

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



Produktivita sovy pálené vzhledem k charakteristikám  
prostředí

Jana Míšková

Bakalářská práce

předložená

na Katedře ekologie a ochrany životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Bc. v oboru

Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce: prof. MVDr. Emil Tkadlec, CSc.

Olomouc 2016



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně pod vedením prof. MVDr. Emila Tkadlece, CSc. a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci, 3. května 2016

.....

podpis

Míšková J. 2016. Produktivita sovy pálené vzhledem k charakteristikám prostředí [bakalářská práce]. Olomouc: Katedra ekologie a životního prostředí PřF UP v Olomouci. 34 s.

## Abstrakt

V posledních desetiletích dochází k poklesu početnosti u mnoha druhů sov po celém světě. Příčinou snižování početnosti je souhra mnoha faktorů, převážně souvisejících se vzrůstajícím vlivem člověka na krajinu prostřednictvím intenzivního zemědělství, vzrůstající urbanizace či budování dopravních sítí. To se týká i populace sovy pálené v České republice, jejíž početnost i rozšíření začaly prudce klesat od poloviny 80. let 20. století. Cílem této bakalářské práce je zhodnotit vliv charakteristik prostředí na produktivitu sovy pálené. Zeměpisné (3), krajinné (5) i klimatické (10) proměnné pro sledovaná území jsem získala prostřednictvím GIS dat sesbíraných v letech 1960–1990. Charakteristiky produktivity sovy pálené – počet hnízdění, počet vajec ve snůšce, počet vylíhlých a počet vyvedených mláďat, jsem získala z kroužkovacích záznamů z umělých hnízdních budek v letech 1998 až 2010. K hodnocení vztahu mezi produkčními charakteristikami sovy pálené a podmínkami prostředí jsem použila regresní analýzu (váženou lineární regresi, generalizované lineární smíšené modely, neparametrickou regresi v programu R). Zjistila jsem, že počet vylíhlých mláďat klesal s rostoucí nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou, jejichž účinky byly propojeny. Proporce vylíhlých mláďat byla nejvyšší při průměrném počtu snesených vajec (kolem 6) a klesala s nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou. Tyto výsledky naznačují, že produktivita sovy pálené ve vyšších polohách a v severních okresech může být mírně snížena kvůli nižší úspěšnosti líhnutí.

Klíčová slova: klimatické vlivy; krajinné proměnné; líhnutí; nadmořská výška; *Tyto alba*; zeměpisná šířka;

Míšková J. 2016. Barn owl productivity in relation to habitat characteristics [bachelor's thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental sciences, Faculty of science, Palacký University in Olomouc. 34 pp.

## Abstract

In last decades, abundances of many owls have declined all over the world. The cause of the decline in numbers is assumed to be interplay of many factors related to a growing impact of humans on landscape via agriculture intensification, increased urbanisation or extended traffic network. This is also the case for the barn owl (*Tyto alba*) whose numbers and distribution range in the Czech Republic have begun to decrease sharply since the mid 80s of the 20<sup>th</sup> century. The objective of the presented bachelor's thesis is to assess the effects of environmental factors on annual productivity of the barn owl. Geographical (3), landscape (5) and climate variables for the districts of the Czech Republic were derived using GIS methods from data collected between 1960 and 1990. I used ring data from artificial nest boxes between 1998 and 2010 to measure productivity of the barn owl per nest site – the number of clutches, the number of eggs laid, the number of hatchlings and the number of fledglings. I evaluated variation in productivity by applying regression analysis (weighted linear regression, generalized linear mixed models and nonparametric regression in a program R). I found that that the number of hatchlings decreased along the altitudinal and latitudinal gradient, the effects of both being entangled. Hatching failure was lowest at the mean number of eggs (about 6) and increased with altitude and latitude. These results suggest that productivity of barn owls nesting at higher elevations may be slightly lowered by the increased hatching failure.

Key words: altitude; climatic effects; hatching; landscape variables; latitude; *Tyto alba*;

Obsah	
Seznam tabulek .....	vii
Seznam obrázků .....	viii
Poděkování .....	ix
Úvod .....	1
Příčiny ohrožení sov .....	1
Sova pálená a její populační dynamika .....	3
Potravní ekologie sovy pálené .....	4
Hnízdní biologie sovy pálené .....	5
Ochranařský management sovy pálené v ČR .....	6
Cíle práce .....	8
Materiál a metody .....	9
Data o produktivitě sovy pálené .....	9
Charakteristiky prostředí .....	10
Statistická analýza .....	11
Výsledky .....	13
Zeměpisné charakteristiky .....	13
Vlivy krajinných a klimatických proměnných .....	16
Úspěšnost líhnutí .....	21
Diskuze .....	23
Nadmořská výška .....	23
Zeměpisná šířka .....	26
Vliv krajinných a klimatických faktorů .....	26
Závěr .....	28
Reference .....	30

## Seznam tabulek

Tabulka 1. Výsledky statistické analýzy vlivu zeměpisných proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.....	16
Tabulka 2. Výsledky statistické analýzy vlivu krajinných proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.....	17
Tabulka 3. Výsledky statistické analýzy vlivu klimatických proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.....	18
Tabulka 4. Výsledky statistické analýzy vlivu klimatických proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.....	19
Tabulka 5. Výsledky statistické analýzy vlivu klimatických proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.....	20

## Seznam obrázků

Obr. 1. Mapa rozšíření sovy pálené v České republice v roce 1973–1977 (nahore) a 2001–2003 (dole). (Podle Šťastný et al. 2006) .....	4
Obr. 2. Mapa znázorňující distribuci umělých hnízdnic budek (černé body) v okresech České republiky. Hranice okresů, jsou vyznačeny šedě. ....	9
Obr. 3 Hnízdní budka pro sovu pálenou pod střechou hospodářské budovy v Šumicích na Znojemsku. (Foto: Karel Poprach).....	10
Obr. 4. Distribuce nadmořských výšek, ve kterých byla sledována hnízda sovy pálené (vlevo) a počty hnízdění během jedné roční sezóny (vpravo). ....	13
Obr. 5. Závislost počtu snesených vajec (a), počtu vylíhlých mláďat (b) a počtu vyvedených mláďat (c) na nadmořské výšce. Černá čára zobrazuje regresi pomocí GLMM, zatímco červená křivka zobrazuje neparametrickou regresi odhadnutou pomocí funkce loess. ....	14
Obr. 6 Závislost průměrného počtu hnízdění (a), průměrného počtu snesených vajec (b), průměrného počtu vylíhlých mláďat (c) a průměrného počtu vyvedených mláďat (d) sovy pálené (na jedno hnízdo) na průměrné nadmořské výšce okresu, ve kterém hnízdění probíhá.....	15
Obr. 7. (a) Závislost počtu vylíhlých mláďat sovy pálené na počtu snesených vajec (neparametrická regrese). (b) Závislost proporce vylíhlých mláďat na počtu snesených vajec (neparametrická regrese). (c) Průměrná proporce vylíhlých mláďat v závislosti na průměrné nadmořské výšce hnízd v daném okrese (vážená lineární regrese). (d) Průměrná proporce vyvedených mláďat v závislosti na průměrné nadmořské výšce hnízd v daném okrese (vážená lineární regrese). ....	21
Obr. 8. Závislost proporce vylíhlých mláďat (a) a vyvedených mláďat (b) sovy pálené na střední zeměpisné šířce okresu. ....	22



## Poděkování

Děkuji především vedoucímu mé bakalářské práce Prof. MVDr. Emilu Tkadlecovi CSc. za odborné vedení, pomoc a rady při zpracování této práce a dále všem ornitologům v čele s Karlem Poprachem a doc. Ivo Macharem, kteří se věnovali instalaci a kontrolám hnízdních budek pro sovu pálenou v České Republice. Za charakteristiky okresů získané metodami GIS děkuji Ing. Marku Bednářovi.

