajo na skrajnem V oziroma SV delu nad Mariborom (Sl. 6).



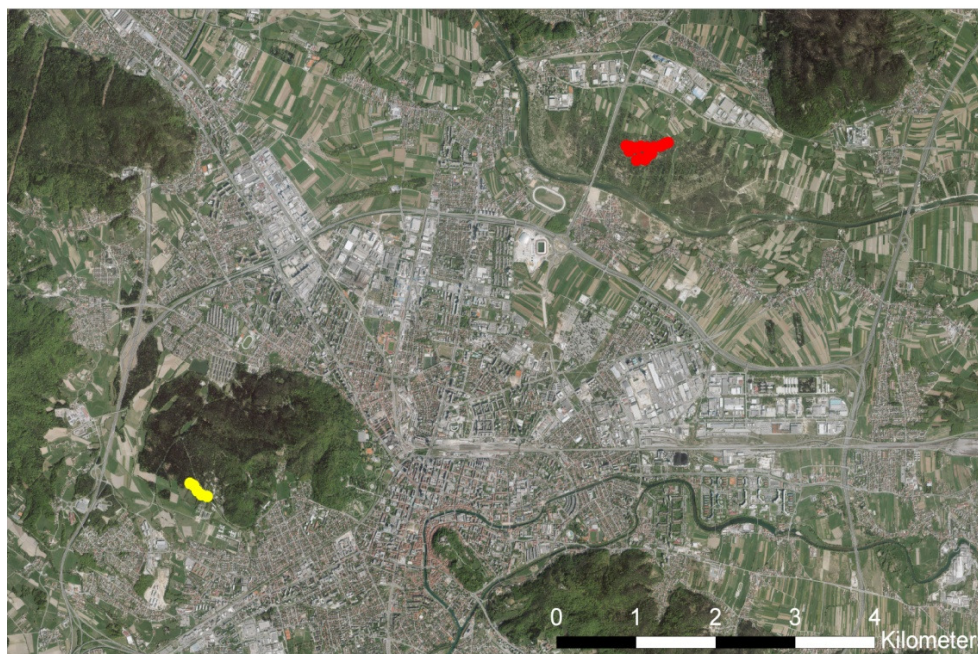
Sl. 6: Lokacije skupin osmih gnezdilnic skupaj z izrisanim 50 m radiem okoli posamezne gnezdilnice na območju Pohorja (Rdeče – spodnji višinski pas (298-348 m n.m.), Zeleno – drugi vmesni višinski pas (592-694 m n.m.), Modro – zgornji višinski pas (976-1137 m n.m.))

Fig. 6: Groups with eight nest-boxes with 50 m buffer around individual nest-boxes on study site Mt. Pohorje (Red – Lower altitudinal belt (298-348 m asl), Green – the second middle altitudinal belt (592-694 m asl), Blue – upper altitudinal belt (976-1137 m asl))

Ljubljana (45°5'S, 14°33'V) leži na nadmorski višini okoli 300 m. Izbrani sta bili dve lokaciji na njenem na Z in S delu, pri Biotehniški fakulteti in na Tomačevskem produ (Sl. 7). Ljubljana z okolico spada med Alpske ravnine, na J robu pa sega na Ljubljansko barje, ki spada med Dinarska podolja in ravnike. Na V delu Ljubljane pade v povprečju 1300-1400 mm padavin na leto, na Z pa 1400-1500 mm. V povprečju so 2-4 dnevi na leto z več kot 50 mm padavin. V povprečju na območju Ljubljane zapade 0,6-1 m snega, ki se zadrži 40-60 dni. Povprečna letna temperatura na območju Ljubljane je 8-10 °C (ARSO, 2006). Matična podlaga je v glavnem iz rečnih nanosov. Redki preostanki gozdov so močno spremenjeni in predstavljajo predvsem mešane gozdove bukve, smreke, hrasta (*Quercus* sp.), topola (*Populus* sp.) in rdečega bora (*Pinus sylvaticus*) (Perko in Orožen Adamič, 1998).

Ptice, poleg velike sinice, ki potencialno lahko zasedejo gnezdilnico z vhodno odprtino velikosti 32 mm in se pojavljajo na vseh treh območjih so plavček, velika sinica, čopasta

sinica, menišček, močvirska sinica in brglez. Na višjih legah Pohorja in Krima se pojavlja še gorska sinica, na gozdnem robu vseh treh lokacij je prisoten poljski vrabec. Edina vrsta, ki gnezdi samo na območju Pohorja je belovrati muhar (Geister, 1995; Mihelič, neobjavljeno).



Sl. 7: Območje Ljubljane z lokacijema Tomačevski prod (rdeče – 284 m n.m.) in Biotehniška fakulteta (Rumeno – 302 m n.m.)

Fig. 7: Study site Ljubljana with two localities at Tomačevski prod (red – 284 m asl) and near Biotechnical faculty (yellow – 302 m asl)

V gnezdilnice zahajajo tudi polhi (Juškaitis, 2006). Podlesek in navadni polh sta prisotna na vseh treh obravnavanih območjih. Drevesni polh je zanesljivo prisoten samo na Pohorju, ki leži na skrajnem V robu, in Krimu, ki je v samem centru njegove razširjenosti pri nas (Kryštufek, 1991). Ocenjujemo, da ima drevesni polh na Pohorju majhno naselitveno gostoto.

2.2 METODE

Gnezditveni uspeh velike sinice smo ugotavljali s pomočjo gnezdilnic narejenih iz betona in lesa z vhodno odprtino 32 mm (Sl. 8). Gnezditvenega uspeha v naravnih duplih nismo proučevali. Gnezdilnice smo pritrčili na drevesa na višini okoli 3 m. Na vsaki nadmorski višini smo postavili po dve do tri linije s po osmimi gnezdilnicami v medsebojni razdalji okoli 50 m. Na obravnavanem območju Ljubljana smo postavili pet in 16 gnezdilnic v enaki medsebojni razdalji. Morebitne poškodovane in ukradene gnezdilnice smo zamenjali takoj, ko smo spremembo opazili. Vse zamenjane gnezdilnice smo postavili na isto mesto, če je bilo le to mogoče. Na enkrat smo imeli postavljenih največ 159 gnezdilnic. Mesto vsake gnezdilnice smo določili s pomočjo GPS. S pomočjo internetne strani Atlas okolja (http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) smo določili nadmorsko višino mesta vsake gnezdilnice do metra natančno. Število postavljenih gnezdilnic po lokacijah in letih je predstavljeno v preglednici 1, razporeditev gnezdilnic po nadmorski višini pa v preglednici 2 in na sliki 9. Gnezditveni material je bil vsako jesen odstranjen.



Sl. 8: Gnezdilnica (Brodjan, D.)

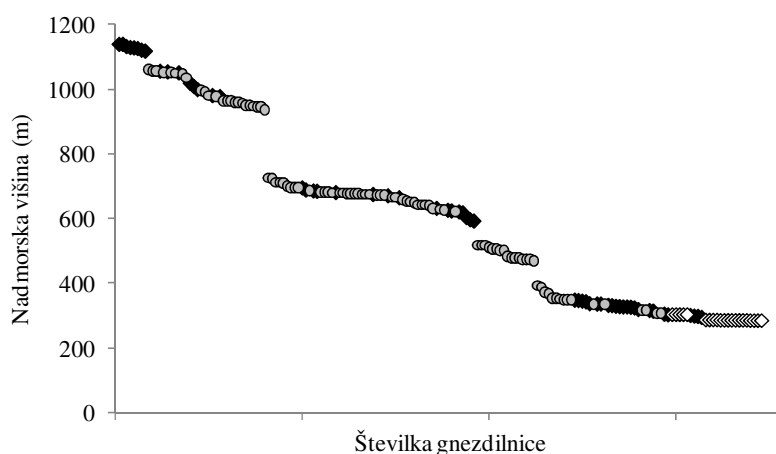
Fig. 8: Nest-box (Brodjan, D.)

Na Krimu smo skupaj postavili 88 gnezdilnic na štirih višinskih pasovih (Pregl. 2). Na spodnjem višinskem pasu smo vse gnezdilnice postavili v letu 2009. Na prvem vmesnem višinskem pasu, ta pas smo postavili samo na Krimu, smo 16 gnezdilnic postavili v letu 2011. Na drugem vmesnem višinskem pasu smo 16 gnezdilnic postavili v letu 2009 in 24 v letu 2010, od teh smo jih 8 v letu 2011 umaknili. Na zgornjem višinskem pasu smo 16 gnezdilnic postavili v letu 2009, 8 pa v letu 2010. V letu 2012 števila in položaja gnezdilnic nismo spreminjali (Pregl. 1).

Pregl. 1: Število postavljenih gnezdilnic po letih, lokacijah in skupaj

Tab. 1: The number of surveyed nest-boxes by year, locations and overall

	2009	2010	2011	2012
Krim	48	80	88	88
Pohorje		48	48	48
Ljubljana		23	23	23
Skupaj	48	151	159	159



Sl. 9: Razporeditev postavljenih gnezdilnic po nadmorskih višinah (črna pika –posamezna gnezdilnica na Pohorju, siva pika –posamezna gnezdilnica na Krimu, bela pika –posamezna gnezdilnica v Ljubljani)

Fig. 9: Altitudinal distribution of nest-boxes from all locations (Black dot –individual nest-box on Mt. Pohorje, Grey dot –individual nest-box on Mt. Krim, White dot –individual nest-box in Ljubljana)

Na Pohorju smo v letu 2010 namestili 48 gnezdilnic, po dve skupini osmih gnezdilnic na treh višinskih pasovih (Pregl. 2). V letu 2011 smo eno skupino na spodnji višini premaknili, a pri tem nismo bistveno spremenili njihovih nadmorskih višin.

Na območju Ljubljane smo gnezdilnice namestili na dveh lokacijah (Sl. 7). Pet gnezdilnic smo namestili pri Biotehniški fakulteti. Te smo namestili zaradi enostavnega dnevnega spremljanja rasti mladičev. 16 gnezdilnic smo namestili na območju Tomačevskega proda. V neposredni bližini gnezdilnic postavljenih na Tomačevskem produ, je postavljenih več gnezdilnic Dareteta Fekonje. Podatke iz teh gnezdilnic, ki so jih zasedle velike sinice smo uporabili pri modeliranju preživetja gnezd.

Pregl. 2: Povprečne, najnižje in najvišje nadmorske višine posameznih skupin osmih gnezdilnic

Tab. 2: Average, the lowest and the highest altitudes for each site of eight nest-boxes

	Obravnavano območje	Povprečna nadmorska višina (m)	Min (m)	Max (m)
Zgornji višinski pas	Pohorje	1127	1116	1137
	Krim	1051	1035	1060
	Pohorje	1016	976	1054
	Krim	973	957	995
	Krim	950	936	965
2. vmesni višinski pas	Krim	682	666	695
	Pohorje	680	664	694
	Krim	677	666	686
	Krim	663	642	679
	Krim	636	620	652
1. vmesni višinski pas	Pohorje	613	592	631
	Krim	510	500	518
Spodnji višinski pas	Krim	476	469	482
	Krim	365	349	389
	Krim	327	307	350
	Pohorje	325	295	348
	Pohorje	322	298	347
	Ljubljana	302	302	302
	Ljubljana	284	293	985

2.2.1 Pregledovanje gnezdilnic

Gnezdilnice smo pregledovali redno med marcem in julijem. V letu 2011 smo gnezdilnice dodatno pregledovali do konca septembra. V gnezdilnem obdobju smo vse gnezdilnice pregledovali enkrat do dvakrat na 14 dni. Med vsakim obiskom gnezdilnice smo zabeležili zasedenost ter prešteli število jajc in mladičev. Mladičem smo zmerili dolžino peruti in maso, ter jih ob starosti večji od sedem dni obročkali. Obročkali smo tudi valeče samice. Da bi zmanjšali možnost propada gnezda zaradi obiska, smo gnezdilnice pregledovali pred tretjo uro popoldan in samo ob suhih toplih dneh, kot to priporočajo Kania (1989) ter Keller in van Noordwijk (1994).

Iz podatkov zbranih na terenu smo naknadno izračunali datume prvega znesenega jajca, pričetka inkubacije, izvalitve prvega mladiča in morebitnega propada gnezda. Pričetek inkubacije ter čas izvalitve mladičev smo izračunali na podlagi števila jajc v gnezdu, povprečnega časa inkubacije mladičev, ter starosti mladičev z natančnostjo ± 1 dan. Dan prvega jajca v gnezdu smo izračunali iz števila jajc in dneva pričetka inkubacije. Pri vseh izračunih smo predvidevali, da so bila jajca znesena v dnevni razmikih, da je samica začela z valjenjem ob znesenim devetim ali, če je bilo manj kot devet jajc, zadnjim jajcem (Gill, 1994), in da je dolžina inkubacije pri sinicah v povprečju 14 dni (Cramp, 1998). Starost mladičev smo določali iz rastle krivulje, ki smo jo izdelali iz podatkov dnevnih meritev peruti pridobljenih na območju Biotehniške fakultete (Bordjan, 2013).

Na podlagi datuma prvega znesenega jajca v gnezdu smo legla razvrstili med prva in ostala legla v sezoni. Med ostala legla smo uvrstili vsa legla, v katerem je bilo prvo jajce zneseno več kot 14 dni po prvem jajcu na posamezni lokaciji v posameznem letu. Pri tem nismo ločili med nadomestnimi legli, zelo poznimi prvimi legli in drugimi legli posameznih parov. Pozna prva legla so sicer možna, vendar sklepamo, da so redka. Ker večine samic nismo obročkali, opredelitve legel niso povsem natančne. Na osnovi sosledja dogodkov na terenu (kdaj so gnezda propadla, kdaj so bili mladiči speljani in kdaj so se pojavila nova gnezda) in na osnovi nekaterih podatkov dobljenih s pomočjo obročkanih samic pa ocenjujemo, da je napačnih določitev zanemarljivo malo.

Podoben postopek ugotavljanja fenoloških podatkov smo uporabili tudi za druge vrste ptic, ki smo jih zabeležili v gnezdilnicah. Pri ostalih vrstah živali (sesalci in nevretenčarji) smo v glavnem beležili le prisotnost in število. Pri drevesnih polhih smo ob tem zmerili še maso in določili spol osebkov. Za prisotnost polhov v gnezdilnici smo upoštevali tudi posredne znake, kot so iztrebki in zgrajeno ali dograjeno gnezdo. Pri osah in sršenih smo beležili datum morebitnega nastanka in propada osirjev.

2.2.2 Vreme

Vsako lokacijo smo opremili s po enim termistorjem (LogTag Trix-8, natančnost ± 0.5 °C) za merjenje zračne temperature. Nameščeni so bili na podobni višini kot gnezdilnice, navadno na senčni strani enega izmed dreves z gnezdilnico. Zaščitili smo jih pred zračno vlago in dežjem. Termistorji so bili programirani tako, da so zmerili temperaturo vsakih šest ur, začevši ob šesti uri zjutraj. Povprečne temperature lokacij so povprečja vseh štirih dnevnih meritev. Če je bilo le mogoče smo temperaturo merili čez celotno gnezdilno sezono ter tudi čez zimo. Na Krimu leta 2009 in na Pohorju leta 2010 temperature nismo merili v času pred gnezdenjem velike sinice, to je v marcu.

Temperature za posamezna gnezda smo računali individualno, glede na fenologijo gnezda. Povprečne temperature pred gnezdenjem smo računali za tri obdobja: sedem, 14 in 21 dni pred pričetkom inkubacije. Prvo obdobje (sedem dni) je približen čas, ki ga ptice porabijo za izdelavo jajca (Gill 1994), tretje obdobje (21 dni) pa približno sovpada z drugo polovico obdobja, med začetkom rasti gonad, ki jih sproži daljšanje dneva in znesenim prvim jajcem (Lambrechts & Perret 2000). Drugo obdobje (14 dni) je vmesno med obema. Ta tri obdobja smo določili kot najprimernejša za testiranje vpliva temperature na začetek gnezdenja. Za testiranje vpliva temperature na začetek gnezdenja v arbitrarno določenem obdobju, enakim za vsa gnezda, s katerimi bi lahko tudi napovedovali začetek gnezdenja, smo uporabili povprečno temperaturo v marcu. Marec je mesec, ko velike sinice pričnejo z gnezdilnimi aktivnostmi (lastna opazovanja).

Podatke o celoletnih povprečnih temperaturah po posameznih območjih ter dnevnih in letnih padavinah smo pridobili od Agencije republike Slovenije za okolje (ARSO) iz meteoroloških postaj, ki so najbližje gnezdilnicam. Na Pohorju sta to meteorološki postaji Fram (320 m n.m.) in Maribor–Tezno (275 m n.m.). V Ljubljani smo pridobili podatke iz meteorološke postaje Ljubljana–Bežigrad (299 m n.m.). Za območje Krima pa smo podatke pridobili iz meteoroloških postaj Želimlje (309 m n.m.) in Pokojišče (716 m n.m.).

Vremenske in gnezditvene parametre v posameznih letih, lokacijah in nadmorskih višinah smo primerjali z neparametričnim Kruskal-Wallis testom, s Pearsonovo korelacijo pa ugotavljali relacije med temperaturo in nadmorsko višino ter gnezditvenimi parametri.

Osrednje obdobje gnezdenja velikih sinic (druga polovica inkubacije ter obdobje malih mladičev) v Sloveniji sovпада približno z obdobjem med 20. aprilom in 15. majem, zato smo to obdobje vzeli za izračun dolgoročnega trenda sprememb (1961-2012) padavin med gnezdenjem velike sinice na celotnem obravnavanem območju.

2.2.3 Preživetje gnezd

Za uspešno speljano gnezdo smo obravnavali vsako gnezdo, v katerem so mladiči zapustili gnezdilnico brez znakov plenjenja. Gnezda z opuščeni jajci, mrtvimi mladiči ali znaki plenjenja smo obravnavali kot propadla. Pri vsakem propadlem gnezdu smo, če je le bilo možno, določili vzrok propada. Čas propada posameznega gnezda smo določili na teden natančno. Propadla gnezda smo uvrstili v eno izmed štirih obdobj gnezdenja. 1.) Če so bila najdena mrzla jajca, katerih število se do naslednjega obiska ni spremenilo in iz katerih se kasneje niso izlegli mladiči, smo propad pripisali obdobju leženja jajc. 2.) Če so bila najdena mrzla jajca v predhodno inkubiranem leglu, smo ta propad pripisali obdobju inkubacije. Velikost mrtvih mladičev smo uporabili za določitev starosti ob propadu zaroda. Na podlagi sposobnosti samostojnega uravnavanja telesne temperature, ki se pri veliki sinici razvije približno sedmi dan po izvalitvi (Kluijver, 1951), smo obdobje mladičev razdelili na obdobje (3.) malih (manj kot 7 dni) in (4.) velikih mladičev (do zapustitve gnezda). Obdobja gnezdenja smo opredelili za vsako gnezdo individualno,

dolžina posameznega gnezditvenega obdobja pa je bila enaka za vsa gnezda, ne glede na dejansko dolžino posameznih obdobj, ki lahko do manjše mere variirajo med pari in leti (Cramp, 1998). Za ugotavljanje razlik v deležu propadlih gnezd med leti in med nadmorskimi višinami smo uporabili Hi kvadrat test. Za vsako obdobje gnezdenja posameznega gnezda smo izračunali povprečno temperaturo in vsoto padavin. Za primerjavo temperatur in padavin med gnezditvenimi obdobji uspešnih in neuspešnih (propadlih) gnezd smo uporabili neparametričen Mann-Whitneyev U test. Uporabili smo samo podatke iz gnezd, pri katerih smo lahko zanesljivo določili začetek inkubacije in obdobje propada gnezda.