V Olomouci, 3. května 2016

## Úvod

Sovy, Strigiformes (Wagler, 1830) jsou druhově velmi početným a celosvětově rozšířeným řádem ptáků, Aves (L., 1758). V posledních letech došlo k poklesu početnosti u mnoha druhů tohoto řádu. Například početnost kalouse ušatého, *Asio otus* (L., 1758) ve Westfálsku v západním Německu poklesla mezi lety 1974/75 a 1985/86, kdy byla prováděna sčítání, o 80%, v téže oblasti došlo k velkému úbytku populace sovy pálené, *Tyto alba* (Scopoli, 1769), sýčka obecného, *Athene noctua* (Scopoli, 1769) a puštíka obecného, *Strix aluco* (L., 1758) (Illner 1988). K poklesu početnosti došlo i u puštíka západního, poddruhu karibského severního, *Strix occidentalis caurina* (Xantus de Vesey, 1860) ve státech Washingtonu a Oregonu v USA (Anthony et al. 2006), nebo u sýce rousného, *Aegolius funereus* (L., 1758) ve Finsku (Korpimäki a Hakkarainen 2012). Z více než 200 známých druhů sov je jich v současné době 7 na Červeném seznamu IUCN zařazených v kategorii kriticky ohrožených, 9 v kategorii ohrožených a 27 v kategorii zranitelných (IUCN Red List 2016).

### Příčiny ohrožení sov

Nejvíce sovy ohrožuje úbytek jejich přirozených stanovišť a hnízdišť (König a Weick 2008), spojený s rozvojem průmyslu, těžbou dřeva a intenzifikací zemědělství. S intenzifikací zemědělství souvisí další nebezpečí, které nabylo na významu především ve druhé polovině dvacátého století. Jsou jím pesticidy, zejména pak rodenticidy, používané k ochraně úrody a potravin před hlodavci. Konzumace pesticidů (u sov dochází zejména ke konzumaci sekundární, tedy k pozření otráveného hlodavce, ne přímo otrávené návnady) je často smrtelná, dlouhodobé vystavení sub – letálním dávkám pesticidů může vést ke snížení reprodukční úspěšnosti (Newton et al. 1999 in [NI 2006]), snížení metabolismu, změnám v chování a ke snížení efektivity lovu (Schweitzer 2011, Walker et al. 2012 in Hafidzi et al. 2015). Dnes nejpoužívanějším typem rodenticidů jsou antikoagulanty 2. generace (SGARs), které byly vyvinuty v 70. letech 20. století, kdy se u mnoha hlodavců vyvinula rezistence k antikoagulantům 1. generace. SGARs jsou účinné v již velmi malých množstvích, pro usmrcení hlodavce stačí požití nízké dávky, ačkoli ke smrti obvykle nedochází ihned, ale až po několika dnech (Cox a Smith 1992). Tyto látky vydrží v tkáních mnohem déle než rodenticidy první generace (US EPA 2004 in Albert et al. 2009) a byla prokázána jejich vyšší afinita

k jaterní tkáni (Parmar et al. 1987 in Albert et al. 2009). Otrava antikoagulanty navíc mění chování hlodavců, ti se stávají méně opatrnými, tráví více času na otevřeném prostranství, vykazují denní aktivitu, a před smrtí ztrácí schopnost pohybu (Cox a Smith 1992). Kvůli těmto vlastnostem jsou SGARs pro sovy, stejně jako pro další predátory hlodavců, velmi rizikové.

Dalším nebezpečím pro sovy, stejně jako pro ostatní ptáky, je doprava (Gill 2007). Zvýšená mortalita sov v důsledku srážek s vozidly byla zaznamenána zejména na úsecích, kde silnice přemostují říční údolí a kde se kříží s ptačími lineárními stanovišti [NI 2006].

Průmyslová krajina však skýtá ještě další nástrahy. Mnohé objekty totiž fungují jako ekologické pasti, do kterých když pták vletí, není pro něj úniku. Jedná se o různé vertikální i horizontální trubky, komíny a roury, ale také o nádrže - velkým nebezpečím jsou např. nádrže na melasu, které se nacházejí u mnoha zemědělských objektů a stávají se pohřebištěm nejen sov, ale i dalších druhů ptáků. Kontakt se sladkou hustou melasou znemožní ptákovi let, ten tak v nádrži uvízne a utopí se. I pokud je melasa zředěna vodou, hrozí utopení. Proč sovy do nádrží vlétávají, není zcela jasné. Buď je mate jejich odraz na hladině, který považují za cizího ptáka, nebo se chtějí napít či vykoupat, případně hledají úkryt. Naštěstí tento problém pomalu mizí, neboť protiopatření (zakrytí otvoru nádrží, likvidace nepoužívaných nádrží) jsou poměrně nenáročná a účinná (Poprach 2003).

Některé sovy, především ty žijící v horských oblastech mírného pásu, jsou negativně ovlivňovány změnami podnebí. V letech s velmi tvrdou zimou mají problémy související se špatnou dostupností potravy, potažmo s nedostatkem živin, které jsou významné zejména pro hnízdící samice, které si potřebují vytvořit větší množství energie k syntéze proteinů nutných k tvorbě vajec (Durant et al. 2000).

Menší sovy se také často stávají kořistí mnohdy přemnožených kun a mývalů (König a Weick 2008). Setkáváme se i s pytláctvím, kdy lidé loví sovy pro trofeje nebo zřídka i ze strachu (sova byla dříve považována za posla smrti a v některých méně rozvinutých oblastech toto mínění stále přetrvává). Všechny tyto faktory zapříčiňují, že početnost mnoha druhů sov se postupně snižuje.

Většina výše uvedených nebezpečí se týká i sov, žijících na našem území. V České republice hnízdí 10 druhů sov a 2 další druhy se tu vzácně objevují na tahu (Hudec et al. 2005). Z hnízdících druhů jsou 2 druhy (puštíček bělavý, výreček malý) na českém Červeném seznamu vedeny jako kriticky ohrožené (CR), 3 druhy (sýček