Programsko opremo MARK (White in Burnham, 1999, Rotella *in sod.*, 2004) smo uporabili za modeliranje vpliva različnih spremenljivk na preživetje gnezd velike sinice. Za potrebe modeliranja smo vsako gnezdo opremili s podatki o dnevu prvega opazovanja, zadnjega opazovanja in zadnjega opazovanja gnezda z živimi mladiči (uspešno gnezdo) ter o številu gnezd z enakimi podatki. Pri uspešnih gnezdih sta bila dan zadnjega opazovanja in dan zadnjega opazovanja uspešnega gnezda enaka. Dnevno preživetje gnezd smo izračunali za vsako obdobje gnezdenja posebej.

Za modeliranje preživetja gnezd (odvisna spremenljivka) smo uporabili pet neodvisnih spremenljivk: 1) lokacija, 2) nadmorska višina, 3) leto, 4) količina padavin in 5) temperatura. Izpeljali smo dva seta modelov. V prvem smo modelirali vpliv padavin in temperature na preživetje gnezd, v drugem pa vpliv lokacije, nadmorske višine in leta na preživetje gnezd. Ker program predvideva uporabo zveznih spremenljivk smo diskretne spremenljivke spremenili v tako imenovane indikatorske spremenljivke.

- 1) Lokacija je pomenila eno izmed treh lokacij z indikatorskimi spremenljivkami 10, 01 in 00, od katerih vsaka predstavlja posamezno obravnavano območje.
- 2) Nadmorska višina predstavlja dejansko nadmorsko višino posamezne gnezditnice.
- 3) Leto v katerem je bilo gnezdo zabeleženo s kodami 100, 010, 001 in 000, od katerih vsako predstavlja posamezno leto študije.
- 4) Količina padavin predstavlja seštevek dnevnih količin padavin v posameznem obdobju gnezdenja za posamezno gnezditnico

- 5) Temperatura predstavlja povprečno temperaturo v posameznem obdobju gnezdenja za posamezno gnezdilnico.

Povprečno temperaturo in skupno količino padavin smo določali za vsako obdobje gnezdenja posebej in individualno za vsako gnezdo glede na pričetek inkubacije. Vsako gnezdo je bilo opremljeno z vsemi petimi spremenljivkami. V modeliranju smo uporabili obdobja gnezdenja ločeno, tako smo za vsako uspešno gnezdo uporabili štiri nize podatkov. Neuspešna so bila samo obdobja, v katerih je gnezdo propadlo. Za razporejanje modelov smo uporabili Akaikov informacijski kriterij drugega reda (AICc - merilo relativne kvalitete statističnega modela pri danih podatkih za majhne sete podatkov).

2.2.4 Popis ptic

V okviru zbiranja podatkov za novi atlas gnezdilic Slovenije so bile v obdobju 2002-2011 popisane ptice na celotnem območju Slovenije (T. Mihelič, osebno). Za potrebe doktorske naloge smo z dovoljenjem DOPPS-a uporabili rezultate o številu vseh vrst sinic ter brgleza na širšem območju Krma in Pohorja. Relativne abundance teh vrst smo izračunali iz popisnih transektov dolgih približno 2 km.

4 REZULTATI

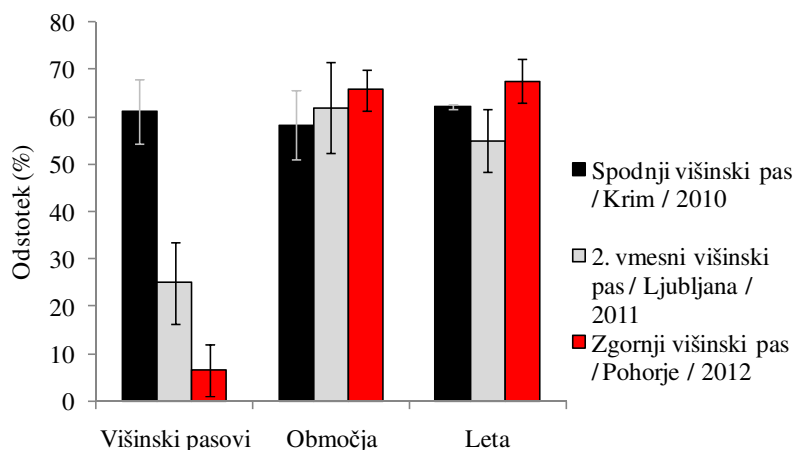
Rezultati so razdeljeni na tri podpoglavja: gnezditvena biologija velike sinice, kompeticija za gnezditveni prostor in obročkanje. Prvo podpoglavje zajema prva dva, drugo podpoglavje pa zajema tretji raziskovalni cilj naše naloge. Rezultatom smo dodali še podpoglavje o obročkanju ptic v gnezdilnicah med leti 2009 in 2012, ki sicer ni del ciljev naloge, zato so podatki samo predstavljeni za morebitne nadaljnje analize drugih raziskovalcev. Podpoglavju Preživetje gnezd smo dodali še analizo trenda padavin v zadnjih 50 letih, za podlago diskusiji o pričakovanem vplivu sprememb podnebja na preživetje gnezd velike sinice. Za različne analize smo uporabili različne sete podatkov. Za analizo zasedenosti gnezdilnic nismo uporabili podatkov iz spodnjega višinskega pasu na Pohorju leta 2010, za katerega predvidevamo, da smo gnezdilnice postavili prepozno v sezoni. Gnezditveni podatki iz leta 2009 so se močno razlikovali od podatkov iz ostalih let na Krimu, zato smo to leto v primerjavah med območji izpustili. Pri analizi pričetka gnezdenja smo uporabili samo podatke iz Pohorja in Krime (brez prvega vmesnega višinskega pasu). Pri analizi propada gnezd pa smo ob lastnih podatkih uporabili še podatke iz gnezdilnic Daretu Fekonje.

4.1 GNEZDITVENA BIOLOGIJA VELIKE SINICE

4.1.1 Zasedenost gnezdilnic

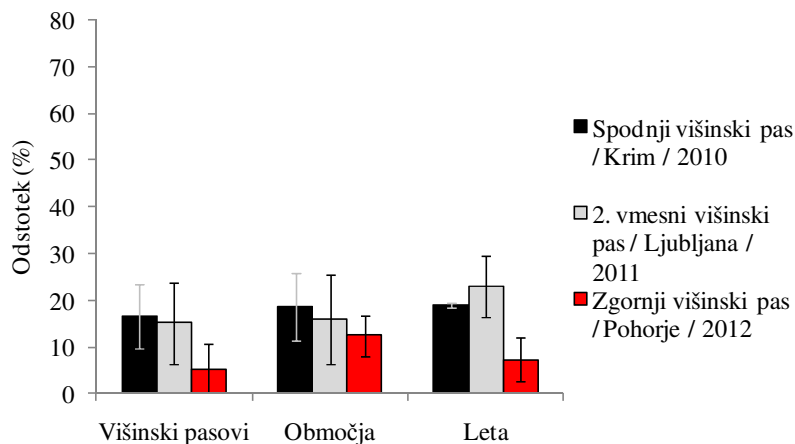
Skupaj smo zabeležili 233 gnezd velike sinice na treh območjih in v štirih letih. Prvih legel smo zabeležili 167 (zasedenih 33,3 % vseh gnezdilnic). Ostalih legel v letu je bilo skupaj 66 (zasedenih 13,1 % vseh gnezdilnic). Največ prvih legel (88) smo zabeležili na Krimu in najmanj v Ljubljani (39). Na spodnjem višinskem pasu je velika sinica zasedla največji odstotek gnezdilnic na Pohorju (65,6 %; šteti samo leti 2011 in 2012), najmanj pa v Ljubljani (61,9 %). Razlika v deležu zasedenih gnezdilnic med posameznimi leti (Pregl. 3, Sl. 10) ni bila značilna (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 2,24$; $df = 3$; $p = 0,525$). Zasedenost gnezdilnic na spodnjih višinskih pasovih vseh treh obravnavanih območjih je bila med seboj podobna (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 0,09$; $df = 2$; $p = 0,954$). Upad deleža zasedenih gnezdilnic velike sinice z 62,0 na 9,8 % s spodnjega do zgornjega višinskega pasu za prva in s 16,7 na 5,0 % za

ostala legla (Sl. 10, 11) je bil značilen za vsa legla (Prva legla: $r_{\text{Pearson}} = -0,93$; $df = 6$; $p < 0,001$; ostala legla: $r_{\text{Pearson}} = -0,74$; $df = 6$; $p = 0,034$).



Sl. 10: Odstotek gnezdilnic s prvimi legli velike sinice (*Parus major*), ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija

Fig. 10: Percent of occupied nest-boxes by the first Great Tit (*Parus major*) clutches, separated by altitudinal belts, study sites and years. Average values and standard deviation shown



Sl. 11: Odstotek gnezdilnic s ostalimi legli velike sinice (*Parus major*), ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija

Fig. 11: Percent of occupied nest-boxes by the other Great Tit (*Parus major*) clutches, separated by altitudinal belts, study sites and years. Average values and standard deviation shown

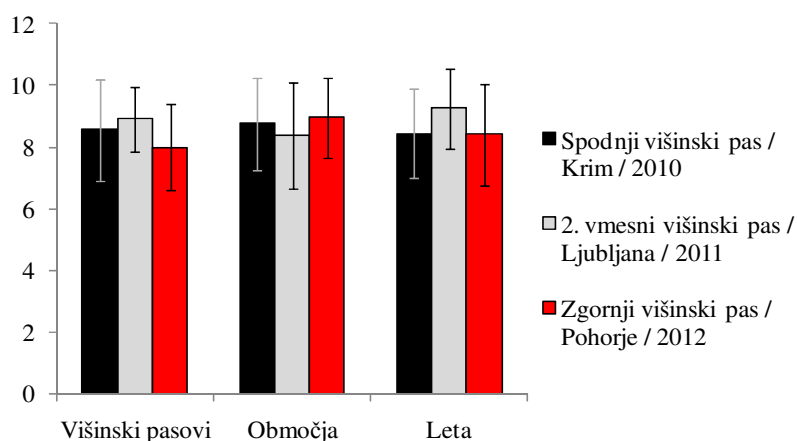
Pregl. 3: Odstotek zasedenih gnezditnic, povprečno število jajc in uspešno speljanih mladičev, odstotek uspešnih legel ter skupno število speljanih mladičev na gnezditnico prvih in ostalih legel velike sinice (*Parus major*), razdeljeno po letih, višinskih pasovih in lokacijah

Tab. 3: Percentage of occupied nest-boxes, average number of eggs and successfully fledged young, percentage of successful clutches and number of fledged young per nest-box for the first and other clutches of Great Tit (*Parus major*), separated by years, altitudes and locations

		N	Odstotek zasedenih		Povprečno število		Povprečno število		Odstotek uspešnih		Skupno število speljanih mladičev	
			1. leglo	Ostala legla	1. leglo	Ostala legla	1. leglo	Ostala legla	1. leglo	Ostala legla		
Krim	Spodnji višinski pas	2009	16	81,3	6,3	9,2	6,0	7,8	6,0	92,3	100,0	6,3
		2010	16	62,5	18,8	8,2	6,3	5,6	5,0	50,0	33,3	2,1
		2011	16	50,0	31,3	9,3	7,6	9,0	7,3	75,0	80,0	5,2
		2012	16	62,5	6,3	7,4	9,0	7,0	4,0	57,9	100,0	2,8
		2010-2012	48	58,3	18,8	8,3	7,6	7,2	5,4	61,0	71,1	3,3
		2009-2012	64	64,1	15,6	8,5	7,2	7,4	5,6	68,8	78,3	4,1
	1. vmesni višinski pas	2011	16	31,3	25,0	10,6	7,3	10,0	6,3	100,0	100,0	4,7
		2012	16	31,3	6,3	9,4	9,0	8,8	3,0	80,0	100,0	2,4
		Vsa leta	32	31,3	15,6	10,0	7,6	9,4	5,6	90,0	100,0	3,5
	2. vmesni višinski pas	2009	16	31,3	37,5	9,8	6,8	9,3	7,0	80,0	66,7	4,1
		2010	32	18,8	15,6	8,7	8,0	7,8	/	66,7	0,0	1,0
		2011	32	28,1	6,3	9,4	6,0	8,3	8,0	66,7	50,0	1,8
2012		32	28,1	12,5	8,8	7,3	8,0	5,0	69,4	25,0	1,7	
2010-2012		96	25,0	11,5	9,0	7,1	8,0	6,5	67,6	25,0	1,5	
Vsa leta	112	26,6	18,0	9,0	7,4	8,2	6,5	70,7	35,4	2,1		
Zgornji višinski pas	2009	16	18,8	6,3	9,3	10,0	8,3	8,0	100,0	100,0	2,1	
	2010	24	/	4,2	/	7,0	/	7,0	/	100,0	0,3	
	2011	24	4,2	4,2	9,0	8,0	7,0	5,0	100,0	100,0	0,5	
	2012	24	16,7	16,7	7,8	6,8	4,0	4,5	25,0	50,0	0,5	
	2010-2012	72	10,4	8,3	8,4	7,3	5,5	5,5	62,5	83,3	0,4	
Vsa leta	88	13,2	7,8	8,0	7,0	5,5	5,3	75,0	87,5	0,8		
Ljubljana	2010	21	61,9	19,0	8,5	6,5	7,4	5,0	53,8	25,0	2,7	
	2011	21	52,4	19,0	9,0	7,8	8,3	6,0	72,7	50,0	3,7	
	2012	21	71,4	9,5	7,5	6,0	5,8	4,0	80,0	100,0	3,7	
	Vsa leta	63	61,9	15,9	8,4	6,9	6,7	5,3	68,9	58,3	3,4	
Pohorje	Spodnji višinski pas	2010	16	25,0	18,8	7,8	5,7	7,5	5,3	100,0	100,0	2,9
		2011	16	62,5	18,8	9,1	7,0	7,8	5,7	90,0	100,0	5,4
		2012	16	68,8	6,3	9,6	5,0	8,2	/	81,8	0,0	4,6
		Vsa leta	48	65,6	14,6	9,1	6,0	7,9	5,5	90,6	66,7	4,3
	2. vmesni višinski pas	2010	16	25,0	12,5	8,8	8,0	8,0	7,0	50,0	50,0	1,4
		2011	16	37,5	25,0	8,7	5,5	8,2	/	83,3	0,0	2,6
		2012	16	12,5	18,8	9,0	7,7	7,0	5,5	100,0	66,7	1,6
	Vsa leta	48	25,0	18,8	8,8	6,8	7,9	6,0	77,8	38,9	1,9	
	Zgornji višinski pas	2010	15	6,7	6,7	10,0	5,0	/	5,0	0,0	100,0	0,3
		2011	16	6,3	0,0	9,0	/	8,0	/	100,0	/	0,5
2012		16	6,3	0,0	6,0	/	6,0	/	100,0	/	0,4	
Vsa leta	47	6,4	2,2	8,3	5,0	7,0	5,0	66,7	100,0	0,4		
Krim & Pohorje	Spodnji višinski pas	96	62,0	16,7	8,7	6,7	7,4	5,9	75,8	68,9	3,8	
	2. vmesni višinski pas	160	25,8	18,4	8,9	7,6	8,0	7,0	74,2	37,2	2,0	
	Zgornji višinski pas	160	9,8	5,0	8,1	6,7	6,3	5,2	70,8	93,8	0,6	

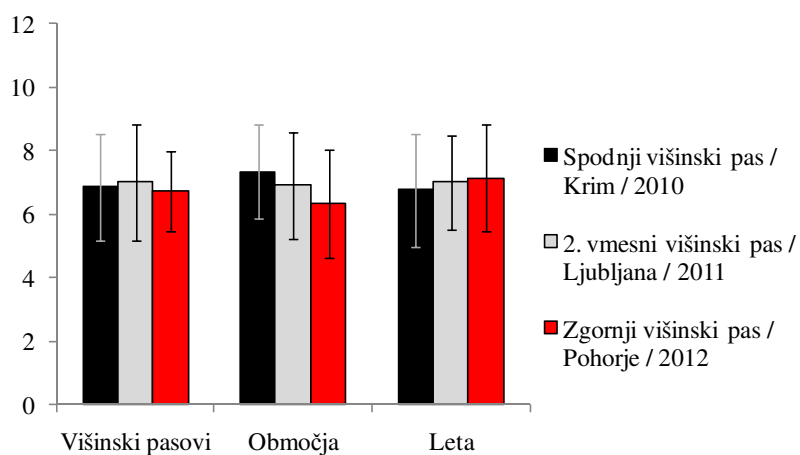
4.1.2 Velikost legla

Velikost legla velike sinice je na obravnavanem območju variiralo med štirimi in 12 jajci s povprečjem 8,8 jajc na gnezdo (mediana 9) v obdobju prvega legla ter s povprečjem 7,0 za ostala legla (Pregl. 3). Največje povprečno število jajc (10,6) pri prvih leglih smo zabeležili na 1. vmesnem višinskem pasu na Krimu leta 2011, najmanjše (6,0) pa na zgornjem višinskem pasu na Pohorju leta 2012 (Pregl. 3). Število jajc v prvih leglih se je razlikovalo samo med leti (Kruskal-Wallis; $H = 6,9$; $df = 3$; $p = 0,033$), med nadmorskimi višinami in med območji pa ne (Sl. 12). Največje povprečno število jajc je bilo 9,3 v letu 2011. Število jajc v ostalih leglih se ni značilno razlikovalo med območji, višinskimi pasovi in leti (Sl. 13; Kruskal-Wallis; $H = 8,7$; $df = 2$; $p = 0,057$).



Sl. 12: Povprečno število jajc prvih legel velike sinice (*Parus major*) ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija

Fig. 12: Average number of eggs in the first Great Tit (*Parus major*) clutches, separated by altitudinal belts, study sites and years. Average values and standard deviation shown

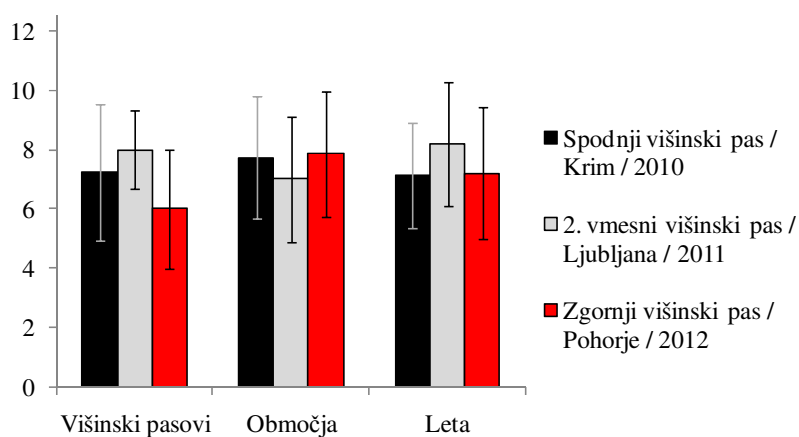


Sl. 13: Povprečno število jajc ostalih legel velike sinice (*Parus major*) ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija

Fig. 13: Average number of eggs in the other Great Tit (*Parus major*) clutches, separated by altitudinal belts, study sites and years. Average values and standard deviation shown

4.1.3 Število speljanih mladičev na gnezdo

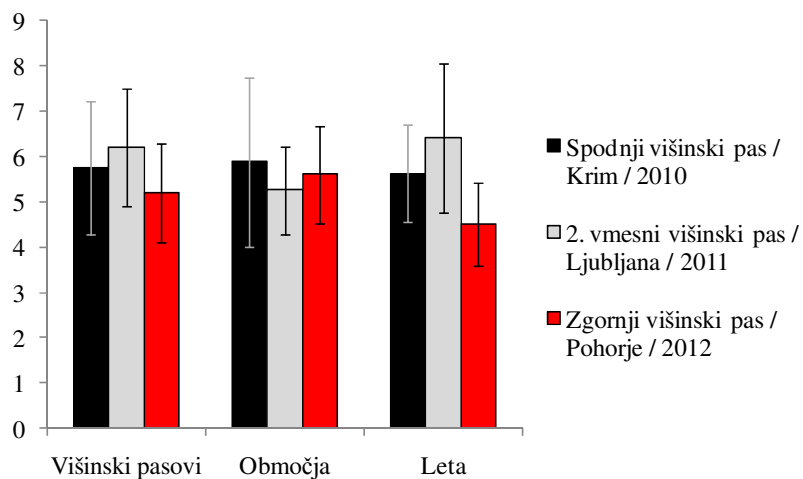
Iz uspešnih prvih gnezd se je v povprečju speljalo 7,7 mladičev velike sinice (mediana 8). Največje število speljanih mladičev v posameznem gnezdu je bilo 11. V povprečju se je največ mladičev na uspešni par speljalo na 1. vmesnem višinskem pasu na Krimu leta 2011 (10,0), najmanj (4,0) pa na zgornjem višinskem pasu prav tako na Krimu (Pregl. 3). Število speljanih mladičev na uspešen par se je značilno razlikovalo samo med leti (Kruskal-Wallis; $H = 6,0$; $df = 2$; $p = 0,049$), ko smo največ speljanih mladičev (7,6) zabeležili v letu 2011 (Sl. 14).



Sl. 14: Povprečno število speljanih mladičev uspešnih parov prvih legel velike sinice (*Parus major*) ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija

Fig. 14: Average number of fledged young of successful pairs in the first Great Tit (*Parus major*) clutches, separated by altitudinal belts, study sites and years. Average values and standard deviation shown

Pri ostalih gnezdh se je v povprečju speljalo 5,2 mladičev na uspešen par (mediana 6). Največje povprečno število mladičev na uspešen par se je speljalo na Krimu na zgornjem višinskem pasu leta 2009 in na 1. vmesnem pasu leta 2011 (8,0), najmanj pa na 1. vmesnem pasu na Krimu leta 2012 (3,0). Povprečno število speljanih mladičev na uspešen par se je v ostalih gnezdh razlikovalo za manj kot dva mladiča med leti, višinskimi pasovi in območji (Sl. 15).

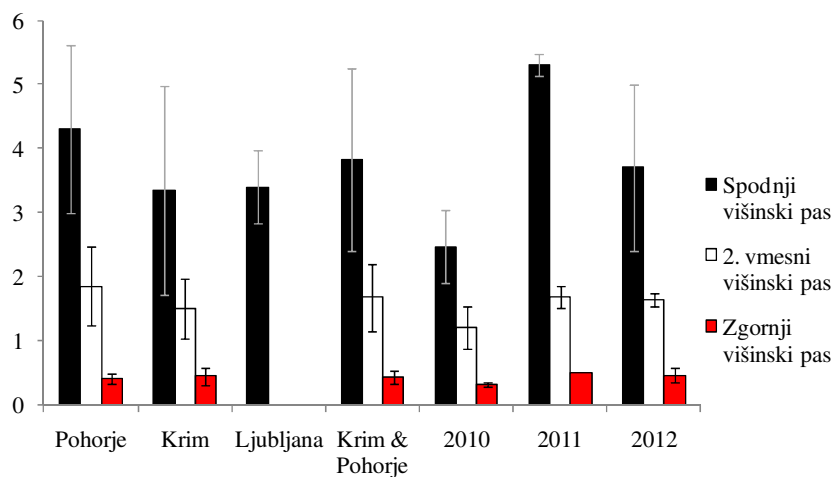


Sl. 15: Povprečno število speljanih mladičev uspešnih parov ostalih legel velike sinice (*Parus major*) ločeno po višinskih pasovih, območjih in letih. Prikazani povprečje in standardna deviacija

Fig. 15: Average number of fledged young of successful pairs in the other Great Tit (*Parus major*) clutches, separated by altitudinal belts, study sites and years. Average values and standard deviation shown

4.1.4 Skupno število speljanih mladičev populacije

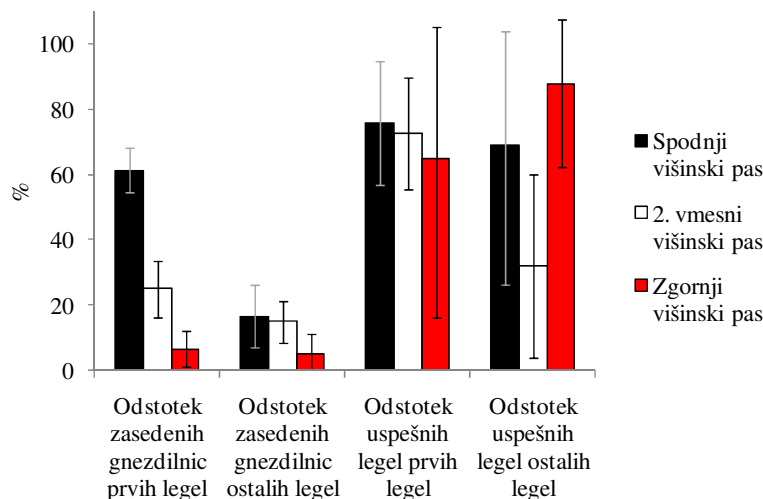
V vseh letih in na vseh območjih se je skupaj speljalo 1175 mladičev (2,3 mladiča na postavljeno gnezdilnico). Največ se jih je speljalo na spodnjih (680), najmanj pa na zgornjih višinskih pasovih (84). Največje število speljanih mladičev na postavljeno gnezdilnico (6,3) smo zabeležili na spodnjem višinskem pasu na Krimu leta 2009 (Pregl. 3). V obdobju 2010-2012, ko smo spremljali gnezditveno biologijo velike sinice tudi na Pohorju in v Ljubljani, pa smo največje število speljanih mladičev na gnezdilnico (5,4) zabeležili na spodnjem višinskem pasu na Pohorju leta 2011 (Pregl. 3). V obdobju 2010-2012 se je v povprečju največ mladičev speljalo na spodnjih višinskih pasovih (3,9), v letu 2011 (2,5) in, izmed spodnjih višinskih pasov, na Pohorju (4,3; Sl. 16). Število speljanih mladičev populacije se razlikuje med višinskimi pasovi (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 133,8$; $df = 2$; $p < 0,001$), med leti (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 17,3$; $df = 2$; $p < 0,001$) ter med Pohorjem in Krimom (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 6,8$; $df = 1$; $p < 0,001$), ne pa tudi med spodnjimi višinskimi pasovi vseh treh območij (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 1,7$; $df = 2$; $p = 0,436$).



Sl. 16: Število speljanih mladičev na gnezdilnico ločenih populacij velike sinice (*Parus major*) po območjih, letih in višinskih pasovih. Prikazani povprečje in standardna deviacija

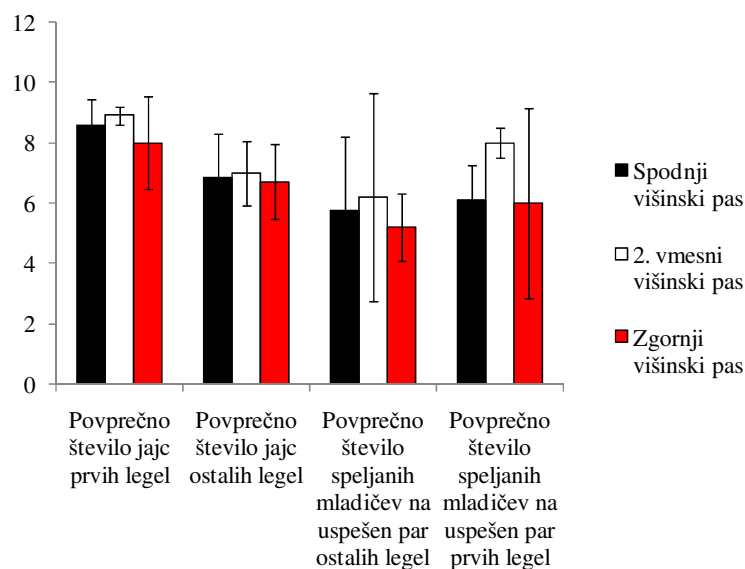
Fig. 16: Number of fledged young per nest-box in different Great Tit (*Parus major*) populations on different study sites, in different years and separated by altitudinal belts. Average values and standard deviation shown

Število speljanih mladičev populacije je odvisno od števila speljanih mladičev uspešnih parov in števila uspešnih parov. V obdobju prvih legel se je med višinskimi pasovi najbolj razlikoval odstotek zasedenih gnezdilnic (Sl. 17), pri ostalih leglih pa odstotek uspešnih legel (Sl. 18).



Sl. 17: Odstotek zasedenih gnezdilnic in uspešnih legel prvih in ostalih legel velike sinice (*Parus major*) na Pohorju in Krimu. Prikazani povprečje in standardna deviacija

Fig. 17: Percentage of occupied nest-boxes and successful nest in the first and the other clutches of Great Tit (*Parus major*) on Mt. Pohorje and Mt. Krim. Average values and standard deviation shown



Sl. 18: Povprečno število jajc in speljanih mladičev uspešnih parov prvih in ostalih legel velike sinice (*Parus major*) na Pohorju in Krimu. Prikazani povprečje in standardna deviacija

Fig. 18: Average number of eggs and successfully fledged young in the first and the other clutches of Great Tit (*Parus major*) on Mt. Pohorje and Mt. Krim. Average values and standard deviation shown

4.1.5 Pričetek gnezdenja

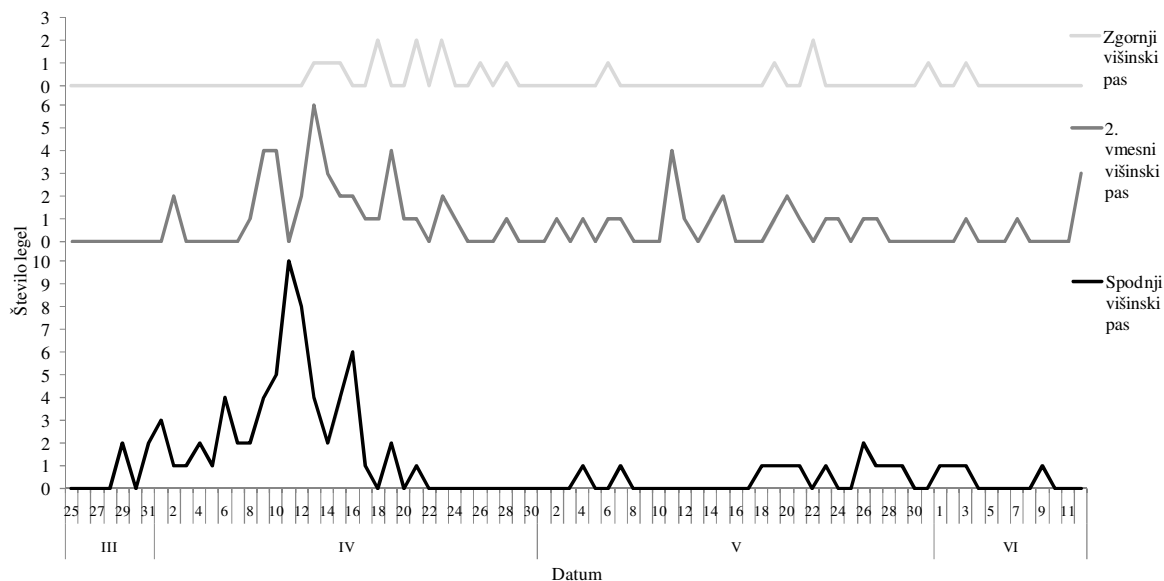
Za namen analize pričetka gnezdenja smo uporabili 112 podatkov prvih legel velike sinice v štirih letih iz spodnjih, 2. vmesnih in zgornjih višinskih pasovih na Pohorju in Krimu. Velike sinice so v obdobju med 2009 in 2012 pričele z gnezdenjem med 29. marcem in 10. aprilom. Najbolj zgodaj so v povprečju pričele z gnezdenjem leta 2012 in najkasneje leta 2010 (Pregl. 4). Povprečni datum prvega jajca v gnezdu se je značilno razlikoval med leti (Kruskal-Wallis: $H = 21,8$; $df = 3$; $p < 0,001$). Z gnezdenjem so velike sinice v vseh obravnavanih letih pričele prej na nižjih kot na višjih višinskih pasovih (Pregl. 4, Sl. 19). Gnezdenje velike sinice je v značilni korelaciji ($r_{\text{Pearson}} = -0,91$; $df = 12$; $p < 0,001$) s povprečnimi marčevskimi temperaturami tako, da ob nižjih temperaturah pričnejo z gnezdenjem kasneje, ob višjih pa prej.

Pregl. 4: Povprečni datum prvega jajca velike sinice (*Parus major*) ločeno po višinskih pasovih in letih. Podatki s Krima in Pohorja so predstavljeni skupaj

Tab. 4: Average date of the first of Great Tit (*Parus major*) egg separated by individual altitudes and years. Data for Mt. Krim and Mt. Pohorje are presented together

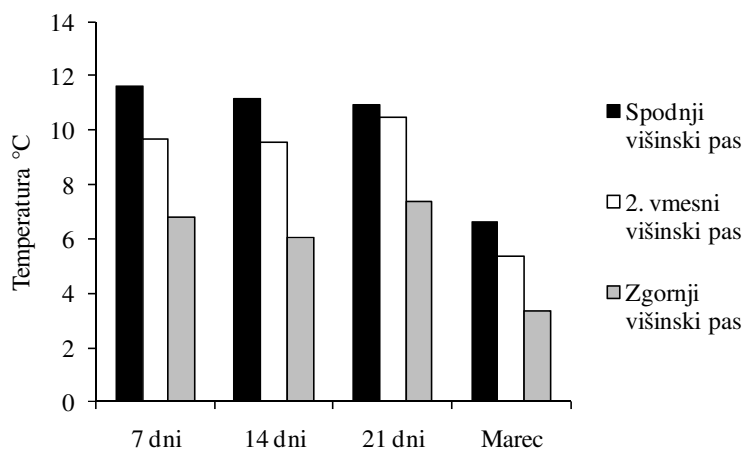
	2009	2010	2011	2012	Vsa leta
Zgornji višinski pas	23. apr	21. apr	26. apr	16. apr	20. apr
2. vmesni višinski pas	12. apr	16. apr	14. apr	8. apr	12. apr
Spodnji višinski pas	10. apr	13. apr	10. apr	4. apr	9. apr

Velike sinice so z višanjem nadmorske višine na obravnavanem območju pričele z gnezdenjem kasneje (Sl. 19) in ob nižjih temperaturah (Sl. 20). Na 2. vmesnem višinskem pasu so v povprečju pričele z gnezdenjem dva do štiri dni, na zgornjem pa 8 do 16 dni za pari na spodnjem višinskem pasu (Pregl. 4). Kljub temu zamiku so se povprečne temperature v vseh predgnezditvenih obdobjih razlikovale med posameznimi višinskimi pasovi (Sl. 20; Kruskal-Wallis, 7-dnevna: $H = 32,5$; $df = 3$; $p < 0,001$; 14-dnevna: $H = 15,0$; $df = 3$; $p < 0,001$; 21-dnevna: $H = 13,3$; $df = 2$; $p < 0,001$; Marec: $H = 10,1$; $df = 2$; $p < 0,001$). Najnižja izmerjena povprečna temperatura v 7-dnevnem predgnezditvenem obdobju je bila 3,1 °C najvišja pa 14,8 °C. Podoben razpon smo zabeležili tudi v 14 ter 21-dnevnem obdobju, kjer sta bili najnižja in najvišja temperatura 4,1 – 13,2 °C oziroma 5,1 – 11,8 °C.



Sl. 19: Dinamika datumov prvih jajc v posameznih gnezditvah velike sinice (*Parus major*) na območju Krima in Pohorja v obdobju 2009-2012 ločeno po višinskih pasovih

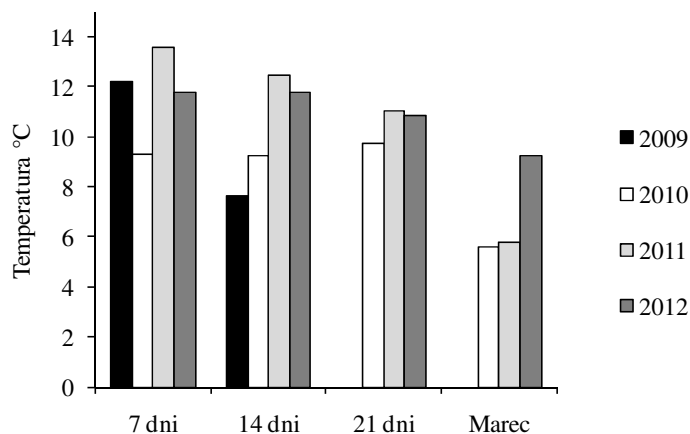
Fig. 19: Dynamic of the first egg dates in individual Great Tit (*Parus major*) nests at study sites Mt. Krim and Mt. Pohorje during 2009-2012 period separated by altitudinal belts



Sl. 20: Povprečne temperature v marcu ter 7, 14 in 21-dnevem obdobju pred prvim jajcem velike sinice (*Parus major*) v gnezdu na različnih nadmorskih višinah. Podatki so za Krim in Pohorje skupaj

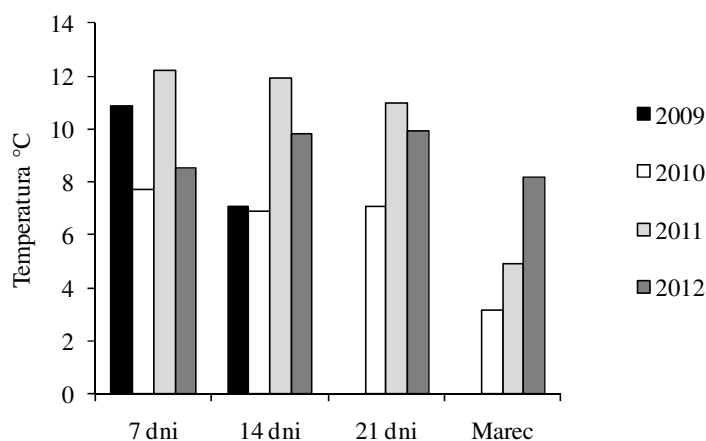
Fig. 20: Average temperatures in March and 7, 14 and 21.day intervals prior to the first egg of Great Tit (*Parus major*) on different altitudes. Temperatures are averaged for Krim and Pohorje

Razlike v povprečni temperaturi v predgnezditvenih obdobjih smo našli tudi med posameznimi leti. Na spodnjem višinskem pasu so se temperature v predgnezditvenem obdobju med leti razlikovale za od 1,4 °C v 21-dnevnem obdobju do 4,8 °C v 14-dnevnem obdobju (Sl. 21), na srednjih višinah pa za od 3,9 °C v 21-dnevnem obdobju do 5,0 °C v 14-dnevnem obdobju in v marcu (Sl. 22).



Sl. 21: Povprečne temperature v marcu ter v 7, 14 in 21-dnevnih obdobjih pred prvim jajcem velike sinice (*Parus major*) na spodnjem višinskem pasu (300 m n.m.) v zaporednih letih. Podatki so za Krim in Pohorje skupaj

Fig. 21: Average temperatures in March and 7, 14 and 21.day intervals prior to the first egg of Great Tit (*Parus major*) on lower altitude (300 m asl) in different years. Temperatures are averaged for Krim and Pohorje



Sl. 22: Povprečne temperature v marcu ter v 7, 14 in 21-dnevnih obdobjih pred prvim jajcem velike sinice (*Parus major*) na srednjem višinskem pasu (600 m n.m.) v zaporednih letih. Podatki so za Krim in Pohorje skupaj

Fig. 22: Average temperatures in March and 7, 14 and 21.day intervals prior to the first egg of Great Tit (*Parus major*) on middle altitude (600 m asl) in different years. Temperatures are averaged for Krim and Pohorje

4.1.6 Preživetje gnezd

Od 188 prvih legel (vštetih tudi 21 legel v gnezdilnicah D. Fekonje pri Ljubljani), kolikor smo jih zabeležili na treh obravnavanih območjih v letih 2009 do 2012 jih je skupaj propadlo 52 (tri v gnezdilnicah D. Fekonje). Število propadlih gnezd se je značilno razlikovalo med gnezdilnimi obdobji (Hi kvadrat: $\chi^2 = 20,9$; $df = 3$; $p < 0,001$). Sedem legel je propadlo v obdobju leženja jajc, 33 med inkubacijo, 10 v obdobju majhnih mladičev in dve v obdobju velikih mladičev. Največji odstotki legel so propadli na Krimu (38,8 %), na zgornjem višinskem pasu (50,0 %) in v letu 2010 (44,4 %; Pregl. 5). Razlike med posameznimi leti (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 10,7$; $df = 2$; $p = 0,005$), obravnavanimi območji (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 12,7$; $df = 2$; $p = 0,002$) in višinskimi pasovi (Hi-kvadrat: $\chi^2 = 14,4$; $df = 3$; $p = 0,002$) so bile statistično značilne.