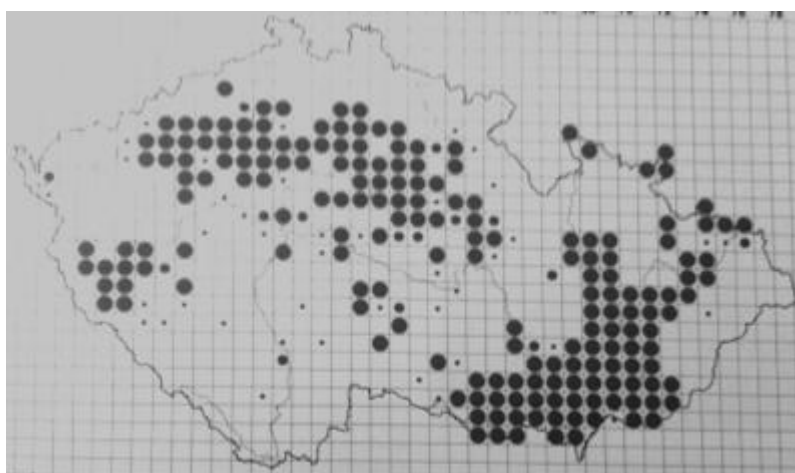
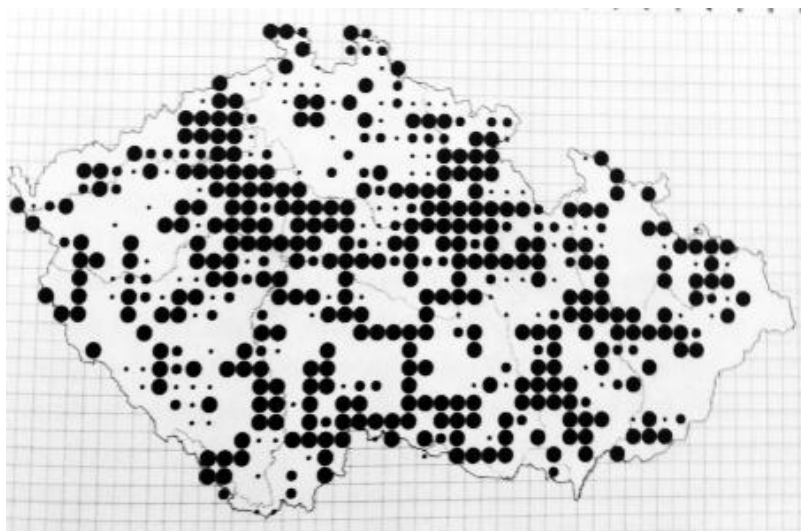
obecný, výr velký, sova pálená) jako ohrožené (EN) a 3 druhy (sýc rousný, kalous pustovka, kulíšek nejmenší) jako zranitelné (VU, Šťastný a Bejček 1993).

#### Sova pálená a její populační dynamika

Mezi ohrožené druhy v ČR patří i sova pálená střeoevropská, *Tyto alba guttata* (Brehm, 1831) z čeledi sovovité (Tytonidae). Tato středně velká sova (velikost 33–36 cm, rozpětí křídel 90 cm (Poprach 2009) se vyznačuje šedým zbarvením s bílými tečkami shora a žlutě rezavým nebo bělavým zbarvením s tmavými tečkami zespoda. Peří na přední straně hlavy je uspořádáno soustředně kolem očí a tvoří typický bílý srdčitý závoj. Její let je rovný a neslyšný (Hudec et al. 2005).

Sova pálená, jejíž rozšíření je celosvětové (obývá všechny kontinenty kromě Antarktidy) nikdy nebyla na našem území hojným druhem, např. v letech s velmi chladnou a na sníh bohatou zimou vždy docházelo k velkému snížení jejího počtu, protože její peří špatně zadržuje teplo (Šťastný et al. 2006) a její schopnost hromadit zásobní tuk je oproti jiným druhům sov značně omezená (Poprach 2011).

V 80. a 90. letech minulého století však nastal na celém území ČR náhlý a prudký pokles početnosti (celková populace sovy pálené v ČR byla v letech 1985–1989 odhadnuta na 400–700 párů (Šťastný a Bejček 1993), v roce 1990 již jen na 300–350 párů (Danko 1994)) a od té doby početnost stále klesá (Hudec et al. 1995), s výjimkou roku 2001, kdy došlo k výrazné gradaci hraboše polního a zahnízdilo 420–500 párů. V roce 2003 zahnízdilo jen 130–150 párů (Šťastný et al. 2006). Co se týče mapování hnízdního rozšíření ptáků, v letech 1973–1977 byla sova pálená zjištěna v 58 % kvadrátů, v letech 1985–1989 v 50% kvadrátů a v letech 2001–2003 už jen v 38 % kvadrátů ČR (Šťastný et al. 2006, obr. 1). Dále se ukázalo, že se snižuje i vertikální rozšíření sovy pálené. Hnízdění ve vyšších polohách probíhá spíše ojediněle, z pahorkatin sova pálená téměř vymizela (Hudec et al. 2005), přitom ještě v 70. letech podle Milese (1975) hnízdila v Krkonoších až do výšky 800 m n.m.



Obr. 1. Mapka rozšíření sovy pálené v České republice v roce 1973–1977 (nahore) a 2001–2003 (dole). (Podle Šťastný et al. 2006)

#### Potravní ekologie sovy pálené

Sova pálená má zásaditější pH žaludku než většina ostatních dravých ptáků, proto lze velmi dobře provádět rozbor jejích vývržků – kosti a lebky kořisti jsou zachovány nestrávené ve velmi dobrém stavu (Smith a Richmond 1972). Taylor (1994) srovnal 52 studií složení vývržků sovy pálené z celého světa a zjistil, že ve všech oblastech tvoří hlavní složku potravy sovy pálené malí savci, zejména hlodavci. Jejich procentuální zastoupení v potravě se pohybuje od 74 do 100 %, ve 42 případech je toto zastoupení

vyšší než 90 %. Dále sova pálená loví menší ptáky, ještěrky a obojživelníky a zřídka i hmyz. V Evropě tvoří hlavní složku její potravy hraboši (Microtidae), rejsci (Soricidae) a myši a potkani (Muridae). Konkrétně ve střední Evropě, a tedy i v České republice, je dominantním druhem kořisti hraboš polní, *Microtus arvalis* (Pallas, 1778).

#### Hnízdní biologie sovy pálené

Sova pálená se postupně stala synantropním druhem. S oblibou hnízdí v kostelních věžích, na půdách domů, ve stodolách, senících a zříceninách. V dutinách stromů se u nás dnes objevuje spíše ojediněle v nižších nadmořských výškách. Nestaví vlastní hnízdo, vejce snáší na vrstvu vývrzků nebo rovnou na podklad. Je obvykle monogamní, tvoří páry na celý život, ačkoli byla prokázána i polygamie (Schonfeld a Girlig, Hercynia 1975:257 in Hudec et al. 2005).

Tok začíná podle počasí v únoru nebo v březnu, hnízdění samotné obvykle v první třetině dubna, byly však zaznamenány i ojedinělé případy počátku snůšky již v únoru (Hudec et al. 2005). Počet hnízdění za rok a jeho počátek závisí na dostupnosti potravy. Byla prokázána souvislost mezi početností drobných hlodavců, zvláště hraboše polního a počtem a úspěšností hnízdění (Pavluvčík et al. 2015). V letech populačního maxima hlodavců hnízdí sova pálená 2× do roka, je-li hlodavců málo, nemusí hnízdit vůbec, nebo hnízdí jednou a snáší velmi málo vajec (Bejček et al. 1997). Počet vajec ve snůšce je různý od 1 do 15, s průměrem 6,22, přičemž při druhém hnízdění je obvykle počet vajec větší než při prvním hnízdění (v létě a na podzim, kdy probíhá druhé hnízdění, je totiž zpravidla vyšší potravní nabídka). Mláďata se líhnou postupně, neboť samice sovy sedí na vejcích od počátku snášení a snáší ve dvou nebo i vícedenních intervalech. Doba sezení na vejcích je 30–34 dní. Celou dobu sedí samice, samec jí přináší potravu. Průměrný počet vylíhlých mláďat v hnízdech je 4,07. Ještě asi 11 dní po vylíhnutí jsou mláďata samicí zahřívána, krmí je oba rodiče. Ve věku tří týdnů začínají sama požírat přinesenou potravu, ve věku přibližně 60 dní dosahují vzletnosti. Pohlavní dospělosti dosahují ve stáří 1 roku, za potravně velmi příznivých podmínek jsou samice schopny reprodukce již ve věku 200 dní (Hudec et al. 2005).

Většina jedinců se od hnízda nevzdaluje ani v období mimo hnízdění, po celý rok se pohybuje v okruhu max. 20 km (Hudec et al. 2005), obvykle loví v rozsahu 2–4 km. Domovský okrsek je obecně větší u samců než u samic (Hafidzi et al. 2015). Mláďata po opuštění hnízda se rozletují všemi směry a sama pak hnízdí až tisíc km

daleko od místa svého vylíhnutí (Hudec et al. 2005), i když nejčastější rozptyl je do 100, max. do 300 km od vylíhnutí (Poprach 2009).

#### Ochranařský management sovy pálené v ČR

Pokles početnosti sovy pálené ve střední Evropě vedl k vyhlášení rozsáhlého celostátního záchranného programu (Šťastný et al. 2006). Na vhodných místech byly rozmístěny umělé hnízdní budky a od roku 1998 (ačkoli první budky byly instalovány již v roce 1992 (Poprach et al. 1996)) dochází k jejich pravidelným kontrolám, případným opravám, čištění, zaznamenávání uskutečněného hnízdění a kroužkování mláďat. Budky se nachází zejména na zemědělských farmách (sklady, sýpky, půdy kravínů apod.), v menší míře pak v kostelních věžích a kaplích, tedy na tradičních místech, která sovy s oblibou využívají k hnízdění. Nejvíce se osvědčily budky o rozměrech 100 cm × 45 cm × 45 cm, s vletovým otvorem o velikosti 15 × 15 cm a stínící přepážkou uvnitř. Z důvodu ochrany před predátory, v našich podmínkách zejména před kunou skalní, pro kterou jsou vejce a mláďata ptáků včetně sov hlavní složkou potravy, musí být vletový otvor zabezpečen oplechováním po celém jeho obvodu (Poprach 2011) a budka by se neměla nacházet blíže než 3 m od nejbližší možné odrazové plochy, aby kuna do vletového otvoru nemohla přeskočit (Pokorný 2014). Od roku 1998 bylo nainstalováno více než 3000 hnízdních budek.

Informace získané z kontroly budek a z kroužkování mláďat umožňují určit mimo jiné mortalitu mláďat sovy pálené v České republice. Poprach (2009) zjistil, že přibližně jedna třetina mláďat z prvního (jarního) vrhu nepřežije kritický první půl rok svého života, u mláďat z druhého vrhu jsou to dokonce až dvě třetiny. Celková úmrtnost sovy pálené v prvním roce života meziročně kolísá okolo 62–72 %, průměrný věk uhynulých jedinců je pouhých 368 dní, ačkoli sova pálená se ve výjimečných případech může dožít i více než 20 let. Takto vysoká úmrtnost je způsobena výše uvedenými faktory, nebezpečími, která číhají na mnoho druhů sov, především střety ptáků se silniční i železniční dopravou. Až 74 % z celkové mortality evropských sov jsou úmrtí na silnicích (Poprach 2007), ačkoli toto číslo může být mírně nadhodnoceno, protože mrtvé sovy na komunikacích jsou dobře viditelné a snadněji rozpoznatelné než v jiných prostředích. K dalším příčinám mortality patří predace kunou skalní, nedostatek potravy v obdobích s nízkou početností hraboše polního, nebo uvíznutí v různých technických zařízeních, nádržích a potrubích.

Zjištění takto vysoké úmrtnosti znamená, že pokud by nebyla realizována účinná ochrana sovy pálené v České republice napomáháním hnízdění (právě instalací zmiňovaných hnízdnicích budek na vhodná místa), osvětou veřejnosti a odstraňováním technických nástrah, mohlo by se stát, že pozorování sovy pálené na českém území se stane pouze ojedinělou raritou. Abychom tomuto scénáři zabránili, je nutné pokračovat ve studiu a ochraně této sovy a snažit se o maximální zefektivnění ochranných programů. K tomu je potřebné zjistit, co vše a jak ovlivňuje hnízdění, produktivitu a přežití sovy pálené v našich podmínkách.



## Cíle práce

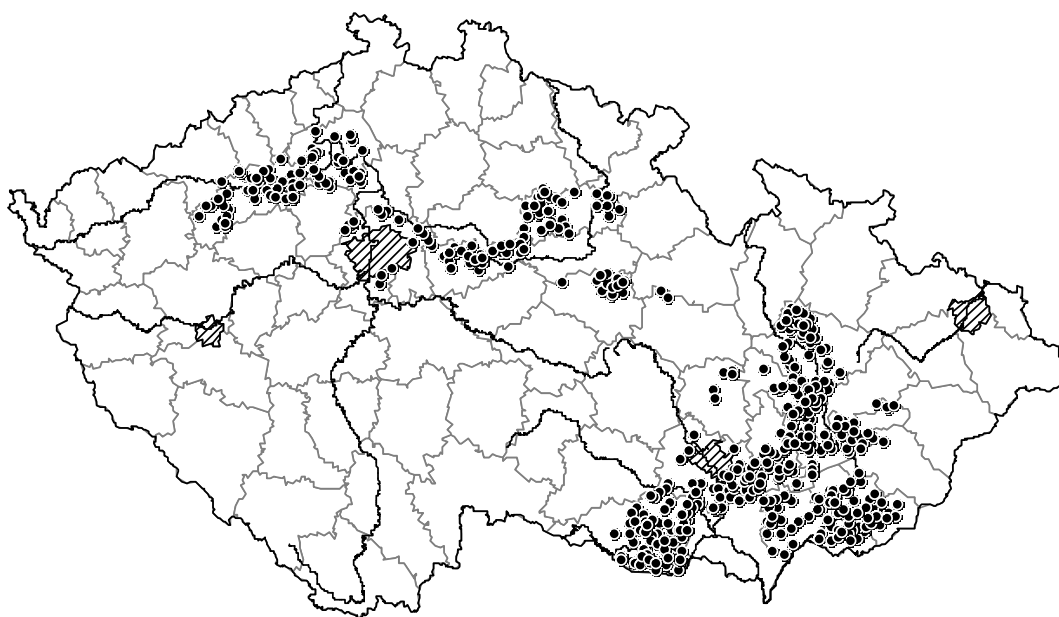
Cílem této práce je s pomocí dat, získaných z monitoringu více než 2000 hnízdních budek pro sovu pálenou, instalovaných a kontrolovaných mezi lety 1998 a 2013, zjistit, existuje-li souvislost mezi charakteristikami prostředí, jako jsou nadmořská výška, meteorologické charakteristiky území, vegetační pokryv apod., a produktivitou sovy pálené, charakterizovanou počtem hnízdění, počtem snesených vajec, počtem vylíhlých mláďat a počtem vyvedených mláďat. Případné nalezené souvislosti by mohly pomoci pochopit příčiny a průběh úbytku početnosti sovy pálené na našem území a případně pomoci zefektivnit ochranu této sovy. V bakalářské práci budu hledat odpovědi na následující specifické otázky:

1. Je produktivita sovy pálené závislá na nadmořské výšce, která může ovlivnit množství a složení potravy?
2. Je produktivita sov ovlivněna klimatickými a krajinnými charakteristikami daného území?
3. Odpovídají parametry produktivity konzistentně na vlivy faktorů prostředí?