Pregl. 5: Odstotek propadlih prvih legel velike sinice (*Parus major*) ločeno po območjih, višinskih pasovih in letih

Tab. 5: Percent of failed first clutches of Great Tit (*Parus major*) separately by region, altitude belts and years

	N	Propadla legla (%)
Krim	67	38,8
Pohorje	40	17,5
Ljubljana*	62	27,4
Spodnji višinski pas **	53	28,3
1. višinski pas	10	10,0
2. višinski pas	36	36,1
Zgornji višinski pas	8	50,0
2010	45	44,4
2011	58	22,4
2012	66	25,8
Skupaj	169	29,6

* - z gnezdilnicami D. Fekonje / with nest-boxes of D. Fekonja

** - samo Krim in Pohorje / just Mt. Krim and Mt. Pohorje

Dnevno preživetje gnezd (verjetnost, da posamezno gnezdo preživi en dan), izračunano s pomočjo programa Mark, je bilo najvišje v obdobju velikih mladičev (0,9998), najnižje pa med inkubacijo (0,9898). V ostalih dveh obdobjih je bilo dnevno preživetje gnezd sledeče: mali mladiči (0,9979) in leženj jajc (0,9952). Preživetje gnezd v vseh gnezditvenih obdobjih skupaj je bilo 0,82, kar praktično pomeni, da se bodo verjetno mladiči uspešno speljali iz 82 % vseh zasedenih gnezdilnic.

4.1.6.1 Vreme v aprilu in maju

Najvišje povprečne temperature na spodnjem višinskem pasu v aprilu in maju so bile izmerjene na Pohorju (13,6 °C), najnižje pa na Krimu (12,5 °C). Največ padavin je padlo na Krimu (217,3 mm) in najmanj na Pohorju (149,0 mm). Izmerjene temperature na spodnjem višinskem pasu na vseh treh obravnavanih območjih so bile med seboj primerljive (Kruskal-Wallis: $H = 2,8$; $df = 2$; $p = 0,252$), med tem ko so se padavine značilno razlikovale (Kruskal-Wallis: $H = 8,2$; $df = 2$; $p = 0,016$). V celotnem obdobju gnezdenja je bilo najbolj deževno leto 2012, ki je bilo skupaj z letom 2010 tudi najhladnejše (Pregl. 6). Če upoštevamo samo obdobji inkubacije in majhnih mladičev, ko je propadlo največ mladičev, je bilo najbolj namočeno leto 2010 (2009: 20,3 mm, 2010: 67,2 mm, 2011: 28,2 mm, 2012: 49,6 mm). Temperatura in padavine v obdobju gnezdenja so se med leti značilno razlikovale (Kruskal-Wallis: Padavine $H = 18,0$; $df = 2$; $p = 0,039$; Temperatura $H = 66,5$; $df = 2$; $p = 0,0390$). Temperatura se je razlikovala med nadmorskimi višinami (Kruskal-Wallis: $H = 13,8$; $df = 2$; $p = 0,001$) ter je z nadmorsko višino značilno padala s hitrostjo približno 0,5 °C na vsakih 100m ($r_{\text{Pearson}} = -0,93$; $df = 14$; $p < 0,001$). Količina padavin med spodnjim in drugim vmesnim višinskim pasom na območju Krima se ni razlikovala (Kruskal-Wallis; $H = 0,4$; $df = 1$; $p = 0,513$).

Pregl. 6: Povprečna temperatura in vsota padavin ločeno po območjih, letih in nadmorskih višinah

Tab. 6: The average temperature and amount of rain separated by sites, years and altitudinal belts

	Temperatura °C	Padavine (mm)
Krim	12,5	217,3
Pohorje	13,6	149,0
Ljubljana	13,3	190,8
2010	12,84	183,9
2011	13,82	142,2
2012	12,82	231,1
Zgornji višinski pas	9,5	/
2. vmesni višinski pas	11,7	223*
Spodnji višinski pas	13,1	217,3*

* - prikazano samo za Krim / shown only for Mt. Krim

Povprečna letna količina padavin je najvišja na Krimu (1557,6 mm), in je v povprečju za 30% višja kot na Pohorju in za 12% višja kot v Ljubljani. Med 20. aprilom in 15. majem v obdobju let 1961-2012 je bil Krim v povprečju deležen največ (102,7 mm) in Pohorje najmanj padavin (72,0 mm; ARSO). Dolgoročni trend v količini padavin v tem obdobju je negativen na vseh treh lokacijah, kar nakazuje spremembo k bolj suhemu podnebjju. V povprečju je bilo v tem obdobju na Krimu 1,1 mm manj padavin na leto, v Ljubljani 0,8 mm / leto ter na Pohorju 0,5 mm / leto.

4.1.6.2 Preživetje gnezd in vreme

Propadla gnezda so bila v obdobju gnezdenja, ko so propadla, podvržena višji dnevni količini padavin (35,1 mm) kot uspešna gnezda (20,5 mm). Razlika je bila statistično značilna (Mann-Whitney: $U = 5795$; $N_{\text{propadla}} = 37$; $N_{\text{uspešna}} = 572$; $p < 0,001$). Po drugi strani pa se v neuspešnih gnezdih povprečna temperatura v obdobju propada (12,7 °C) ni značilno razlikovala od povprečne temperature obdobjij v katerih gnezda niso propadla (12,1 °C; Mann-Whitney $U = 8958$; $N_{\text{propadla}} = 37$; $N_{\text{uspešna}} = 572$; $p = 0,118$).

Model z lokacijo ima več podpore v podatkih, kot ga imata modela leto in nadmorska višina. Model s padavinami ima več podpore v podatkih kot model s temperaturo (Pregl. 7). V obeh setih modelov je po en model, ki ima več podpore v podatkih od modelov s padavinami (temperatura + padavine) in lokacijo (leto + lokacija), vendar je razlika v Akaikovem informacijskem kriteriju premajhna ($\Delta AIC_c < 2$), da bi lahko z gotovostjo trdili, da je model z nižjim AICc tudi boljši (Burnham in Anderson 2002).

Pregl. 7: Prikaz dveh setov modelov za preživetje gnezd velike sinice (*Parus major*) v odvisnosti od petih spremenljivk. Modeli z Aikakovim informacijskim kriterijem drugega reda ($AICc \leq 2$) imajo največjo podporo v podatkih (Burnham in Anderson, 2002) in so poudarjeni

Tab. 7: Two sets of models for nest survival of Great Tit (*Parus major*) in relation to five parameters. Models with $AICc \leq 2$ have greatest support in data (Burnham in Anderson, 2002) and are in bold

Model	K	AICc	ΔAIC	w_i	w_1/w_j
S(T+R)	2	275,4936	0,0000	0,70780	1,00
S(R)	3	277,3059	1,8123	0,28600	2,47
S(T)	1	285,9536	10,4600	0,00379	186,75
S(.)	2	286,8600	11,3664	0,00241	293,69
S(Y+L)	6	282,3236	0,0000	0,33071	1,00
S(L)	3	283,6103	1,2867	0,17380	1,90
S(Y+A+L)	7	283,6179	1,2943	0,17314	1,91
S(A+L)	4	284,8887	2,5651	0,09172	3,61
S(Y+A)	5	285,5298	3,2062	0,06656	4,97
S(A)	2	285,5986	3,2750	0,06431	5,14
S(.)	1	285,9536	3,6300	0,05385	6,14
S(Y)	4	286,2728	3,9492	0,04591	7,20

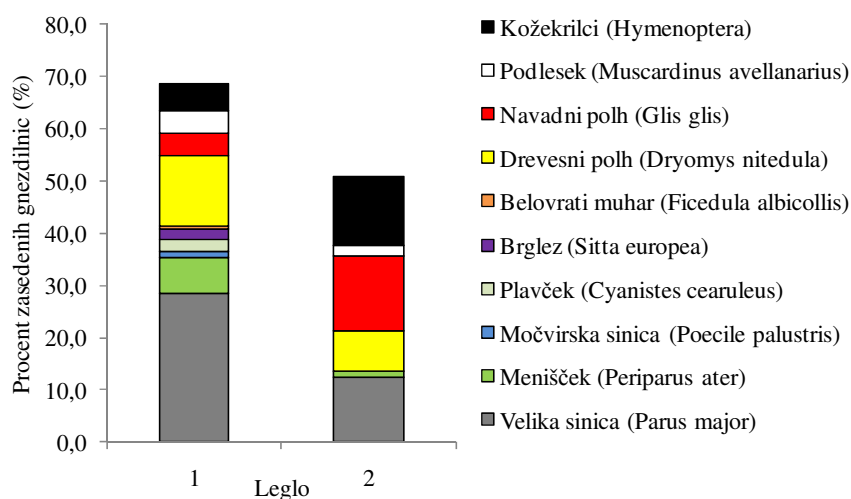
R = padavine, T = temperatura L = lokacija, A = nadmorska višina, Y = leto, S. = osnovni model; K = število parametrov, w = Aikakova obtežba, w_1/w_j = količnik med modelom z največjo Aikakovo obtežbo in modelom j

R = rain, T = temperature, L = location, A = altitude, Y = year, S. = basic model; K = Number of parameters, w = Akaike weights, w_1/w_j = ratio between the model with the highest Akaike weight and the model j

4.2 KOMPETICIJA ZA GNEZDITVENI PROSTOR

4.2.1 Zasedenost gnezdilnic

V obdobju raziskave smo v gnezdilnicah na območju Pohorja in Krima zabeležili šest vrst ptic, tri vrste polhov in nekaj vrst nevretenčarjev. Med nevretenčarji smo pomembnejšo vlogo pripisali le kožekrilcem, ki so skupaj zasedli 5,0 % vseh gnezdilnic v obdobju prvih legel (april, maj), ter 13,1 % v obdobju ostalih legel (junij, julij). V obdobju prvih legel smo v največ gnezdilnicah našli veliko sinico (28,5 %) in drevesnega polha (13,6 %; Sl. 23), v obdobju ostalih legel pa navadnega polha (14,2 %), kožekrilce (13,1 %) in veliko sinico (12,5 %). Ostala legla smo ob veliki sinici zabeležili le še pri meniščku. Pri obeh vrstah smo zabeležili manj ostalih kot prvih legel (Sl. 23).



Sl. 23: Odstotek zasedenih gnezdilnic s šestimi vrstami ptic, tremi vrstami sesalcev na in kožekrilci dveh obravnavanih območjih (Krim in Pohorje) skupaj v obdobju prvega (1=april in maj) in ostalih (2=junij in julij) legel

Fig. 23: Percent of occupied nest-boxes by a six bird, three mammal species and Hymenoptera on two study sites (Mt. Krim and Mt. Pohorje) combined during the first (1=April, May) and other (2=June, July) clutches

4.2.2 Velika sinica in polhi

Na nižjih višinskih pasovih velika sinica prične z gnezdenjem prej kakor na višjih ($r_{\text{Pearson}} = 0,60$; $df = 32$; $p < 0,001$), med tem ko se prvo opazovanje drevesnega polha v gnezdilnicah ne razlikuje med višinskimi pasovi ($r_{\text{Pearson}} = -0,34$; $df = 10$; $p = 0,280$). Na spodnjem višinskem pasu so velike sinice znesle prvo jajce več kot dva tedna preden so v gnezdilnice prišli prvi drevesni polhi. Na zgornjem višinskem pasu je bila ta razlika samo nekaj dni (Pregl. 8), kar nakazuje večje prekrivanje na višjih kakor na nižjih nadmorskih višinah.

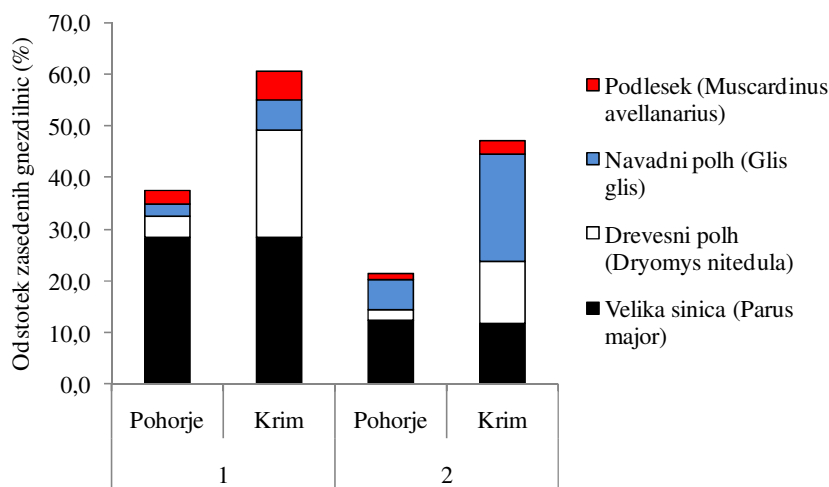
Pregl. 8: Datum prvega jajca v gnezdu velike sinice (*Parus major*) ter datum prvega opazovanja drevesnega polha (*Dryomys nitedula*) v gnezdilnici ločeno po nadmorskih višinah in območjih

Tab. 8: The first egg date of Great Tit (*Parus major*) and the first observation of Forest Dormouse (*Dryomys nitedula*) on different altitudinal belts and study sites

		Velika sinica (<i>Parus major</i>)	Drevesni polh (<i>Dryomys nitedula</i>)
Zgornji višinski pas	Pohorje	17.apr	12.apr
	Krim	18.apr	21.apr
2. vmesni višinski pas	Pohorje	8.apr	/
	Krim	11.apr	24.apr
Spodnji višinski pas	Pohorje	4.apr	/
	Krim	6.apr	21.apr

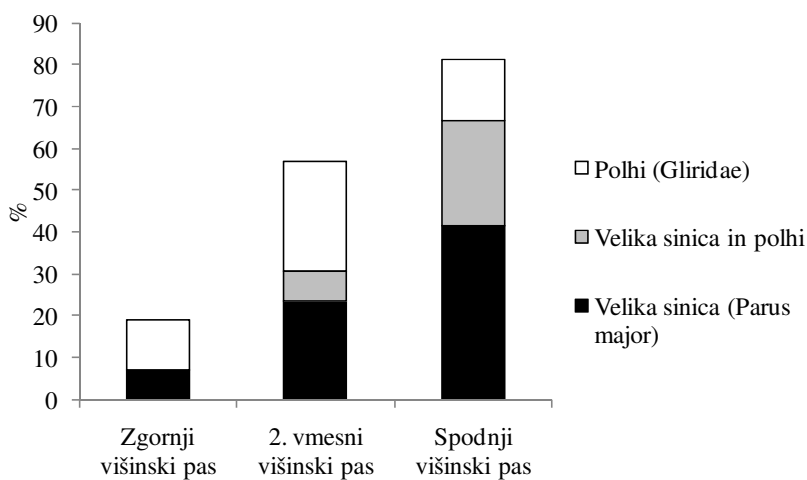
Na obeh obravnavanih območjih, Pohorju in Krimu, smo veliko sinico našli v 28,5 % gnezdilnic v obdobju prvega legla. Polhi so na Pohorju zasedli skupaj 9,0 %, na Krimu pa 32,1 % gnezdilnic (Sl. 24). Podobno velja tudi za obdobje ostalih legel, ko smo veliko sinico našli v 12,5 % oziroma 11,8 % gnezdilnic ter polhov v 9,0 % oziroma 35,2 % gnezdilnic na Pohorju oziroma na Krimu. S podatki pridobljenimi s pomočjo gnezdilnic lahko predvidevamo, da je na Krimu več polhov. Po drugi strani se povprečni abundanci velike sinice pridobljeni na dvokilometrskih transektih na Krimu (3,0 pojoča samca na km) in Pohorju (2,6) med seboj nista razlikovali (Mann-Whitney: $U = 19,5$; $N_{\text{Pohorje}} = 13$, $N_{\text{Krim}} = 6$; $p = 0,092$).

Na Krimu je bil delež gnezdilnic, ki so jih zasedle velike sinice in polhi večji na nižjih višinskih pasovih kot na višjih (Sl. 25). Razmerje med številom velikih sinic in polhov se z nadmorsko višino veča v prid polhom, vendar ne dovolj, da bi bila razlika statistično značilna (Hi kvadrat: $\chi^2 = 3,55$; $df = 2$; $p = 0,169$).



Sl. 24: Odstotek gnezdilnic, ki so jih zasedle tri vrste polhov (Gliridae) in velika sinica (*Parus major*), na dveh obravnavanih območjih (Pohorje in Krim) v obdobju prvih (1=april in maj) in ostalih legel (2=junij in julij) na vseh višinskih pasovih

Fig. 24: Percent of occupied nest-boxes by three species of Dormouse (Gliridae) and Great Tit (*Parus major*) on two study sites (Mt. Pohorje, Mt. Krim) during the first (1=April, May) and other (2=June, July) clutches on all altitudinal belts



Sl. 25: Odstotek zasedenih gnezdilnic s prvimi legli velike sinice (*Parus major*) in s polhi (Gliridae) na treh višinskih pasovih na Krimu

Fig. 25: Percentage of occupied nest-boxes by the first clutches of Great Tits (*Parus major*) and the Dormice (Gliridae) on three altitudinal belts on Mt. Krim

4.2.3 Vpliv kompeticije za dupla na manjše vrste ptic

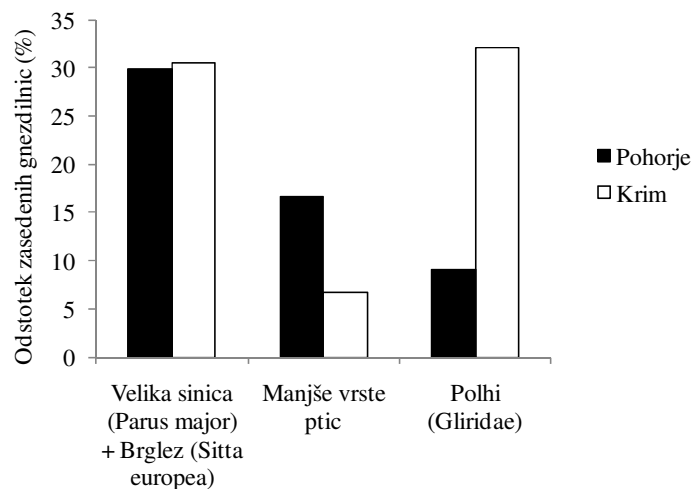
Velika sinica in brglez sta v obdobju prvih legel skupaj zasedla 29,9 % in 30,6 % gnezdilnic na Pohorju oziroma na Krimu (Sl. 26). Razmerje med zasedenimi in vsemi gnezdilnicami je bilo med Pohorjem in Krimom podobno (Hi kvadrat: $\chi^2 < 0,01$; df = 1; p = 0,993). Manjše vrste ptic so na Pohorju (16,7 %) zasedle statistično značilno več gnezdilnic kot na Krimu (6,7 %; Hi kvadrat: $\chi^2 = 15,8$; df = 1; p < 0,001). Obratno velja za polhe, ki so na Pohorju zasedli statistično značilno manj gnezdilnic (9,0 %; Hi kvadrat: $\chi^2 = 6,9$; df = 1; p = 0,008) kot na Krimu (32,1 %). Na Pohorju je manjših vrst ptic več in polhov manj kot na Krimu na vseh višinah (Preg. 9) Izjema so polhi na zgornjem višinskem pasu, katerih odstotek zasedenih gnezdilnic je podoben na obeh območjih. Število polhov na posameznem višinskem pasu na obeh obravnavanih območjih je v obratnem razmerju s številom manjših vrst ptic ($r_{\text{Pearson}} = -0,82$; df = 4; p = 0,047).