## Materiál a metody

### Data o produktivitě sovy pálené

Produktivita sovy pálené je charakterizována počtem hnízdění, počtem vajec v hnízdě, počtem vylíhlých mlád'at a zejména počtem vyvedených mlád'at. Data o těchto počtech byla získána při kontrolách hnízděních budek pro sovu pálenou v letech 1998–2013 v 17 okresech České republiky: Brno, Blansko, Chrudim, Hodonín, Hradec Králové, Kolín, Kroměříž, Louny, Litoměřice, Olomouc, Prostějov, Praha, Svitavy, Uherské Hradiště, Vyškov, Zlín a Znojmo (obr. 1). Z údajů o jednotlivých případech hnízdění jsem pro účely této práce vypočítala průměr pro každý ze sledovaných okresů a jeho střední chybu (SE). Jelikož se liší počty sledovaných budek v jednotlivých okresech, použila jsem průměry vážené, kdy váhou je počet obsazených budek, aby všechny okresy mohly být v analýze brány jako rovnocenné. Umělé hnízdění budky (obr. 2) mají rozměry 100 cm délka × 45 cm šířka × 45 cm výška. Mají oplechovaný vletový otvor o velikosti 15 × 15 cm a stínící přepážku uvnitř. Budky byly rozmístěny převážně v hospodářských a církevních objektech, na vhodných místech, jakými jsou trámy pod střechou stodol a kostelní věže. Poloha každé budky je určena přesnými zeměpisnými



Obr. 2. Mapka znázorňující distribuci umělých hnízděních budek (černé body) v okresech České republiky. Hranice okresů, jsou vyznačeny šedě.

souřadnicemi, nadmořskou výškou, ve které se nachází a okresem (v době instalace většiny budek se ještě používalo členění ČR na okresy, pro účely této práce jsem toto členění zachovala).

Při pravidelných kontrolách budek, které probíhaly dvakrát ročně, bylo zjišťováno, zda je budka používána, pokud ano, tak jakým druhem (mnohé budky jsou využívány nejen sovou pálenou, ale i dalšími druhy ptáků) a nachází-li se v ní vejce či mláďata sovy pálené. V případě pozitivního nálezu byla vejce spočítána, případná nalezená mláďata byla okroužkována, aby bylo umožněno jejich další sledování, a všechny výsledky byly zaznamenány. Kontroly těchto budek prováděli ornitologové kroužkující ptáky.

### Charakteristiky prostředí

Ve své práci jsem zjišťovala, jak konkrétní charakteristiky prostředí ovlivňují produktivitu sovy pálené. Těmito charakteristikami prostředí jsou zeměpisné proměnné: nadmořská výška hnízda, nadmořská výška okresu, nadmořská výška bezlesých oblastí, střední zeměpisná délka okresu a střední zeměpisná šířka okresu. Ke krajinným charakteristikám, které jsem použila v práci jako prediktory, patří: zastoupení zastavěných ploch, zastoupení vodních ploch, zastoupení lesních pozemků, zastoupení



Obr. 3 Hnízdní budka pro sovu pálenou pod střechou hospodářské budovy v Šumicích na Znojemsku. (Foto: Karel Poprach)

zemědělské půdy a zastoupení orné půdy. Ke klimatickým charakteristikám, které jsem v práci použila, patří: počet letních dnů (letní den je v meteorologické terminologii den, kdy maximální teplota vzduchu dosáhne hodnoty alespoň 25 °C, počet dnů s teplotou nad 10 °C, počet mrazových dnů (mrazový den je den, kdy minimální naměřená teplota vzduchu je nižší než 0 °C, počet ledových dnů (ledový den je den, kdy maximální teplota vzduchu je nižší než 0 °C, počet dnů se srážkami nad 1 mm, srážkový úhrn za vegetační období (celková výška vodního sloupce srážek v mm za vegetační období), srážkový úhrn za zimu, počet dní se sněhovou pokrývkou, počet dní se zamračenou oblohou, počet jasných dní (dní, kdy průměrná oblačnost byla menší než 0,2, průměrná teplota vzduchu v lednu, dubnu, červenci a říjnu. Všechny zeměpisné, krajinné a klimatické charakteristiky okresů jsem získala prostřednictvím GIS z dat sesbíraných v letech 1960–1990 pro každý ze sledovaných okresů.

### Statistická analýza

Statistickou analýzu vztahu mezi produkčními charakteristikami sovy pálené a podmínkami prostředí jsem prováděla pomocí programu R (R Core Team 2015). Vztah mezi charakteristikami prostředí a produkčními charakteristikami sovy pálené jsem analyzovala lineární regresí. Lineární regrese se používá na zjištění vztahu mezi závislou proměnnou (v našem případě reprodukční charakteristiky sovy pálené) a vysvětlující proměnnou (v našem případě charakteristiky prostředí), zjišťujeme, do jaké míry je variabilitu závislé proměnné možné vysvětlit lineární závislostí na vysvětlující proměnné (Quinn a Keough 2003). Lineární regrese je charakterizována obecnou rovnicí  $y_i = \alpha + \beta x_i + \varepsilon_i$ , kde  $y$  je závislá proměnná,  $x$  vysvětlující proměnná,  $\alpha$ ,  $\beta$  jsou regresní koeficienty (intercept a směrnice) a  $\varepsilon$  náhodná chyba. Směrnice, jejichž 95% spolehlivostní interval (CI) nezahrnoval 0, jsem považovala za významně odlišné od nuly a regrese za signifikantní. Spolehlivostní interval jsem vypočítala pomocí funkce `confint`. Protože data získaná opakovaně ze stejného hnízda nejsou nezávislá, aplikovala jsem generalizované lineární smíšené modely (GLMM). Zde jsem předpokládala normální distribuci reziduí. Náhodným efektem byla identita hnízdního místa. K regresní analýze jsem použila funkci `lmer`. K otestování nelinearity odpovědi jsem také použila neparametrickou regresi implementovanou pomocí funkce `loess`. Analýza vlivu nadmořské výšky byla provedena na úrovni budek, protože jsem měla k dispozici jak data pro sovu, tak pro nadmořskou výšku. Analýzy účinků klimatických proměnných byly provedeny na úrovni okresů ( $n = 17$ ) za pomocí funkce `lm`. Všechny

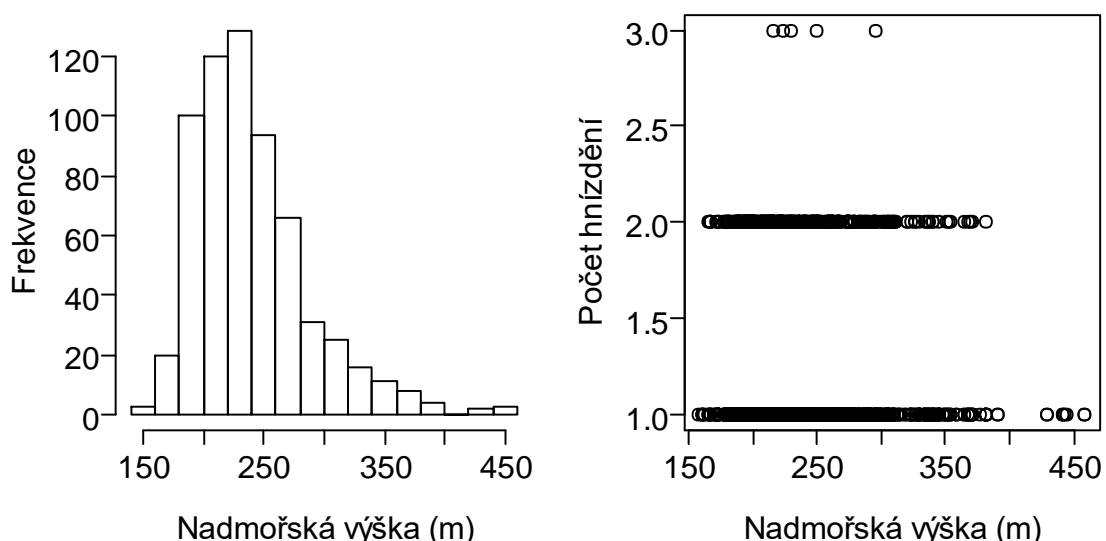
regrese byly vážené. Jako váhu jsem použila reciprokou hodnotu vzorkovací variance průměru, tj.  $1/(SE)^2$ . Protože proměnné charakterizující prostředí indikovaly účinky prostředí na počet vylíhlých mláďat, provedla jsem ještě analýzu úspěšnosti líhnutí. Úspěšnost líhnutí jsem definovala jako proporcí vylíhlých mláďat z celkového počtu snesených vajec na daném hnízdě. Úspěšnost se tak vztahuje k hnízdnímu místu v daném roce, nikoliv ke snůšce. Proporce vylíhlých mláďat byla v závislosti na počtu snesených vajec popsána pomocí neparametrické regrese (funkce loess). Její vztah k nadmořské výšce byl popsán na úrovni okresů pomocí vážené lineární regrese. Pro srovnání jsem přidala také závislost proporce vyvedených mláďat z celkového počtu snesených vajec na nadmořské výšce.

## Výsledky

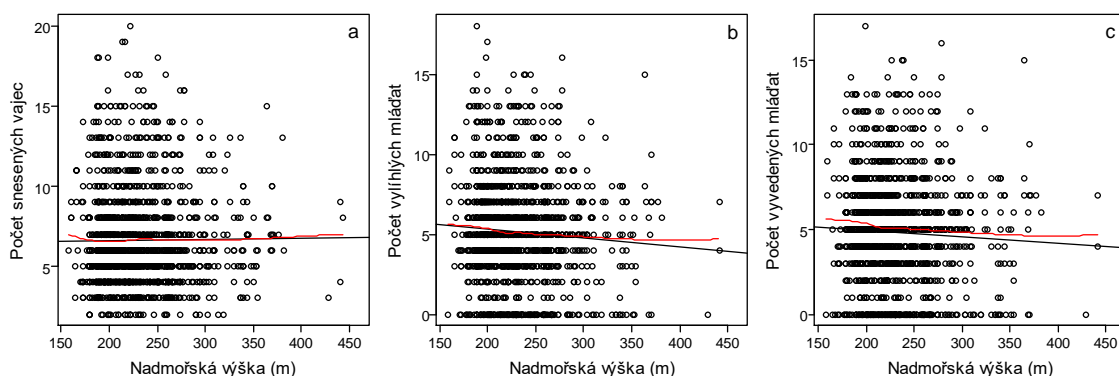
### Zeměpisné charakteristiky

Celkem jsem analyzovala 635 různých hnízd sovy pálené situovaných od nadmořské výšky 158 m až do 459 m. Pro 632 z nich jsem měla údaj o nadmořské výšce. Ukázalo se, že zhruba 80 % budek se nacházelo mezi nadmořskými výškami od 175 m do 275 m (obr. 4). Počet hnízd s rostoucí nadmořskou výškou klesá, v polohách nad 400 m n. m. probíhá hnízdění již jen ojediněle. Počet hnízdění v jedné sezóně v podstatě kopíruje tuto distribuci (obr. 4)

Regresní analýza počtu snesených vajec v jedné snůšce pomocí GLMM neprokázala závislost na nadmořské výšce, ve které se nachází hnízdo (směrnice = 0,0009, 95% CI -0.003 až 0.0048,  $n = 1443$ , obr. 5a). Maximální zaznamenaný počet byl 20 vajec v jednom hnízdě v nadmořské výšce 250 m. Vysoké počty vajec (10 a více na jedno hnízdo) byly zaznamenány v polohách 175–375 m n. m., nízké počty vajec (5 a méně na jedno hnízdo) byly zaznamenány v polohách 160–450 m n. m.



Obr. 4. Distribuce nadmořských výšek, ve kterých byla sledována hnízda sovy pálené (vlevo) a počty hnízdění během jedné roční sezóny (vpravo).

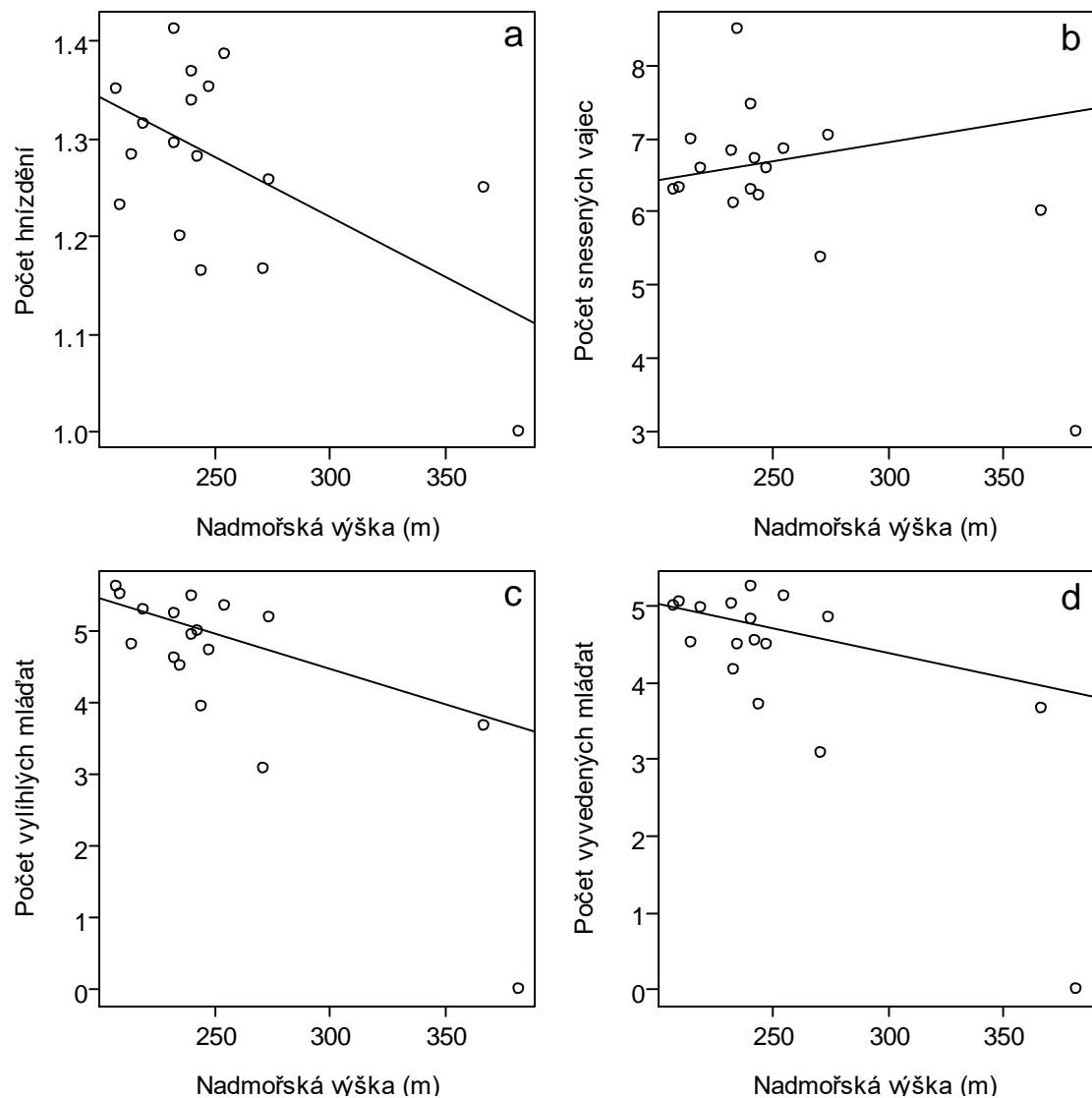


Obr. 5. Závislost počtu snesených vajec (a), počtu vylíhlých mláďat (b) a počtu vyvedených mláďat (c) na nadmořské výšce. Černá čára zobrazuje regresi pomocí GLMM, zatímco červená křivka zobrazuje neparametrickou regresi odhadnutou pomocí funkce loess.