Pregl. 9: Primerjava med Krimom in Pohorjem v odstotku gnezdilnic, ki so jih zasedle velike sinice (*Parus major*) in brglezi (*Sitta europea*), manjše vrste ptic; menišček (*Periparus ater*), močvirska sinica (*Poecile palustris*), plavček (*Cyanistes caeruleus*) in belovrati muhar (*Ficedula albicollis*) in polhi; drevesni polh (*Dryomys nitedula*), navadni polh (*Glis glis*), podlesek (*Muscardinus avellanarius*), po različnih višinskih pasovih

Tab. 9: Comparison between Mt. Krim and Mt. Pohorje in percent of nest-boxes occupied by Great Tits (*Parus major*) and Nuthatches (*Sitta europea*), smaller bird species: Coal Tit (*Periparus ater*), Marsh Tit (*Poecile palustris*), Blue Tit (*Cyanistes caeruleus*) and Collared Flycatcher (*Ficedula albicollis*) and Dormice: Forest Dormouse (*Dryomys nitedula*), Edible Dormouse (*Glis glis*), Hazel Dormouse (*Muscardinus avellanarius*) on separate altitudinal belts

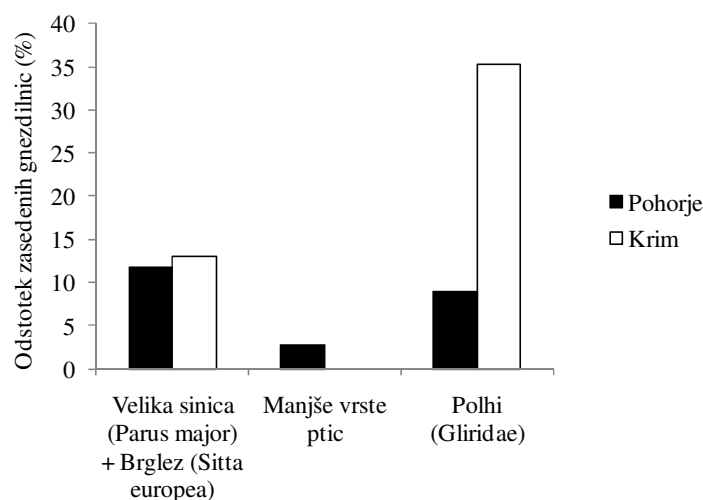
	Zgornji višinski pas		2. vmesni višinski pas		Spodnji višinski pas	
	Pohorje	Krim	Pohorje	Krim	Pohorje	Krim
Velika sinica (<i>Parus major</i>) + Brglez (<i>Sitta europea</i>)	15,0	28,6	50,0	40,4	79,3	52,5
Manjše vrste ptic	30,0	19,0	42,3	7,7	20,7	8,2
Polhi (<i>Gliridae</i>)	55,0	52,4	7,7	51,9	0,0	39,3

Ostala legla smo pri manjših vrstah ptic zabeležili samo na Pohorju (Sl. 27), in sicer, 2,8 % gnezdilnic so zasedli meniščki. Razmerje med zasedenimi in vsemi gnezdilnicami je bilo med območjema podobno za ostala legla velikih sinic in brglezov (Hi kvadrat: $\chi^2 = 0,01$; df = 1; p = 0,938), ne pa tudi za število polhov, ki jih je bilo več na Krimu (Hi kvadrat: $\chi^2 = 18,7$; df = 1; p < 0,001).



Sl. 26: Odstotek gnezdilnic, ki so jih v času prvega legla zasedle velike sinice (*Parus major*) in brglezi (*Sitta europea*), manjše vrste ptic; meniškček (*Periparus ater*), močvirska sinica (*Poecile palustris*), plavček (*Cyanistes caeruleus*) in belovrati muhar (*Ficedula albicollis*) in polhi; drevesni polh (*Dryomys nitedula*), navadni polh (*Glis glis*), podlesek (*Muscardinus avellanarius*), prikazano ločeno za Krim in Pohorje

Fig. 26: Percent of nest-boxes occupied during period of the first clutches by Great Tits (*Parus major*) and Nuthatches (*Sitta europea*), smaller bird species: Coal Tit (*Periparus ater*), Marsh Tit (*Poecile palustris*), Blue Tit (*Cyanistes caeruleus*) and Collared Flycatcher (*Ficedula albicollis*) and Dormice: Forest Dormouse (*Dryomys nitedula*), Edible Dormouse (*Glis glis*), Hazel Dormouse (*Muscardinus avellanarius*) shown separately for Mt. Pohorje and Mt. Krim



Sl. 27: Odstotek gnezdilnic, ki so jih v času ostalih legel zasedle velike sinice (*Parus major*) in brglezi (*Sitta europea*), manjše vrste ptic; meniškček (*Periparus ater*), močvirska sinica (*Poecile palustris*), plavček (*Cyanistes caeruleus*) in belovrati muhar (*Ficedula albicollis*) in polhi; drevesni polh (*Dryomys nitedula*), navadni polh (*Glis glis*), podlesek (*Muscardinus avellanarius*), prikazano ločeno za Krim in Pohorje

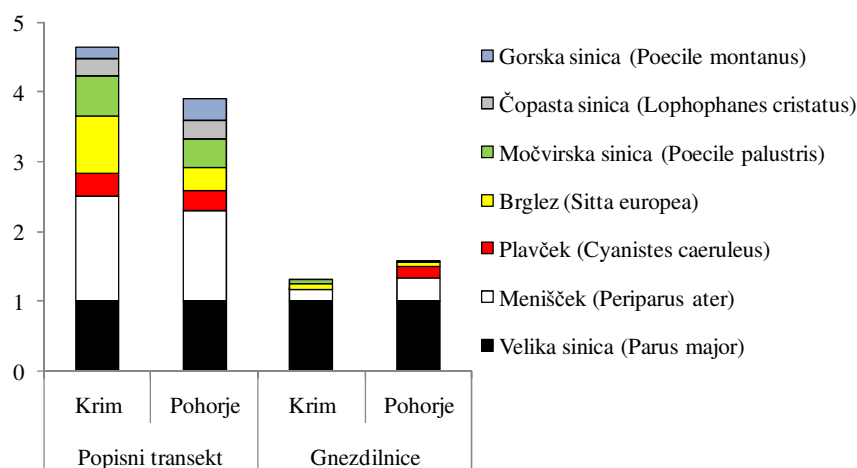
Fig. 27: Percent of nest-boxes occupied during period of the other clutches by Great Tits (*Parus major*) and Nuthatches (*Sitta europea*), smaller bird species: Coal Tit (*Periparus ater*), Marsh Tit (*Poecile palustris*), Blue Tit (*Cyanistes caeruleus*) and Collared Flycatcher (*Ficedula albicollis*) and Dormice: Forest Dormouse (*Dryomys nitedula*), Edible Dormouse (*Glis glis*), Hazel Dormouse (*Muscardinus avellanarius*) shown separately for Mt. Pohorje and Mt. Krim

Pregl. 10: Število zabeleženih pojočih samcev na kilometer popisnega transekt na Krimu in Pohorju

Tab. 10: Number of singing males per kilometre of transect-counts on Mt. Krim and Mt. Pohorje

	Krim	Pohorje
Menišček (<i>Periparus ater</i>)	4,5	3,4
Plavček (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	1,0	0,8
Čopasta sinica (<i>Lophophanes cristatus</i>)	0,8	0,7
Velika sinica (<i>Parus major</i>)	3,0	2,6
Gorska sinica (<i>Poecile montanus</i>)	0,5	0,8
Močvirska sinica (<i>Poecile palustris</i>)	1,7	1,1
Brglez (<i>Sitta europea</i>)	2,5	0,9

Na dvokilometrskih transektih je bilo, z izjemo gorske sinice, pri vseh izbranih vrstah prešteti več osebkov na kilometer transekt na Krimu kot na Pohorju (Pregl. 10), razlike pa, razen pri brglezu, niso bile velike. Za razliko od gnezdilnic je bil menišček na transektih številčnejši kot velika sinica, podobno pa velja tudi za ostale sinice in brgleza. Razmerje med številom velikih sinic in ostalih vrst je bilo v gnezdilnicah v prid velike sinice (Pohorje 1:0,6; Krim 1:0,3), na transektih pa v prid ostalih vrst (Pohorje 1:2,9; Krim 1:3,7). Gorske in čopaste sinice v gnezdilnicah sploh nismo zabeležili (Sl. 28).



Sl. 28: Razmerje posameznih vrst ptic v primerjavi z veliko sinico (*Parus major*) prikazano ločeno za transektni popis in za gnezdilnice na Pohorju in Krimu. Število velikih sinic je v vseh primerih arbitrarno določeno kot 1

Fig. 28: The ratio of individual species of birds compared to Great Tit (*Parus major*) shown separately for transect counts and nest-box survey on Mt. Pohorje and Mt. Krim. The number of Great Tits is in all cases arbitrarily defined as 1

4.3 OBROČKANJE

Med leti 2009 in 2012 smo na območju Krima in Pohorja v gnezdilnicah obročkali 1184 osebkov šestih vrst ptic, od tega 128 odraslih samic (Pregl. 11). Najpogosteje smo obročkali veliko sinico. Zbrali smo 39 najdb, ki so pripadale 30 različnim osebkom (29 velikih sinic in 1 brglez). Sem so všteti tudi osebk, ki so bili ponovno ujeti v isti sezoni na drugem leglu. 21 osebkov smo ponovno ujeli enkrat, sedem dvakrat in enega trikrat. Med 29 najdbami velikih sinic so bile v 26 primerih odrasle samice, kar predstavlja 25,5 % vseh obročkanih samic. Preostale tri najdbe so mladiči obročkani v gnezdu in kasneje najdeni kot odrasle samice na gnezdu, kar predstavlja 0,4 % vseh obročkanih mladičev. Vse ponovne najdbe mladičev smo zabeležili na Krimu. Razporeditev najdb po letih predstavljamo v preglednici 12. V povprečju so se odrasli osebki med dvema najdbama premaknili za 95 m (0-250 m), torej v povprečju za razdaljo med tremi sosednjimi gnezdilnicami. V dvanajstih primerih so bile samice ponovno najdene v isti gnezdilnici. Vse tri kot mladiče obročkane osebk smo zabeležili več kot kilometer (1458 m, 1565 m in 2746 m) od mesta obročkanja. Vse najdbe odraslih osebkov so bile znotraj istega višinskega pasu, med tem ko so mladiči vedno zamenjali višinski pas. V dveh primerih iz spodnjega v drugi vmesni (277 in 312 m razlike v nadmorski višini), v enem pa iz spodnjega v prvi vmesni višinski pas (183 m razlike v nadmorski višini). Za nadaljnjo analizo ter za morebitne zaključke bi bila potrebna dalj časa trajajoča raziskava, zato predstavljamo samo surove podatke in osnovno analizo najdb.

Pregl. 11: Število obročkanih osebkov posameznih vrst ptic na Krimu in Pohorju po letih

Tab. 11: The number of ringed individual bird species on Krim and Pohorje separately for years

	2009		2010		2011		2012		Vsa leta		Najdbe	
	Odr.	ML	Odr.	ML	Odr.	ML	Odr.	ML	Odr.	ML	Od-Od	ML-Od
Velika sinica (<i>Parus major</i>)	0	135	31	141	34	327	37	243	102	846	26	3
Menišček (<i>Periparus ater</i>)	0	18	4	14	2	33	6	47	12	112	/	/
Plavček (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	1	7	1	9	2	29	2	26	6	71	/	/
Brglez (<i>Sitta europaea</i>)	0	0	0	0	2	5	2	22	4	27	1	/
Močvirska sinica (<i>Poecile palustris</i>)	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0	/	/
Belovrati muhar (<i>Ficedula albicollis</i>)	0	0	0	0	0	0	2	0	2	0	/	/
Skupaj	1	160	36	165	40	395	49	338	128	1056	27	3

Odr – odrasli osebki, ML – mladiči v gnezdu, Od-od – najdbe odraslih osebkov, ML-od – najdbe osebkov, ki so bili obročkani kot mladiči.

Odr – Adults, ML – young in nest, Od-od – recoveries of individuals ringed as adults, ML-od – recoveries of individuals ringed as young.

Pregl. 12: Število najdb velikih sinic (*Parus major*) po posameznih letih. Zgornja vrstica predstavlja leto obročkanja, levi stolpec pa leto najdbe

Tab. 12: The number of Great Tit (*Parus major*) recoveries in separate years. Upper line represents year of ringing and left column represents year of recovery

	2009	2010	2011	2012
2010	0	6	/	/
2011	0	8	9	/
2012	1	2	9	3

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 NADMORSKA VIŠINA IN GNEZDITVENI USPEH POPULACIJE

Potrdili smo splošne ugotovitve, da je v gozdu velika sinica najštevilčnejši duplar (Geister, 1995), ki gnezdi v gnezdilnicah, da z nadmorsko višino število velikih sinic upada (Schmid in sod., 1998), da velikost legla pri veliki sinici ni povezana z nadmorsko višino (Krementz in Handford, 1984, Johnson in sod., 2006), in da so ostala legla manj številna kot prva (Perrins, 1965). Potrdili smo tudi hipotezo, da se gnezditveni uspeh populacije niža z nadmorsko višino.

Glede na podatke se gnezditveni uspeh z nadmorsko višino niža predvsem zaradi gnezditvene gostote. Z nadmorsko višino se niža tudi gnezditveni uspeh, vendar je razlika med nadmorskimi višinami manjša kot pri gnezditveni gostoti. Ob tem smo nižanje gnezditvenega uspeha z nadmorsko višino ugotovili samo za prva legla. Pri ostali leglih smo največji uspeh ugotovili celo na najvišjem nadmorskem pasu. Število jajc in število speljanih mladičev na gnezdo se z nadmorsko višino v načeloma ni spreminjalo. Le primerjava med spodnjim in drugim vmesnim višinskim pasom pokaže, da so velike sinice na drugem vmesnem imele več jajc in speljale več mladičev na uspešno leglo tako pri prvih kot pri ostalih leglih. To bi lahko bila posledica nižje gnezditvene gostote (Orell in Ojanen, 1983; Wilkin in sod., 2006). Kljub večji produktivnosti posameznih parov (slaba dva mladiča več pri prvih leglih), sta se, zaradi višje zasedenosti gnezdilnic, celokupno še vedno speljala dva mladiča več na gnezdilnico na spodnjem višinskem pasu. Večanje produktivnosti parov ob nižanju gnezditvene gostote ima omejitve, predvsem na suboptimalnih območjih, kot na primer na severnem robu razširjenosti velike sinice (Veistola in sod., 1994). To je verjetno razlog, da smo na zgornjem višinskem pasu, kljub občutno nižji gnezditveni gostoti, zabeležili manj speljanih mladičev na uspešen par. Torej nižanje gnezditvene gostote v začetku večja, slabšanje razmer pa kasneje niža produktivnost posameznih parov. To bi lahko bil tudi vzrok, da se izsledki raziskav velikosti legel v odvisnosti od nadmorske višine med seboj tako razlikujejo (Krementz in Handford, 1984; Johnson in sod., 2006).

5.2 VPLIV TEMPERATURE NA PRIČETEK GNEZDENJA

Z našo raziskavo smo potrdili zaključke drugih avtorjev, da so zgodnje spomladanske temperature dober pokazatelj pričetka gnezdenja velike sinice (Kluijver, 1951; Slagsvold, 1976; Nager in van Noordwijk, 1995; Dolenc, 2005). To drži vsaj na lokalnem nivoju, saj smo ugotovili povezavo marčevskih temperatur tako s pričetkom gnezdenja v posameznem letu na različnih nadmorskih višinah, kot tudi med različnimi leti na posamezni nadmorski višini. Po drugi strani pa nismo potrdili, da je temperatura ključen prožilec pričetka gnezdenja, saj so se temperature v vseh treh obdobjih pred prvim jajcem v gnezdu razlikovale tako med leti, kot med nadmorskimi višinami. Kljub temu da so ptice na višjih višinskih pasovih ob nižjih marčevskih temperaturah pričele gnezditi kasneje, so še vedno pričele gnezditi pri nižjih temperaturah kot sovrstnice, ki so gnezdile na nižjih višinskih pasovih. Še več, povprečne temperature zraka pred pričetkom gnezdenja so se na isti nadmorski višini značilno razlikovale tudi med leti. Ti rezultati jasno nasprotujejo hipotezi, da velike sinice pričnejo z gnezdenjem ob podobnih temperaturah ne glede na nadmorsko višino, ampak nakazujejo, da je posredi nek drug ali kombinacija več drugih dejavnikov. Čeprav nismo zbirali podatkov o količini in dostopnosti hrane za velike sinice ocenjujemo, da bi lahko bila ključni dejavnik prav hrana.

Predlagamo dve, ne nujno izključujoči, razlagi zakaj, kljub temu da sinice pričnejo z gnezdenjem kasneje na višjih nadmorskih višinah, še vedno pričnejo z gnezdenjem pri nižjih temperaturah. Obe slonita na predvidevanju, da je količina dostopnega žuželčjega plena ključnega pomena za gnezdenje (Kluijver, 1952; Perrins, 1965; Jones, 1972; Jones in Ward, 1976). Žuželke, poglavitni plen velikih sinic med gnezdenjem (Eeva in sod., 2000), se s spremenjenimi okoljskimi dejavniki in krajšo rastno sezono, ki je posledica nadmorske višine, spoprijemajo na različne načine, med drugim z znižanim temperaturnim pragom za razvoj in pospešenim razvojem ob nižjih temperaturah (Hodkinson, 2005). Žuželke so tako na višjih nadmorskih višinah dostopne sinicam prej kot bi pričakovali na podlagi povprečnih temperatur. Naša prva razlaga je torej, da velike sinice pričnejo z gnezdenjem na višjih nadmorskih višinah ob nižjih temperaturah zaradi hitrejšega razvoja nevretenčarjev, njihove glavne hrane. Ker imajo rastline, poglavitna hrana žuželk, prav tako hitrejši fenološki razvoj na višjih nadmorskih višinah (Ziello in sod., 2009), se lahko

ta fenomen prične na osnovnem trofičnem nivoju in zlagoma potuje po prehranjevalnem spletu navzgor.

Gnezditvena gostota sama po sebi naj ne bi vplivala na pričetek gnezdenja (Wilkin in sod., 2006). Po drugi strani pa bi lahko nižja gostota sinic na višjih nadmorskih višinah povzročila višjo relativno dostopnost plena. Zasedenost gnezdilnic na Krimu in Pohorju močno upada z nadmorsko višino (62 % na spodnji in 9,8 % na zgornji višini). Kljub temu da se v splošnem gostota žuželk prav tako z nadmorsko višino manjša, tega trenda ne kažejo vse skupine žuželk (Hodkinson, 2005; Kocsis in Hufnagel, 2011). Število osebkov nekaterih skupin se z nadmorsko višino veča, drugih manjša, tretjih pa ostaja nespremenjeno. Tako je možno, da gostota plenilcev (sinic), upada hitreje kot gostota plena, in tako omogoča večjo relativno dostopnost plena na višjih nadmorskih višinah. Del tega viška energije lahko sinice porabijo za obvladovanje ostrejših življenjskih pogojev, del pa bi lahko dovoljeval relativno zgodnejše gnezdenje. Samice bi lahko tako pridobile energijo za produkcijo jajc relativno hitreje kot samice na nižjih nadmorskih višinah ob višji gostoti kompetitorjev za hrano. Tako je naša druga razlaga ta, da velike sinice pričnejo z gnezdenjem na višjih nadmorskih višinah ob nižjih temperaturah zaradi relativno večje dostopnosti plena, ki je vsaj delno posledica nižje kompeticije za hrano.