Počet vylíhlých mláďat nepatrně klesá s rostoucí nadmořskou výškou (směrnice =  $-0.0056$ , 95% CI  $-0.0099$  až  $-0.0012$ ,  $n = 1369$ , obr. 5b). Nejvyšší počet vylíhlých mláďat (18) byl zaznamenán v nadmořské výšce přibližně 190 m. Nadprůměrné množství vylíhlých mláďat (10 a více), bylo zaznamenáno v nadmořských výškách 170–370 m.

Závislost mezi počtem vyvedených mláďat sovy pálené a nadmořskou výškou hnízda se nepodařilo prokázat (směrnice =  $-0.0037$ , 95% CI  $-0.0079$  až  $0.0005$ ,  $n = 1368$ , obr. 5c). Nejvyšší zaznamenaný počet vyvedených mláďat byl 17 ve výšce 200 m n. m. Vysoký počet vyvedených mláďat na hnízdo (10 a více mláďat) byl zaznamenán v polohách od 170 do přibližně 380 m n. m.

Stejnou analýzu jsem provedla na úrovni okresů (obr. 6). Nepodařilo se najít souvislost mezi průměrnou nadmořskou výškou okresu a průměrným počtem hnízdění, které probíhá v budkách v tomto okrese (směrnice =  $-0.0012$ , 95% CI  $-0.0025$  až  $0.00005$ ,  $df = 15$ ). Nejvyšší průměrný počet hnízdění na budku byl pozorován v okresech s průměrnou nadmořskou výškou 300–350 m n. m. Rovněž nebyla nalezena souvislost mezi průměrnou nadmořskou výškou okresu a průměrným počtem vajec na hnízdo v budkách v tomto okrese (směrnice =  $0.0053$ , 95% CI  $-0.0029$  až  $0.0135$ ,  $df = 14$ ). Průměrný počet vajec v jednotlivých okresech se příliš neliší, ve většině z nich se pohybuje mezi pěti a sedmi vejci na hnízdo. Stejně tak se s nadmořskou výškou okresu neměnil počet vylíhlých mláďat (směrnice =  $-0.0099$ , 95% CI  $-0.0201$  až  $0.0002$ ,  $df = 14$ ) a počet vyvedených mláďat (směrnice =  $-0.0063$ , 95% CI  $-0.0160$  až  $0.0033$ ,  $df = 14$ ).



Obr. 6 Závislost průměrného počtu hnízdění (a), průměrného počtu snesených vajec (b), průměrného počtu vylíhlých mláďat (c) a průměrného počtu vyvedených mláďat (d) sovy pálené (na jedno hnízdo) na průměrné nadmořské výšce okresu, ve kterém hnízdění probíhá.

Na úrovni okresů jsem rovněž testovala vliv průměrné nadmořské výšky jen bezlesých oblastí získané pomocí GIS. Průměrný počet hnízdění, počet snesených vajec, počet vylíhlých mláďat a počet vyvedených mláďat nebyly závislé na průměrné nadmořské výšce okresu (průměrný počet hnízdění: směrnice =  $-0.0006$ , 95% CI  $-0.0016$  až  $0.0003$ ,  $df = 15$ ; průměrný počet snesených vajec: směrnice =  $-0.002$ , 95% CI  $-0.004$  až  $0.008$ ,  $df = 14$ ; průměrný počet vylíhlých mláďat: směrnice =  $-0.003$ , 95% CI  $-0.010$  až  $0.004$ ,  $df = 14$ ; průměrný počet vyvedených mláďat: směrnice =  $-0.0007$ ,



Tabulka 1. Výsledky statistické analýzy vlivu zeměpisných proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.

Proměnná	Směrnice	Dolní mez	Horní mez	Stupně volnosti
Střední zeměpisná délka				
Počet hnízdění	0,022	-0,011	0,055	15
Počet snesených vajec	-0,0007	-0,1775	0,1761	14
Počet vylíhlých mláďat	0,010	-0,104	0,304	14
Počet vyvedených mláďat	0,087	-0,097	0,271	14
Střední zeměpisná šířka				
Počet hnízdění	-0,061	-0,131	0,010	15
Počet snesených vajec	0,065	-0,328	0,459	14
<b>Počet vylíhlých mláďat</b>	<b>-0,455</b>	<b>-0,842</b>	<b>-0,068</b>	<b>14</b>
<b>Počet vyvedených mláďat</b>	<b>-0,415</b>	<b>-0,761</b>	<b>-0,069</b>	<b>14</b>

95% CI -0.0073 až 0.0059,  $df = 14$ ). Nejvyšší průměrný počet hnízdění na budku byl pozorován v okresech s průměrnou nadmořskou výškou 300–350 m.

Pomocí vážené regrese jsem neprokázala vliv střední zeměpisné délky na produktivitu sovy pálené, který by naznačoval změnu klimatických faktorů směrem na východ (tab. 1). Rostoucí střední zeměpisná šířka okresu měla ale negativní vliv na počet vylíhlých a vyvedených mláďat. Tento vliv nebyl potlačen v kombinovaném modelu, který zahrnoval jak střední zeměpisnou šířku, tak nadmořskou výšku.

#### Vlivy krajinných a klimatických proměnných

Krajinné proměnné se ukázaly být slabými prediktory produktivity sovy pálené, neboť ani jedna z 5 testovaných proměnných (proporce zastavěné plochy, proporce vodních ploch, proporce lesních pozemků, proporce zemědělských pozemků a proporce orné půdy) neměla vliv (tab. 2). Stejně tak vliv klimatických proměnných charakterizujících sledované okresy byl malý (tab. 3–5). Významný účinek byl prokázán pouze u 2 z nich: počtu jasných dnů v roce a srážkového úhrnu za vegetační období. S rostoucím počtem jasných dnů rostl počet vylíhlých mláďat. S rostoucím množstvím srážek počet vylíhlých mláďat naopak klesal.

Tabulka 2. Výsledky statistické analýzy vlivu krajinných proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.

Proměnná	Směrnice	Dolní mez	Horní mez	Stupně volnosti
Proporce zastavěných ploch				
Počet hnízdění	-2,95	-10,52	4,61	15
Počet snesených vajec	-25,2	-55,6	5,12	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,64	-44,26	42,99	14
Počet vyvedených mláďat	-8,25	-45,59	29,09	14
Proporce vodních ploch				
Počet hnízdění	-0,30	-10,42	9,83	15
Počet snesených vajec	-30,4	-70,7	9,9	14
Počet vylíhlých mláďat	-7,98	-62,51	46,55	14
Počet vyvedených mláďat	-17,8	-65,7	30,2	14
Proporce lesních pozemků				
Počet hnízdění	-0,051	-0,694	0,592	15
Počet snesených vajec	-0,096	-3,353	3,161	14
Počet vylíhlých mláďat	1,77	-2,14	5,69	14
Počet vyvedených mláďat	1,87	-1,60	5,33	14
Proporce zemědělských pozemků				
Počet hnízdění	0,14	-0,43	0,71	15
Počet snesených vajec	0,24	-2,47	2,94	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,99	-4,33	2,34	14
Počet vyvedených mláďat	-0,88	-3,86	2,09	14
Proporce orné půdy				
Počet hnízdění	0,21	-0,28	0,70	15
Počet snesených vajec	0,64	-1,66	2,94	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,17	-3,07	2,74	14
Počet vyvedených mláďat	0,54	-2,54	2,65	14

Tabulka 3. Výsledky statistické analýzy vlivu klimatických proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.