Temperatura je najpogosteje uporabljen dejavnik za napovedovanje sprememb v gnezdenju ptic ob podnebnih spremembah (Visser in sod., 1998; 2003; 2006; Crick, 2004; Pendlebury in Bryant, 2005; Torti in Dunn, 2005; Visser in Both, 2005; Devictor in sod., 2008). Naša raziskava je potrdila, da kadar vzamemo temperature širše (npr.: povprečna temperatura zraka v marcu), z njimi lahko dokaj zanesljivo sklepamo na gnezditveno fenologijo. A naši rezultati so pokazali tudi, da temperatura vpliva na gnezdenje posredno, verjetno preko hrane, tako da so fenološke napovedi o gnezdenju s temperaturo manj zanesljive. Ob toplejšem podnebjju bo gnezdenje ptic zgodnejše, ni pa mogoče samo na podlagi temperatur napovedovati koliko zgodnejše bo. Na primer, če generaliziramo naše podatke o vplivu temperature na različnih nadmorskih višinah na gnezdenje in jih apliciramo na pričakovane spremembe temperature zaradi podnebnih sprememb v prihodnosti (v smislu zamenjave "prostora za čas" Pickett, 1989), bi lahko rekli, da bodo višje spomladanske

temperature za vsako stopinjo Celzija pospešile gnezdenje pri velikih sinicah za dva do sedem dni. Stopnja natančnosti ocene je dokaj nizka in izhaja iz neupoštevanja drugih relevantnih dejavnikov, kot je na primer dostopnost nevretenčarskega plena. Z nižjo stopnjo natančnosti pa lahko morda razložimo velika odstopanja v odzivih različnih populacij ptic na spreminjanje podnebja, ki ga navajajo nekateri avtorji (Sanz, 2002; Visser in sod., 2003). Smatramo, da je treba v raziskave vpliva podnebnih sprememb na gnezdenje pri pticah zmernega pasu vključevati tudi vpliv hrane odraslih ptic pred gnezdenjem. Predvsem je treba vključiti vpliv količine in dostopnosti nevretenčarske hrane, ki je ključen vir beljakovin za izgradnjo jajc (Jones, 1972).

5.3 PREŽIVETJE GNEZD IN VREME

Temperatura je dejavnik, ki vsaj posredno vpliva na začetek gnezdenja pri velikih sinicah (Visser in sod., 1998; 2006; 2009a; 2009b), kot kaže pa ima manjši vpliv na gnezditveni uspeh. Naša raziskava je prva, ki je pokazala, da ima lahko na ta gnezditveni parameter dež večji vpliv kot temperatura. To je bilo že ugotovljeno pri nekaterih vrstah odprtih gnezd (Rodríguez in Bustamante, 2003; Fairhurst in Bechard, 2005; Bionda in Brambilla, 2012) in bilo predlagano tudi za duplarje (Kluijver, 1951; Nilsson, 1994; Wesolowski in sod., 2002; Radford in du Plessis, 2003), vendar ni bilo podrobneje raziskano in potrjeno. S tem smo zavrnili hipotezo, da so obdobja nizkih temperatur močnejši dejavnik pri propadu gnezd velike sinice kot obdobja padavin.

Eden izmed možnih razlogov za večji vpliv padavin na propad gnezd je zamakanje gnezd. Zamakanje gnezd, dogodek, ko se ob dežju zmoči gnezditveni material in mladiči v gnezdilnici, lahko povzroči občutne izgube gnezd (Wesolowski in sod., 2002). Ker smo se problema zavedali že pred začetkom raziskave, smo gnezdilnice na terenu postavljali tako, da smo z namestitvijo zmanjšali zamakanje na minimum. Zamakanje smo sicer zabeležili v nekaterih gnezdilnicah, vendar so se iz vseh speljali mladiči, čeprav včasih z zmanjšanim uspehom. Zato ocenjujemo, da zamakanje ni imelo bistvenega vpliva na propad gnezd. Ocenjujemo, da so padavine vplivale na preživetje gnezd posredno preko kompromisa pri odraslih osebkih med potrebo po inkubaciji in potrebo po prehranjevanju (glej razlago v naslednjem poglavju).

Naši rezultati ne izključujejo pomena temperature za propad gnezd, še posebej v ekstremnih razmerah. V našem primeru, na primer, so tri od sedmih legel v letu 2012 propadla med občutnim znižanjem temperature, ki je na zgornjih višinskih pasovih padla pod 2 °C, sicer ob močnem dežju (>40 mm), ki pa je trajal samo en dan, med tem ko je temperatura ostajala pod 8 °C šest dni. Na določen pomen temperature kaže tudi rezultat modela, ki je največjo podporo podatkom izračunal kombinaciji obeh vremenskih dejavnikov, dežju in temperaturi. Rezultati torej kažejo, da je bil v naših razmerah med obema dejavnikoma, večja količina dežja samo bolj pogost pojav, ki je povzročil propad gnezd.

Modeli lokacija, nadmorska višina in leto v primerjavi z modelom padavine, niso zadovoljivo opisali propada gnezd (višji AICc). To je verjetno zaradi tega, ker se količina padavin in temperatura razlikujeta ne samo med lokacijami in z nadmorsko višino, pač pa tudi med leti in med gnezditveno sezono. Tako količina padavin uporabljena v modelu padavine vsebuje več kot samo razliko v lokacijah. Po drugi strani pa je model z lokacijo, kjer je največja razlika prav v padavinah, dobil več podpore v podatkih kot modela leto in nadmorska višina, kar prav tako kaže na to, da je bil v naši raziskavi dež pomembnejši dejavnik za propad gnezd kakor temperatura.

V obdobju 51-ih let se je povprečna količina padavin med 20. aprilom in 15. majem na vseh treh preučevanih območjih zmanjšala približno za polovico. Trend sovпада s podnebnimi napovedmi za južno Evropo in se bo še nadaljeval (IPCC, 2007). To nakazuje, da bo obdobje, ko so gnezda najbolj občutljiva na vreme, zlagoma postajalo bolj sušno. Če se sprememba ne bo izravnala z večjim številom ekstremnih pojavov, kot so npr. kratki in siloviti nalivi v času gnezdenja, bo, glede na naše rezultate, v prihodnosti zaradi vremena propadlo manj gnezd, kar lahko vodi do več speljanih mladičev. Kaj bo to pomenilo na nivoju populacije je težko napovedati, saj je le malo znanega o odzivu ostalih delov ekosistema na spremembe. Višji gnezditveni uspeh je lahko namreč izravnán z večjo pognezditveno smrtnostjo (Perrins, 1965; Naef-Daenzer in sod., 2001). Zmanjša se lahko preživetje ptic med zimo (Kluijver, 1951; Perrins, 1965), ki bi lahko postala bolj ekstremna (IPCC, 2007), ali pa se zmanjša preživetje zaradi prihoda novih vrst in posledičnih sprememb kompeticijskih ali plenilskih razmerij (Crick, 2004).

5.4 OBDOBJE NAJVEČJE OBCUTLJIVOSTI NA VREMENSKE RAZMERE

Z izmerjenimi vremenski podatki smo potrdili domnevo (in s tem tudi upravičili primernost izbora lokacij za to nalogo), da se na raziskovanih območjih temperatura bolj spreminja z nadmorsko višino in padavine bolj med lokacijami (Pregl. 4). Med leti sta se na Pohorju in Krimu spreminjali temperatura in padavine. Propadlo je okoli 20 % prvih legel velike sinice v štirih letih. Večina gnezd je propadla med inkubacijo ter v obdobju malih mladičev. Kot je zabeležil že Kluijver (1951), smo tudi mi ugotovili, da je zaradi slabega vremena propadlo več gnezd z malimi mladiči kot gnezd z velikimi mladiči. Naša bolj podrobna študija pa je potrdila, da več gnezd propade v času inkubacije kot v obdobju mladičev. Od gnezd z znanim obdobjem propada v času inkubacije so vsa propadla v njeni drugi polovici. Zato ocenjujemo, da je prav obdobje druge polovice inkubacije najbolj občutljivo za propad gnezd velike sinice.

Ob odsotnosti plenjenja je vreme najpogostejši vzrok propada gnezd (Kluijver, 1951; Wesolowski in sod., 2002). Razlog za propad zaradi vremena je verjetno v kompromisu, med inkubacijo oz. gretjem mladičev in prehranjevanjem, ki ga mora pri razporejanju energije sprejemati samica. Med leženjem jajc in v prvih dneh inkubacije lahko samice dilemo med skrbjo za leglo (inkubacije) in skrbjo za lastno preživetje (hranjenje) razrešujejo z daljšanjem intervala med leženjem posameznih jajc (Naef-Daenzer in sod., 2004), z zamikom pričetka inkubacije (Nilsson, 1994) ali z daljšanjem le te (Wesolowski in sod., 2002). Ker lahko na ta način sinice premostijo določeno neugodno obdobje, jim to sicer zmanjša verjetnost propada gnezd, vendar mehanizem ni brez cene. T.i. »zamaknjena« legla so, čeprav ne vedno (Monros in sod., 1998), manjša, iz njih se spelje manj mladičev, ki so lahko tudi podpovprečno težki (Barba in sod., 1995). Od takrat, ko embrii v jajcih postanejo občutljivi na temperaturne spremembe, pa dokler niso mladiči sposobni sami vsaj deloma uravnati telesne temperature (Choi in sod., 1993; Ostens in sod., 2001), mora samica v obdobju slabega vremena (zelo nizke temperature in / ali daljše obdobje padavin), podaljšati čas inkubacije oz. gretja mladičev, da ohrani jajca oz. mladiče tople (Keller in van Noordwijk, 1994; Radford in sod., 2001). Obenem se ji v obdobju slabega vremena zaradi večjih toplotnih izgub poveča potreba po hrani (Haftorn in Reinertsen, 1985; Mertens, 1987; Bryan in Bryant, 1999), ki je v tem obdobju za nameček

še manj dostopna. Zaradi tega morajo samice več časa posvetiti iskanju hrane (Keller in van Noordwijk, 1994; Pasinelli, 2001; Avery in Krebs, 2008), med katerim so jajca brez gretja. Inkubacija je energetska zelo zahtevna (Yom Tov in Hilborn, 1981) in, če samice ne dobijo dovolj hrane, da izgube nadomestijo, razmnoževanje zaradi lastnega preživetja opustijo (Charnov in Krebs, 1974) – gnezdo propade. Ocenjujemo, da ima zapustitev gnezda, zaradi povečane količine dežja ali zaradi nizkih temperatur, ko se lahko potreba po energiji pri samicah tudi podvoji (Haftorn in Reinertsen, 1985), podoben vzročno – posledičen potek.

5.5 KOMPETICIJA ZA GNEZDA

Gnezda ptic lahko propadejo zaradi kompeticije in plenjenja polhov (Juškaitis, 2006; Adamík in Král, 2008), in vsaj drevesni polh ima na našem območju veliko časovno prekrivanje aktivnosti z gnezditvenim obdobjem sinic (Pregl. 8). Med tem ko smo na Krimu zabeležili občutno več polhov v gnezdilnicah kot na Pohorju, je bil delež zasedenih gnezdilnic z velikimi sinicami med Krimom in Pohorjem podoben. Ker med obema območjema ni bilo bistvene razlike v gnezditveni gostoti prešteti sinic na transektu, rezultati niso pokazali, da bi polhi nižali gnezditveno gostoto velike sinice. S tem smo zavrnili hipotezo, da se z večanjem gostote polhov manjša gostota velikih sinic v gnezdilnicah. Na posameznih višinskih pasovih je bila zasedenost gnezdilnic med območjema podobna, na podlagi česar lahko predvidevamo, da so bile gostote na vseh višinskih pasovih optimalne glede na dostopno količino hrane. Pomanjkanje zabeležene povezave med številom gnezdilnic, ki jih zasede velika sinica in gostoto polhov, bi morda lahko razložili tudi s tem, da imata velika sinica in drevesni polh, ki je najpogostejša vrsta polha v obdobju prvega legla, podobno telesno maso (velika sinica 14-22 g; Cramp, 1998; drevesni polh samica: 21,3 g (17,5-25 g); samec: 24,7 g (17,2-32,5 g); *lastni podatki*).

Izmed treh vrst polhov, ki so razširjeni v Sloveniji, ima na večje vrste ptic največji vpliv navadni polh (Juškaitis, 2006; Adamík in Král, 2008), ki se v gnezdilnicah pojavi najkasneje (navadno v drugi polovici maja). Za razliko od velike sinice smo manjše vrste (plavček, močvirska sinica, menišček in belovrati muhar) na Krimu zabeležili v manj gnezdilnicah kot na Pohorju, ob hkrati več polhiv. Rezultati podpirajo hipotezo, da imajo polhi večji vpliv na manjše vrste ptic kot na večje. Ob polhiv na zasedenost gnezdilnic z manjšimi vrstami verjetno vpliva tudi velika sinica, ki je močnejši kompetitor za gnezdilnice (Dhondt in Eyckerman, 1980). Da je tako, nakazujejo tudi rezultati o zasedenosti gnezdilnic po višinskih pasovih (Pregl. 9). Na Krimu smo namreč na zgornjem višinskem pasu ob podobni zasedenosti polhov zabeležili več manjših vrst ptic in manj velikih sinic v primerjavi z drugim vmesnim višinskim pasom. Na spodnjem višinskem pasu pa ob manj polhiv nismo zabeležili več manjših vrst. Smo pa zabeležili več velikih sinic. Tudi na Pohorju, kjer se zasedenost gnezdilnic s polhi niža z nižanjem nadmorske

višine, smo na spodnjem višinskem pasu zabeležili nižjo zasedenost manjših vrst kot na drugem vmesnem višinskem pasu, smo pa zabeležili več velikih sinic.

Zasedenost gnezdilnic ne kaže dejanskega stanja v okolju, saj smo vrste, ki so šibkejši kompetitorji za gnezdilnice, v gnezdilnicah zabeležili v bistveno manjšem številu, kot bi to pričakovali na podlagi rezultatov pridobljenih s popisi na transektih. Razlog bi lahko bil v tem, da manjše vrste iščejo manjša dupla (Nilsson, 1984), in se tako že v naprej izognejo kompeticiji z močnejšo veliko sinico.

Sicer belovrati muhar ni bil del ciljev naše naloge, vendar predvidevamo, da bi lahko bil drevesni polh eden izmed vzrokov, da je belovrati muhar odsoten na Krimu. Belovrati muhar je odsoten iz Z in večjega dela J Slovenije (Geister, 1995). Njegov areal se v Sloveniji le minimalno prekriva z arealom drevesnega polha na Kočevskem (Kryštufek, 1991; Geister, 1995). Izmed vseh duplarjev te velikosti v Sloveniji belovrati muhar prične gnezdit najkasneje, med sredino aprila in začetkom maja (Cramp, 1998), ko je večina primernih dupel že zasedena z drugimi vrstami. V tem obdobju smo hkrati zabeležili tudi največja števila drevesnih polhov v gnezdilnicah.

5.6 SKLEPI

Z nadmorsko višino se niža število gnezdečih parov, število ostalih legel in gnezditveni uspeh celotne populacije velike sinice, ne pa tudi število jajc in speljanih mladičev na gnezdeči par.

Gnezditveni uspeh populacije upada z nadmorsko višino predvsem zaradi nižje gnezditvene gostote, vendar tudi zaradi višjega števila propadlih gnezd.

Povprečne marčevske temperature so bile nižje za približno 0,5 °C za vsakih 100 m nadmorske višine. Razlikovale so se tudi med leti ter so v korelaciji z datumom prvega jajca. Povprečne temperature v predgnezditvenih obdobjih se občutno razlikujejo med posameznimi gnezdi.

Velike sinice z višanjem nadmorske višine pričnejo z gnezdenjem kasneje in ob nižjih povprečnih predgnezditvenih temperaturah. Predlagani sta dve razlagi za ta pojav: Prva razlaga je, da velike sinice pričnejo z gnezdenjem na višjih nadmorskih višinah ob nižjih temperaturah zaradi hitrejšega razvoja nevretenčarjev, njihove glavne hrane. Druga razlaga je, da velike sinice pričnejo z gnezdenjem na višjih nadmorskih višinah ob nižjih temperaturah zaradi relativno večje dostopnosti plena, ki je vsaj deloma posledica nižje znotrajvrstne kompeticije za hrano, ki pa je posledica nižjih gnezditvenih gostot.

V raziskave vpliva podnebnih sprememb na gnezdenje pri pticah zmernega pasu je treba poleg temperatur vključevati tudi prehrano odraslih ptic pred gnezdenjem. Predvsem je treba vključiti vpliv količine in dostopnosti nevretenčarske hrane, ki je ključen vir beljakovin za izgradnjo jajc.

Gnezda velikih sinic so na padavine in nižje temperature najbolj občutljiva v obdobju inkubacije in v obdobju majhnih mladičev.

V daljših obdobjih močnejših padavin propade več gnezd velike sinice kot v obdobjih nižjih povprečnih temperatur.

Količina padavin v aprilu in maju se je v zadnjih petdesetih letih zmanjšala na vseh treh območjih. Če se sprememba ne bo izravnala z na primer večjim številom ekstremnih vremenskih pojavov, bo verjetno v prihodnosti zaradi vremena propadlo manj gnezd.

Z večanjem števila polhov se niža število manjših vrst duplarjev (menišček, plavček, močvirska sinica, belovrati muhar), med tem ko se število velikih sinic in brglezov ne spreminja.

Časovno se z obdobjem gnezdenja velike sinice najbolj prekriva aktivnost drevesnega polha, ki pa je po velikosti le malenkost večji od velike sinice, kar bi lahko bil razlog, da število gnezdilnic, ki jih zasede velika sinica, ni odvisno od gostote polhov.

Zasedenost gnezdilnic z vhodno luknjo 32 mm ne odraža dejanskega razmerja med različnimi vrstami duplarjev v okolju. To je verjetno posledica tega, da manjše vrste zaradi kompeticijskega pritiska z večjimi, pogosteje izbirajo manjša dupla.

6 POVZETEK

Velika sinica (*Parus major*) je ena najbolj pogostih in številčnih vrst ptic v Evropi. Kljub temu, da je ena najbolj raziskanih vrst ptic, je raziskav o povezavi med gnezditveno biologijo in nadmorsko višino malo. Spreminjanje gnezditvenega uspeha z nadmorsko višino je praktično neraziskano. Temperatura, ki se spreminja tudi z nadmorsko višino, je pomemben dejavnik gnezdenja velike sinice, ki vpliva na začetek gnezdenja. Vpliv dežja na gnezdenje je bistveno slabše raziskano. S slabšanjem vremenskih razmer (nizke temperature in daljše obdobje dežja) ptice pričnejo z gnezdenjem kasneje, v manjšem številu, ležejo manjša legla, imajo nižji gnezditveni uspeh in povečajo čas, ki ga samica preživi na gnezdu med valjenjem. Za gnezdenje v optimalnem času, ki omogoča maksimalno preživetje mladičev, ptice uporabljajo okoljske dejavnike. Največkrat omenjeni so temperatura, dolžina dneva in hrana. Ob tem se zaradi razlik v starosti, habitatu, gnezditveni gostoti, ... posamezni osebki različno odzivajo na te okoljske dejavnike. Namen naše raziskave je bil (1) proučiti povezavo med nadmorsko višino in gnezditveno biologijo velike sinice. (2) primerjati vpliva temperature in padavin na preživetje gnezd velike sinice in (3) proučiti medvrstno kompeticijo za gnezdilna dupla majhnih duplarjev.

Raziskavo smo med leti 2009 in 2011 opravili na treh območjih v osrednji (Krim, Ljubljana) in SV Sloveniji (Pohorje). Največ padavin pade na Krimu, najmanj pa na Pohorju, med tem ko je na vseh treh območjih na spodnjih višinskih pasovih podobna povprečna letna temperatura, ki se na Pohorju in Krimu niža z višino. Skupaj smo na več lokacijah na posameznih območjih postavili 159 gnezdilnic. Spodnji višinski pas je na okoli 300, prvi vmesni je na okoli 500, drugi na okoli 600 in zgornji na več kot 900 m n.m. Gnezdilnice smo pregledali vsaj enkrat krat na 14 dni v gnezdilni sezoni in beležili zasedenost in število jajc / mladičev. Temperaturo smo merili na samih lokacijah, padavine pa so iz meteoroloških postaj najbližjih lokacijam gnezdilnic. Modelirali smo vpliv temperature in padavin ter lokacije, nadmorskih višin in leta na preživetje gnezd velike sinice.

Skupaj smo zabeležili 233 gnezd velike sinice. Prva legla smo zabeležili v 33,3 %, ostala pa v 13,1 % vseh gnezdilnic. Zasedenost gnezdilnic je bila podobna med leti in območji ne pa med višinskimi pasovi. Velikost legla velike sinice je bila v povprečju 8,8 jajc na gnezdo za prva legla in 7,0 za ostala legla. Iz uspešnih prvih legel se je v povprečju speljalo 7,7 mladičev velike sinice, iz ostalih pa 5,2. Število jajc in speljanih mladičev na uspešen par prvih legel se je razlikovalo samo med leti. V povprečju se je največ mladičev populacije na postavljeno gnezdilnico speljalo na spodnjih višinskih pasovih (3,9), v letu 2011 (2,5) in, izmed spodnjih višinskih pasov, na Pohorju (4,3). Število speljanih mladičev populacije se razlikuje med višinskimi pasovi, med leti, ne pa tudi med območji. V obdobju prvih legel se je med višinskimi pasovi najbolj razlikoval odstotek zasedenih gnezdilnic, pri ostalih leglih pa odstotek uspešnih legel. Večja produktivnost posameznih parov na drugem vmesnem pasu ni odtehtala nižje gnezditvene gostote v primerjavi s spodnjim višinskim pasom. Velike sinice so pričele z gnezdenjem med 29. marcem in 10. aprilom. Povprečni datum prvega jajca v gnezdu se je razlikoval med leti. Temperatura v posameznih predgnezditvenih obdobjih se je razlikovala med nadmorskimi višinami in med leti. Velike sinice so pričele z gnezdenjem kasneje ob nižjih temperaturah, ob višjih pa prej. Kljub kasnejšemu pričetku gnezdenja na višjih nadmorskih višinah, so pričele z gnezdenjem ob nižjih temperaturah kot na nižjih nadmorskih višinah. Ti rezultati nasprotujejo hipotezi, da velike sinice pričnejo z gnezdenjem ob podobnih temperaturah ne glede na nadmorsko višino. Predlagamo dve razlagi, ki slonita na predvidevanju, da je količina dostopnega žuželčjega plena pred gnezdenjem ključnega pomena za pričetek gnezdenja. Velike sinice pričnejo z gnezdenjem na višjih nadmorskih višinah ob nižjih temperaturah (1) zaradi hitrejšega razvoja nevretenčarjev na višjih nadmorskih višinah ter (2) zaradi relativno večje dostopnosti plena, zaradi nižje kompeticije za hrano. Od 188 obravnavanih prvih legel je skupaj propadlo 52 gnezd. Število propadlih gnezd se je značilno razlikovalo med gnezdilnimi obdobji, med posameznimi leti, obravnavanimi območji in višinskimi pasovi. Temperatura se je razlikovala bolj med višinskimi pasovi, padavine pa bolj med območji. Padavine so se izkazale za pomembnejši dejavnik propada gnezd kot temperatura. S tem smo zavrnilo hipotezo, da so obdobja nizkih temperatur močnejši dejavnik pri propadu gnezd velike sinice kot obdobja padavin. Naši rezultati ne izključujejo vpliva temperature, pač pa kažejo, da je v naših razmerah večja količina dežja

samo bolj pogost pojav, ki povzroči propad gnezd. Razlog za propad gnezd zaradi vremena, je verjetno v kompromisu med potrebo samice po skrbi za zarod in med potrebo po prehranjevanju. V preteklih 50 letih se je količina padavin v gnezdilnem obdobju velike sinice skoraj razpolovila. Če se sprememba ne bo izravnala z na primer večjim številom ekstremnih pojavov, bo v prihodnosti zaradi vremena verjetno propadlo manj gnezd. Velike sinice so na Krimu in Pohorju zasedle enak delež gnezdilnic, polhi pa značilno večjega na Krimu. Manjše vrste ptic so na Pohorju zasedle več gnezdilnic kot na Krimu. Rezultati niso potrdili hipoteze, da se z večanjem gostote polhov manjša odstotek gnezdilnic, ki jih zasedejo velike sinice, podpirajo pa hipotezo, da imajo polhi večji vpliv na manjše kot na večje vrste ptic. Pomanjkanje zabeleženega vpliva drevesnega polha, najštevilčnejše vrste v času prvega legla, na veliko sinico bi lahko razložili s podobno telesno maso obeh vrst.

SUMMARY

Great Tit (*Parus major*) is one of the most numerous and most widely distributed species of birds in Europe. Despite the fact it is also one of the most studied the studies about influence of altitude on its breeding are limited. Effect of altitude on breeding success has not yet been studied. Temperature that changes also with altitude is a key factor for breeding of Great Tits that influences the start of breeding. Effect of precipitation on breeding is not studied in detail. Due to bad weather (low temperatures, long period of rain) birds start to nest later, in lower numbers, lay smaller clutches, have lower breeding success and longer on-bout time. In order to breed at the most optimal time for maximum availability of prey for young birds use environmental factors. Most often used factors are temperature, photoperiod and food. Due to differences in age, habitat, breeding density ... individual birds show different responses to same environmental factors. The aim of our research was to (1) study the effect of altitude on breeding biology of Great Tit, (2) to study the effect of temperature and precipitation on nest survival of Great Tit and (3) to study interspecies competition for nest-sites.

Study was conducted between 2009 and 2012 on three separate localities in central (Mt. Krim, Ljubljana) and NE Slovenia (Mt. Pohorje). The highest yearly amount of precipitation falls on Mt. Krim and least Mt. Pohorje while average temperatures on lower altitudes on all sites are similar. Temperatures are dropping with altitudes on Mt. Krim and Mt. Pohorje. We placed 159 nest-boxes on several locations. Lower altitudinal belts lie at 300, the first middle on 500 m, the second on 600 m and upper above 900 m asl. Nest-boxes were checked at least once a fortnight during breeding period and occupancy, number of eggs / nestlings was noted. Temperature was measured on-site. Nest survival of Great Tits in relation to average temperature, amount of rain, location, year and altitude was modelled.

Altogether we detected 233 Great Tit nests. The first clutches were found in 33,3% and other clutches in 13,1% of nest boxes. Nest-box occupancy was similar between years and sites but not between altitudinal belts. Great Tit clutch size was on average 8,8 eggs per clutch for the first and 7,0 for the other clutches. 7,7 young fledged on average from

successful first and 5,2 from other clutches. Number of eggs and fledged young from the first clutches differed only between years. On average the highest number of young per placed nest-boxes from certain population fledged from lower altitudinal belts (3,9), in the year 2011 (2,5) and between lower altitudinal belts from Mt. Pohorje (4,3). Average number of fledged young from population differed between altitudinal belts and years but not between sites. For the first clutches the difference was highest in nest-box occupancy and for the other clutches in percent of successful nests. Higher productivity of pairs on the second middle altitudinal belt did not offset the lower nest-box occupancy compared to the lower altitudinal belt. Great Tits laid their first between 29th March and 10th April. Average date of the first laid egg differed between years. Temperature in different pre-breeding periods differed among altitudinal belts and between years. Great Tits started to nest earlier with higher and later with lower temperatures. Despite later start of breeding on higher altitudinal belts, birds started to nest at lower temperatures than at lower altitudinal belts. These results reject hypothesis that Great Tits start to nest at similar temperatures regardless of the altitude. We propose two possible explanations, both of which are based on assumption that amount of invertebrate prey is of key importance for onset of nesting. Great Tits start to nest at lower temperatures at higher altitudes due to (1) faster development of invertebrates on higher altitudes and due to (2) relatively higher prey availability, due to lower intra species competition. Out of 188 studied nests 52 failed. Number of failed nests differed between separate breeding periods, years, study sites and altitudinal belts. Temperature differed more between altitudinal belts and precipitation more between locations. Amount of rain was found to more important factor influencing nest survival than temperature. This rejected hypothesis that low temperatures are stronger factor influencing nest survival than long periods of rain. Our results do not exclude the influence of temperature; rather they show that between the two factors long period of rain is just more common factor that causes nest failure. Reason behind nest failure due to weather is most likely in compromise between the need of female to care for its clutch and the need to feed itself. In the past 50 years the average amount of rain during breeding period almost halved. If this trend is not offset by for example higher number of extreme events in the future, we can expect lower number of weather induced nest failures. Great Tits occupied similar percent of nest-boxes on both Mt. Krim and Mt. Pohorje, while

Dormice occupied significantly more nest-boxes on Mt. Krim. Smaller bird species occupied more nest-boxes on Mt. Pohorje. Results did not support our hypothesis, that higher density of Dormice reduces percentage of nest-boxes occupied by Great Tits, but it supports our hypothesis that higher density of Dormice has higher effect on smaller than on larger bird species. Lack of influence of Dormice on Great Tit could be explained by the similar size of Forest Dormouse and Great Tit.

7 VIRI

- Adamík P., Král M. 2008. Nest losses of cavity nesting birds caused by dormice (Gliridae, Rodentia). *Acta Theriologica*, 53: 185-192
- Ahola M. 2008. Variable effects of changing climate on life-history traits of two passerine birds: doctoral thesis. Turku, Department of Biology, Universitatis Turkuensis: 30 str.
- Ahola M.P., Laaksonen T., Eeva T., Lehikoinen E. 2009. Great tits lay increasingly smaller clutches than selected for: a study of climate- and density-related changes in reproductive traits. *Journal of Animal Ecology*, 78, 6: 1298-1306
- Andreu J., Barba E. 2006. Breeding dispersal of great tits *Parus major* in a homogeneous habitat: effects of sex, age, and mating status. *Ardea*, 94, 1: 45-58
- Alatalo R.V., Gustafsson L., Linden M., Lundberg A. 1985. Interspecific competition and niche shifts in tits and goldcrests: an experiment. *Journal of animal ecology*, 54, 3: 977-984
- Alatalo R.V. 1982. Evidence for interspecific competition among European tits *Parus* spp.: a review. *Annales zoologici Fennici*, 19: 309-317
- Avery M.I., Krebs J.R. 2008. Temperature and foraging success of great tits *Parus major* hunting for spiders. *Ibis*, 126, 1: 33-38
- Bañbura J., Blondel J., de Wilde-Lambrechts H., Galan M.-J., Maistre M., 1994. Nestling Diet Variation in an Insular Mediterranean Population of Blue Tits *Parus caeruleus*: Effects of Years, Territories and Individuals. *Oecologia*, 100, 4: 413-420
- Barba E., Gil-Delgado J.A. 1990. Seasonal variation in nestling diet of the great tit *Parus major* in orange groves in eastern Spain. *Ornis Scandinavica*, 21, 4: 296-298
- Barba E., Gil-Delgado J.A., Monrós J.S. 1995. The costs of being late: consequences of delaying great tit *Parus major* first clutches. *Journal of Animal Ecology*, 64: 642-651
- Bednekoff P.A., Biebach H., Krebs J., 1994. Great Tit Fat Reserves under Unpredictable Temperatures. *Journal of Avian Biology*, 25, 2: 156-160
- Begon M., Harper J.L., Townsend C.R. 1996. *Ecology. Individuals, population and communities*. 3rd edition. Oxford, Blackwell Science: 1068 str.
- Belda E.J., Barba E., Gil-Delgado J.A., Iglesias D.J., López G.M., Monrós, J.S. 1998. Laying date and clutch size of Great Tit (*Parus major*) in the Mediterranean region: a comparison of four habitat types. *Journal of Ornithology*, 139: 169-276

- Betts M.M. 1955. The food of titmice in oak woodland. *Journal of Animal Ecology*, 24: 282-323
- Bionda R., Brambilla, M. 2012. Rainfall and landscape features affect productivity in an alpine population of eagle owl *Bubo bubo*. *Journal of Ornithology*, 153: 167-171
- Birdlife international 2004. Birds in Europe: population estimates, trends and conservation status. Cambridge, BirdLife Conservation Series No. 12. – BirdLife International: 374 str.
- Blem C.R., Blem L.B. 1991. Nest-box selection by prothonotary warblers. *Journal of field ornithology*, 63, 3: 299-307
- Blondel J., Clamens A., Cramm P., Gaubert H., Isenmann P. 1987. Population studies on tits in the Mediterranean region. *Ardea*, 75: 21-34
- Bordjan D. 2013. Nestling growth of Great Tits *Parus major* with comparison among altitudes. *Acta Biologica Slovenica*, 56, 1: 43-51.
- Both C. 1998. Experimental evidence for density dependence of reproduction in great tit. *Journal of Animal Ecology*, 67: 667-674
- Both C., Artemyev A.V., Blaauw B., Cowie R.J., Dekhuijzen A.J., Eeva T., Enemar A., Gustafsson L., Ivankina E.V., Järvinen A., Metcalfe N.B., Nyholm N.E.I., Potti J., Ravussin P.-A., Sanz J.J., Silverin B., Slater F.M., Sokolov L.V., Török J., Winkel W., Wright J., Zang H., Visser M.E. 2004. Large-scale geographical variation confirms that climate change causes birds to lay earlier. *The Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 271: 1657-1662
- Bryan S.M., Bryant D.M. 1999. Heating nest-boxes reveals an energetic constraint on incubation behaviour in great tits, *Parus major*. *The Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 266, 1415: 157-162
- Burnham K.P., Anderson D.R. 2002. *Model Selection and Multi-model Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*, 2nd edition, New York, Springer, 488 str.
- Caro S.P., Lambrechts M.M., Balthazart J., Perret P. 2007. Non-photoperiodic factors and timing of breeding in blue tits: Impact of environmental and social influences in semi-natural conditions. *Behavioural Processes*, 75: 1-7
- Charnov E.L., Krebs J.R. 1974. On the clutch-size and fitness. *Ibis*, 116, 2: 217-219

- Choi I.H., Ricklefs R.E., Shea R.E. 1993. Skeletal muscle growth, enzyme activities and the development of thermogenesis: a comparison between altricial and precocial birds. *Physiological Zoology*, 66, 4: 455-473
- Conway J.C., Martin T.E. 2000. Effects of ambient temperature on avian incubation behaviour. *Behavioral Ecology*, 11, 2: 178-188
- Cramp S. 1998. The complete birds of the western Palearctic on CD-ROM. – Oxford, Oxford University Press.
- Cresswell W., McCleery R. 2003- How Great Tits maintain synchronization of their hatch date with food supply in response to long-term variability in temperature. *Journal of Animal Ecology*, 72, 2: 356-366
- Crick H.Q.P. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis*, 146, 1: 48-56
- Crick H.Q.P., Sparks T.H. 1999. Climate change related to egg-laying trends. *Nature*, 399: 423-424
- Crick H.Q.P., Sparks T.H. 2006. Changes in the phenology of breeding and migration in relation to global climate change. *Acta Zoologica Sinica*, 52: 154-157
- Devictor V., Julliard R., Couvet D., Jiguet F. 2008. Birds are tracking climate warming, but not fast enough. *Proceeding of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 275: 2743-2748
- Dhondt A.A. 1980. Competition between the Great Tit and the Blue Tit outside the breeding season in field experiments. *Ecology*, 61, 6: 1291-1296
- Dhondt A.A., Eyckerman R. 1980. Competition and the regulation of numbers in Great and Blue Tit. *Ardea*, 68, 1-4: 121-132
- Dolenec Z. 2005. Spring temperatures and laying dates of first eggs of three passerines in Croatia. *Ardeola*, 52, 2: 355-358
- Domènech J., Senar J.C., Vilamajó E. 2000. Sexing juvenile Great Tits *Parus major* on plumage colour. *Bulletin Geochimica et Cosmochimica Acta*, 17: 17-23
- Eeva T., Lehikoinen E., Nurmi J. 1994. Effect of ectoparasites on breeding success of great tit (*Parus major*) and pied flycatchers (*Ficedula hypoleuca*) in an air pollution gradient. *Canadian Journal of Zoology*, 72: 624-635
- Eeva T., Veistola S., Lehikoinen E. 2000. Timing of breeding in subarctic passerines in relation to food availability. *Canadian Journal of Zoology*, 78: 67-78

- Eeva T., Ahola M., Lehikoinen E. 2009. Breeding performance of blue tits (*Cyanistes caeruleus*) and great tits (*Parus major*) in a heavy metal polluted area. *Environmental Pollution*, 157: 3126-3131
- Fairhurst G.D., Bechard M.J. 2005. Relationships between winter and spring weather and northern goshawk (*Accipiter gentilis*) reproduction in northern Nevada. *Journal of Raptor Research*, 39, 3: 229-236
- Fargallo J.A. 2004. Latitudinal trends of reproductive traits in the blue tit *Parus caeruleus*. *Ardeola*, 51, 1: 177-190
- Finlayson C.M. 2006. Vulnerability assessment of important habitats for migratory species examples from eastern Asia and northern Australia. V: *Migratory species and climate change: Impacts of a changing environment on wild animals*. Frisch H. (ed.). Bonn, UNEP/CMS Secretariat: 68 str.
- Gentle L.K., Gosler A.G. 2001. Fat reserves and perceived predation risk in the great tit, *Parus major*. *Proceedings of Royal Society of London*, 268: 487-491
- Gibb J.A., Betts M.M. 1963. Food and food supply of nestling tits (Paridae) in Breckland Pine. *Journal of Animal Ecology*, 32: 489-533
- Gil-Delgado J.A., Lopez G., Barba E. 1992. Breeding Ecology of the Blue Tit *Parus caeruleus* in Eastern Spain: A Comparison with Other Localities with Special Reference to Corsica. *Ornis Scandinavica*, 23, 4: 444-450
- Gill F.B. 1994. *Ornithology*, 2nd edition. New York, W.H. Freedman and Co.: 766 str.
- Geister I. 1995. *Ornitološki atlas Slovenije*. Ljubljana, DZS: 287 str.
- Gienapp P., Postma E., Visser M.E. 2006. Why Breeding Time has not Responded to Selection for Earlier Breeding in a Songbird Population. *Evolution*, 60, 11: 2381-2388
- Gosler A.G., Wilson J. 1997. *Parus major* Great Tit. V: *The EBCC Atlas of European breeding birds: Their Distribution and Abundance*. Hagemeyer, W.J.M., Blair, M.J. (eds.). London, T & AD Poyser: 644-645
- Greño J.L., Belda E.J., Barba E. 2008. Influence of temperatures during nestling period on post-fledging survival of great tit *Parus major* in a Mediterranean habitat. *Journal of Avian Biology*, 39, 1: 41-49

- Haftorn S., Reinertsen R.E. 1985. The effect of temperature and clutch size on the energetic cost of incubation in a free-living blue tit (*Parus caeruleus*). *The Auk*, 102, 3: 470-478
- Hanžel J., Šere D. 2011. Seznam ugotovljenih ptic Slovenije s pregledom redkih vrst. *Acrocephalus*, 32, 150/151: 143-203
- Heij M.E., van der Graaf A.J., Hafner D., Tinbergen J.M. 2006. Metabolic rate of nocturnal incubation in female great tits, *Parus major*, in relation to clutch size measured in a natural environment. *The Journal of Experimental Biology*, 210: 2006-2012
- Hinde R.A. 1952. The behaviour of the great tit (*Parus major*) and some other related species. *Behaviour, an International Journal of Comparative Ethology*, 2 (Suppl.): 1-201
- Hino T., Unno A., Nakano S. 2002. Prey distribution and foraging preference for tits. *Ornithological science*, 1: 81-87
- Hitch A.T., Leberg P.L. 2007. Breeding Distributions of North American Bird Species Moving North as a Result of Climate Change. *Conservation Biology*, 21, 2: 534-539
- Hodkinson I.D. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological reviews*, 80: 489-513
- Huntley B., Green R.E., Collingham Y.C., Willis S.G. 2007. A climatic atlas of European breeding birds. Barcelona, Lynx Editions: 521 str.
- IPCC 2007. Climate Change 2007. The physical science basis. Cambridge, Cambridge University Press: 996 str.
- Jian-Bin S., Di-Qiang L., Wen-Fa X. 2006. A review of impacts of climate change on birds: implication of long-term studies. *Zoological Research*, 27, 6: 637-646
- Johnson L.S., Ostlind E., Brubaker J.L., Balenger S.L., Johnson B.G.P., Golden H. 2006. Changes in egg size and clutch size with elevation in a Wyoming population of mountain bluebirds. *The Condor*, 108: 591-600
- Jones P.J. 1972. Food as a proximate factor regulating the breeding season of the Great Tit (*Parus major*). V: Proceedings of XVth International Congress of Ornithology: 657

- Jones P.J., Ward P. 1976. The level of reserve protein as the proximate factor controlling the timing of breeding and clutch size in the Redbilled Quelea (*Quelea quelea*). *Ibis*, 118: 547-574
- Julliard R., McCleery R.H., Clobert J., Perrins C.M. 1997. Phenotypic adjustment of clutch size due to nest predation in the great tit. *Ecology*, 78, 2: 394-404
- Juškaitis R. 2006. Interactions between dormice (Gliridae) and hole-nestig birds in nest-boxes. *Folia Zoologica*, 55, 3: 225-236
- Kania W. 1989. Brood desertion by great tits *Parus major* caught at the nest. *Acta Ornithologica*, 25, 1: 78-105
- Keller L.F., Van Noordwijk A.J. 1994. Effects of local environmental conditions on nestling growth in the Great Tit *Parus major* L. *Ardea*, 82, 2: 349-362
- Klosius H. 2008. Species richness and composition of bird assemblages along an elevational gradient in the Eastern Alps (National Park Gesäuse, Austria): Diplomarbeit. Wien, Universität Wien: 45 str.
- Kluijver H.N. 1951. The population ecology of the Great Tit, *Parus m. major* L. *Ardea*, 39, 1-3: 1-135
- Kluyver H.N. 1952. Notes on body weight and time of breeding in the Great Tit, *Parus m. major* L.. *Ardea* 40, 3-4: 123-141
- Kocsis M., Hufnagel L. 2011. Impacts of climate change on Lepidoptera species and communities. *Applied ecology and environmental research*, 9, 1: 43-72
- Kostrzewa A. 1989. The effect of weather on density and reproduction success in honey buzzards *Pernis apivorus*. V: *Raptors in the modern world*. Meyburg B.-U., Chancellor R.D. (eds.). Berlin. WWGBP: 187-192
- Krementz D.G., Handford P. 1984. Does Avian Clutch Size Increase with Altitude? *Oikos*, 43, 2: 256-259
- Kryštufek B. 1991. *Sesalci Slovenije*. Ljubljana, Prirodoslovni muzej Slovenije: 294 str.
- Kryštufek B. 2003. First record of the garden dormouse (*Eliomys quercinus*) in Slovenia. *Acta zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 49, 1: 77-84
- Kryštufek B., Flajšman B. 2007. *Polh in človek*. Ljubljana, Ekološki forum LDS v sodelovanju z Liberalno akademijo: 248 str.

- Lack D. 1964. A long term study of the great tit (*Parus major*). *Journal of Animal Ecology*, 33: 159-173
- Laet J. F. 1985. Dominance and anti-predator behaviour of Great Tits *Parus major*: a field study. *Ibis*, 127, 3: 372-377
- Lambrechts M.M., Perret P., Blondel J. 1996. Adaptive differences in the timing of egg laying between different populations of birds result from variation in photoresponsiveness. *Proceeding of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 263, 1366: 19-22
- Lambrechts M.M., Perret P. 2000. A long photoperiod overrides non-photoperiodic factors in Blue Tits' timing of reproduction. *Proceeding of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 267, 1443: 585-588
- Langowska A., Ekner A., Skórka P., Tobolka M., Tryjanowski P. 2010. Nest-site tenacity and dispersal patterns of *Vespa crabro* colonies located in bird nest-boxes. *Sociobiology*, 56, 2: 375-382
- Lee P.-F., Ding T.-S., Hsu F.-H., Geng S. 2004. Breeding bird species richness in Taiwan: distribution on gradients of elevation, primary productivity and urbanisation. *Journal of Biogeography*, 31: 307-314
- Lessig H. 2008. Species distribution and richness patterns of bird communities in the high elevation forests of Virginia. Masters thesis, Blacksburg, faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University: 81 str.
- Linden M. 1988. Reproductive Trade-Off between First and Second Clutches in the Great Tit *Parus major*: An Experimental Study. *Oikos*, 51, 3: 285-290
- MacDonald M.A., Bolton M. 2008. Predation of Lapwing *Vanellus vanellus* nests on lowland wet grassland in England and Wales: effects of nest density, habitat and predator abundance. *Journal of Ornithology*, 149: 555-563
- Matthews S.N., O'Connor R.J., Iverson L.R., Prasad A.M. 2004. Atlas of climate change effects in 150 bird species of the eastern United States. Newtown Square, USDA Forest Service: 340 str.
- McCleery R.H., Clobert J., Julliard R., Perrins C.M. 1996. Nest predation and delayed cost of reproduction in the great tit. *Journal of Animal Ecology*, 65, 1: 96-104

- McCleery R.H., Perrins C.M. 1998. ... temperature and egg-laying trends. *Nature*, 391: 30-31
- McDonald P.G., Olsen P.D., Cockburn A. 2004. Weather dictates reproductive success and survival in the Australian brown falcon *Falco berigora*. *Journal of Animal Ecology*, 73: 683-692
- Meijer T., Nienaber U., Langer U., Trillmich F. 1999. Temperature and timing of egg-laying of European Starlings. *Condor*, 101: 124-132
- Mertens J.A.L. 1987. The influence of temperature on the energy reserves of female great tits during the breeding season. *Ardea*, 75, 1: 73-80
- Minot E.O. 1981. Effects of Interspecific Competition for Food in Breeding Blue and Great Tits. *Journal of Animal Ecology*, 50, 2: 375-385
- Minot E.O., Perrins C.M. 1986. Interspecific interference competition - Nest sites for blue and great Tits. *Journal of Animal Ecology*, 55, 1: 331-350
- Monros J.S., Belda E.J., Barba E. 1998. Delays of the hatching dates in great tits *Parus major*: Effects on breeding performance. *Ardea*, 86, 2: 213-220
- Moss R., Oswald J., Baines D. 2001. Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *Journal of Animal Ecology*, 70: 47-61
- Naef-Daenzer L., Naef-Daenzer B., Nager R.G. 2000. Prey selection and foraging performance of breeding Great Tits *Parus major* in relation to food availability. *Journal of Avian Biology*, 31: 206-214
- Naef-Daenzer B., Widmer F., Nuber M. 2001. Differential post-fledging survival of great and coal tits in relation to their condition and fledging date. *Journal of Animal Ecology*, 70: 730-738
- Naef-Daenzer L., Nager R.G., Keller L.F., Naef-Daenzer B. 2004. Are hatching delays a cost or a benefit for great tit *Parus major* parents? *Ardea*, 92, 2: 229-237
- Nager R.G., van Noordwijk A.J. 1995. Proximate and ultimate aspects of phenotypic plasticity in timing of Great Tit breeding in a heterogeneous environment. *The American Naturalist*, 146, 3: 454-474
- Neal J.C., James D.A., Montague W.G., Johnson J.E. 1993. Effects of weather and helpers on survival of nestling red-cockaded woodpeckers. *Wilson bulletin*, 105, 4: 666-673
- Newton I. 1979. Population ecology of raptors. Berkhamsted, T & AD Poyser: 399 str.

- Newton I. 1998. Population limitation in birds. London, Academic press: 597 str.
- Nilsson S.G. 1984. The evolution of nest-site selection among hole-nesting birds: the importance of the nest predation and competition. *Ornis Scandinavica*, 15: 167-175
- Nilsson J.-Å. 1994. Energetic bottle-necks during breeding and the reproductive cost of being too early. *Journal of Animal Ecology*, 63, 1: 200-208
- Noordwijk van A.J., McCleery R.H., Perrins C.M. 1995. Selection for the timing of great tit breeding in relation to caterpillar growth and temperature. *Journal of Animal Ecology*, 64: 451-458
- Nour N., Currie D., Matthysen E., Van Damme R., Dhondt A.A. 1998. Effects of habitat fragmentation on provisioning rates, diet and breeding success in two species of tit (great tit and blue tit). *Oecologia*, 114: 522-530
- Nussey D.H., Postma E., Gienapp P., Visser M.E. 2005. Selection on heritable phenotypic plasticity in a wild bird population. *Science*, 310: 304
- Orell M., Ojanen M. 1983. Effect of habitat, Date of Laying and Density on Clutch size of the Great Tit *Parus major* in Northern Finland. *Holarctic Ecology*, 6, 4: 413-423
- Ostens J.E., Jenssen B.M., Bech C. 2001. Growth and development of homeothermy in nestling european shags (*Phalacrocorax aristotelis*). *The Auk*, 118, 4: 983-995
- Pasinelli G. 2001. Breeding performance of the middle spotted woodpecker *Dendrocopos medius* in relation to weather and territory quality. *Ardea*, 89, 2: 353-361
- Pendlebury C.J., Bryant D.M. 2005. Effects of temperature variability on egg mass and clutch size in Great Tits. *The Condor*, 107, 3: 710-714
- Perko D., Oražen Adamič M. 1998. Slovenija. Ljudje in pokrajine. Ljubljana, Mladinska knjiga: 735 str.
- Perrins C.M. 1965. Population fluctuations and clutch-size in the great tit, *Parus major* L. *Journal of Animal Ecology*, 34, 3: 601-647
- Pickett S.T.A. 1989. Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. V: Longterm studies in ecology: approaches and alternatives. Likens, G.E. (ed.). New York, Springer: 110-135
- Radford A.N., McCleery R.H., Woodburn R.J.W., Morecroft M.D. 2001. Activity patterns of parent great tits *Parus major* feeding their young during rainfall. *Bird Study*, 48: 214-220

- Radford A.N., du Plessis M.A. 2003. The importance of rainfall to a cavity-nesting species. *Ibis*, 145, 4: 692-694
- Rodríguez C., Bustamante J. 2003. The effect of weather on lesser kestrel breeding success: can climate change explain historical population declines? *Journal of Animal Ecology*, 72, 5: 793-810
- Rotella J.J., Dinsmore S.J., Shaffer T.L. 2004. Modelling nest-survival data: a comparison of recently developed methods that can be implemented in MARK and SAS. *Animal Biodiversity and Conservation*, 27, 1: 187-205
- Sanz J.J. 1998. Effects of geographic location and habitat on breeding parameters of great tits. *The Auk*, 115, 4: 1034-1051
- Sanz J.J. 2002. Climate change and birds: Have their ecological consequences already been detected in the Mediterranean region? *Ardeola*, 49, 1: 109-120
- Sanz J.J., Tinbergen J.M., Moreno J., Orell M., Verhulst S. 2000. Latitudinal variation in parental energy expenditure during brood rearing in great tit. *Oecologia*, 122: 149-154
- Sasvári L., Orell M. 1992. Breeding success in a North and a Central European population of the Great Tit *Parus major*. *Ornis Scandinavica*, 23, 1: 96-100
- Sarà M., Milazzo A., Falletta W., Bellia E. 2005. Exploitation competition between hole-nesters (*Muscardinus avellanarius*, Mammalia and *Parus caeruleus*, Aves) in Mediterranean woodlands. *Journal of Zoology*, 2065: 347-357
- Sather B.-E., Engen S., Møller A.P., Matthysen E., Adriansen F., Fiedler W., Leivits A., Lambrechts M.M., Visser M.E., Anker-Nilssen T., Both C., Dhondt A.A., McCleery R.H., McMeeking T.J., Potti J., Røstad O.W., Thomson D. 2003. Climate variation and regional gradients in population dynamics of two hole-nesting passerines. *Proceedings: Biological Sciences*, 270, 1531: 2397-2404
- Schmid H., Luder R., Naef-Daenzer B., Graf R., Zbinden N. 1998. Schweizer Brutvogelatlas. Verbreitung der Brutvögel in der Schweiz und im Fürstentum Liechtenstein 1993-1996. Sempach, Schweizerische Vogelwarte: 574 str.
- Schmidt K.A., Rush S.A., Ostfeld R.S. 2008. Wood thrush nest success and post-fledging survival across a temporal pulse of small mammal abundance in an oak forest. *Journal of Animal Ecology*, 77: 830-837

- Sheldon B.C., Kruuk L.E.B., Merila J. 2003. Natural selection and inheritance of breeding time and clutch size in the collared flycatcher. *Evolution*, 57: 406-420
- Siegel R.B., Wilkerson R.L., Kuntz II R.C., Saracco J.F., Holmgren A.L. 2012. Elevation Ranges of Birds at Mount Rainier National Park, North Cascades National Park Complex, and Olympic National Park, Washington. *Northwestern Naturalist*, 93, 1: 23-39
- Silverin B., Viebke P.A., Westin J. 1989. An artificial simulation of the vernal increase in day length and its effects on the reproductive system in three species of tits (*Parus* spp.), and modifying effects of environmental factors – a field experiment. *Condor*, 91: 598-608
- Silverin B., Wingfield J., Stokkan K.-A., Massa R., Järvinen A., Andersson N.-Å., Lambrechts M., Sorace A., Blomqvist D. 2008. Ambient temperature effects on photo induced gonadal cycles and hormonal secretion patterns in Great Tits from three different breeding latitudes. *Hormones and Behavior*, 54: 60-68
- Slagsvold T. 1976. Annual and geographical variation in the time of breeding of the Great Tit *Parus major* and the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca* in relation to environmental phenology and spring temperature. *Ornis Scandinavica*, 7, 2: 127-145
- Slagsvold T. 1978. Competition between the Great Tit *Parus major* and the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*: an experiment. *Ornis scandinavica* 9: 46-50
- Smith K.W. 2006. The implications of nest site competition from starlings *Sturnus vulgaris* and the effect of spring temperatures on the timing and breeding performance of great woodpeckers *Dendrocopos major* in Southern England. *Annales Zoologici Fennici*, 43: 177-185
- Smith H.G., Källander H., Fontell K., Ljungström M. 1988. Feeding Frequency and Parental Division of Labour in the Double-Brooded Great Tit *Parus major*: Effects of Manipulating Brood Size. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 22, 6: 447-453
- Strusis-Timmer M. 2009. Habitat associations and nest survival of yellow warblers in California. Master thesis št., 3682. San Jose, San Jose State University: 41 str.
- Suhonen J. 1993. Predation Risk Influences the Use of Foraging Sites by Tits. *Ecology*, 74, 4: 1197-1203

- Tanner M., Kölliker M., Richner H. 2008. Differential food allocation by male and female great tit, *Parus major*, parents: are parents or offspring in control? *Animal Behaviour*, 75: 1563-1569
- Thomas C.D., Lennon, J.J. 1999. Birds extend their ranges northwards. *Nature*, 399: 213
- Tome, D. 2006. Ekologija. Organizmi v prostoru in času. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 344 str.
- Tome D., Vrezec A., Bordjan D. 2013. Ptice Ljubljane in okolice. Ljubljana, Mestna občina Ljubljana, oddelek za varstvo okolja, 197 str.
- Török J., Tóth L. 1999. Asymmetric competition between two tit species: a reciprocal removal experiment. *Journal of Animal Ecology*, 68: 338-345
- Torti V.M., Dunn P.O. 2005. Variable effects of climate change on six species of North American. *Birds Oecologia*, 145, 3: 486-495
- Veistola S., Lehikoinen E., Iso-Iivari L. 1994. Breeding biology of the Great Tit *Parus major*, in an marginal population in the northernmost Finland. *Ardea* 83: 419-420
- Verboven N., Verhulst S. 1996. Seasonal variation in the incidence of double broods: The date hypothesis fits better than the quality hypothesis. *Journal of Animal Ecology*, 65: 264-273
- Verhulst S., Tinbergen J.M. 1991. Experimental evidence for a causal relationship between timing and success of reproduction in the great tit *Parus m. major*. *Journal of Animal Ecology*, 60: 269-282
- Verhulst S., van Balen J.H., Tinbergen J.M. 1995. Seasonal decline in reproductive success of the Great Tit: Variation in time or quality? *Ecology*, 76, 8: 2392-2403
- Visser M.E., van Noordwijk A.J., Tinbergen J.M., Lessells C.M. 1998. Warmer springs lead to mistimed reproduction in great tits (*Parus major*). *Proceeding of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 265: 1867-1870
- Visser M.E., Lessells C.M. 2001. The costs of egg production and incubation in great tits (*Parus major*). *Proceeding of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 268: 1271-1277
- Visser E.M., Adriaansen F., Van Balen J.H., Blondel J., Dhondt A.A., van Dongen S., du Feu C., Ivankina E.V., Kerimov A.B., de Laet J., Matthysen E., McCleery R., Orell M., Thomson D.L. 2003. Variable responses to large-scale climate change in European

- Parus populations. Proceeding of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 270: 367-372
- Visser M.E., Both C. 2005, Shifts in phenology due to global climate change: The need for a yardstick. Proceeding of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 272: 2561-2569
- Visser M.E., Holleman L.J.M., Gienapp P. 2006. Shifts in caterpillar biomass phenology due to climate change and its impact on the breeding biology of an insectivorous bird. Global Change Ecology. Oecologia, 147: 164-172
- Visser E.M., Adriaensen F., van Balen J.H., Blondel J., Dhondt A.A., van Dongen S., du Feu C., Ivankina E.V., Kerimov A.B., de Laet J., Matthysen E., McCleery R., Orell M., Thomson D.L. 2009a. Variable responses to large-scale climate change in European Parus populations. Proceedings The Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 270: 367-372
- Visser M.E., Holleman L.J.M., Caro S.P. 2009b. Temperature has a causal effect on avian timing of reproduction. Proceedings The Royal Society of London Series B-Biological Sciences, 276: 2323-2331
- Wesołowski T. 2002. Anti-predator adaptations in nesting marsh tits *Parus palustris*: the role of nest-site security. Ibis, 144, 4: 593-601
- Wesołowski T., Czeszczewik D., Rowitiski P., Walankiewicz W. 2002. Nest soaking in natural holes – a serious cause of breeding failure? Ornis Fennica, 79: 132-138
- White G.C., Burnham K.P. 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. Bird Study, 46 (Suppl): 120-139
- Wilkin T.A., Garant D., Gosler A.G., Sheldon B.C. 2006. Density effects on life-history traits in a wild population of the great tit *Parus major*: analyses of long-term data with GIS techniques. Journal of Animal Ecology, 75: 604-615
- Wormworth J., Dr. Mallon K. 2006. Bird Species and Climate Change: Global Status Report. Brisbane, Climate Risk Pty Limited: 74 str.
- Ziello C., Estrella N., Kostova M., Koch E., Menzel A. 2009. Influence of altitude on phenology of selected plant species in the Alpine region (1971-2000). Climate research, 39: 227-234

Yamaguchi N., Higuchi H. 2005. Extremely low nesting success and characteristics of life history traits in an insular population of *Parus varius namiyei*. *Wilson Bulletin*, 117, 2: 189-193

Yom Tov Y., Hilborn R. 1981. Energetic constraints on clutch size and time of breeding in temperate zone birds. *Oecologia*, 48: 234-243

ZAHVALA

Za podporo in razumevanje se zahvaljujem staršema, ženi Ani, ki je nemalokrat zavila z očmi, a mi vedno stala o strani, ter svetli luči mojega življenja Lanu. Hvaležen sem Danici, ki me je tekom višjega šolanja posvojila in velikokrat prenašala moje muhe.

Za pomoč in družbo na terenu se zahvaljujem Tilnu Basletu in Daretu Fekonji, brez katerih bi bilo delo precej okrnjeno in precej manj zabavno. Zahvaljujem se Davorinu, mentorju in preteklih nekaj let sostanovalcu, s katerim sva neštavno število ur razpravljala o nalogi in