Proměnná	Směrnice	Dolní mez	Horní mez	Stupně volnosti
Počet letních dnů				
Počet hnízdění	0,0045	-0,0026	0,0117	15
Počet snesených vajec	-0,023	-0,059	0,013	14
Počet vylíhlých mláďat	0,032	-0,013	0,077	14
Počet vyvedených mláďat	0,018	-0,024	0,060	14
Počet dní s teplotou nad 10 °C				
Počet hnízdění	0,0043	-0,0028	0,0114	15
Počet snesených vajec	-0,020	-0,055	0,015	14
Počet vylíhlých mláďat	0,031	-0,012	0,074	14
Počet vyvedených mláďat	0,016	-0,024	0,056	14
Počet mrazových dnů v roce				
Počet hnízdění	-0,004	-0,012	0,004	15
Počet snesených vajec	0,017	-0,026	0,061	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,017	-0,073	0,039	14
Počet vyvedených mláďat	-0,003	-0,054	0,048	14
Počet ledových dnů za rok				
Počet hnízdění	-0,013	-0,035	0,010	15
Počet snesených vajec	0,054	-0,072	0,179	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,050	-0,214	0,115	14
Počet vyvedených mláďat	-0,025	-0,177	0,127	14
Počet jasných dnů za rok				
Počet hnízdění	0,012	-0,008	0,031	15
Počet snesených vajec	-0,059	-0,148	0,030	14
<b>Počet vylíhlých mláďat</b>	<b>0,124</b>	<b>0,032</b>	<b>0,216</b>	<b>14</b>
Počet vyvedených mláďat	0,089	-0,0004	0,178	14
Počet dnů se zataženou oblohou za rok				
Počet hnízdění	-0,005	-0,014	0,004	15
Počet snesených vajec	0,032	-0,009	0,073	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,048	-0,096	0,0003	14
Počet vyvedených mláďat	-0,030	-0,076	0,016	14

Tabulka 4. Výsledky statistické analýzy vlivu klimatických proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.

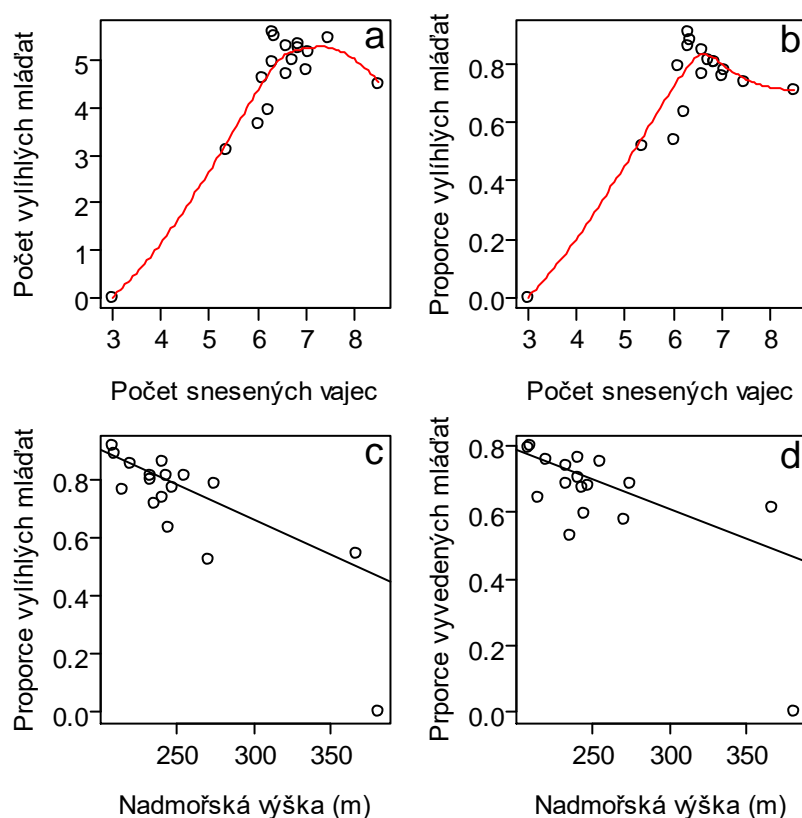
Proměnná	Směrnice	Dolní mez	Horní mez	Stupně volnosti
Počet dnů se sněhovou pokrývkou				
Počet hnízdění	-0,003	-0,010	0,004	15
Počet snesených vajec	0,013	-0,025	0,051	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,021	-0,069	0,028	14
Počet vyvedených mláďat	-0,009	-0,054	0,035	14
Počet dnů se srážkami nad 1 mm				
Počet hnízdění	-0,004	-0,012	0,004	15
Počet snesených vajec	0,019	-0,020	0,058	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,044	-0,088	0,001	14
Počet vyvedených mláďat	-0,030	-0,073	0,012	14
Srážkový úhrn za vegetační období				
Počet hnízdění	-0,0009	-0,0029	0,0012	15
Počet snesených vajec	0,004	-0,006	0,014	14
<b>Počet vylíhlých mláďat</b>	<b>-0,012</b>	<b>-0,023</b>	<b>-0,0006</b>	<b>14</b>
Počet vyvedených mláďat	-0,008	-0,019	0,002	14
Srážkový úhrn za zimu				
Počet hnízdění	-0,0009	-0,0053	0,0034	15
Počet snesených vajec	-0,0016	-0,0247	0,0216	14
Počet vylíhlých mláďat	-0,018	-0,046	0,010	14
Počet vyvedených mláďat	-0,016	-0,042	0,009	14

Tabulka 5. Výsledky statistické analýzy vlivu klimatických proměnných na produktivitu sovy pálené v okresech České republiky. V tabulce jsou uvedeny hodnoty směrnic vážené lineární regrese a její 95% meze spolehlivosti.

Proměnná	Směrnice	Dolní mez	Horní mez	Stupně volnosti
Průměrná teplota v lednu				
Počet hnízdění	0,031	-0,259	0,321	15
Počet snesených vajec	-0,21	-1,59	1,18	14
Počet vylíhlých mláďat	0,62	-1,16	2,39	14
Počet vyvedených mláďat	0,19	-1,41	1,79	14
Průměrná teplota v dubnu				
Počet hnízdění	0,045	-0,039	0,128	15
Počet snesených vajec	-0,22	-0,63	0,18	14
Počet vylíhlých mláďat	0,40	-0,08	0,88	14
Počet vyvedených mláďat	0,23	-0,22	0,68	14
Průměrná teplota v červenci				
Počet hnízdění	0,049	-0,041	0,139	15
Počet snesených vajec	-0,27	-0,67	0,14	14
Počet vylíhlých mláďat	0,37	-0,13	0,87	14
Počet vyvedených mláďat	0,21	-0,26	0,67	14
Průměrná teplota v říjnu				
Počet hnízdění	0,049	-0,041	0,139	15
Počet snesených vajec	-0,29	-0,68	0,11	14
Počet vylíhlých mláďat	0,44	-0,38	0,91	14
Počet vyvedených mláďat	0,26	-0,19	0,71	14

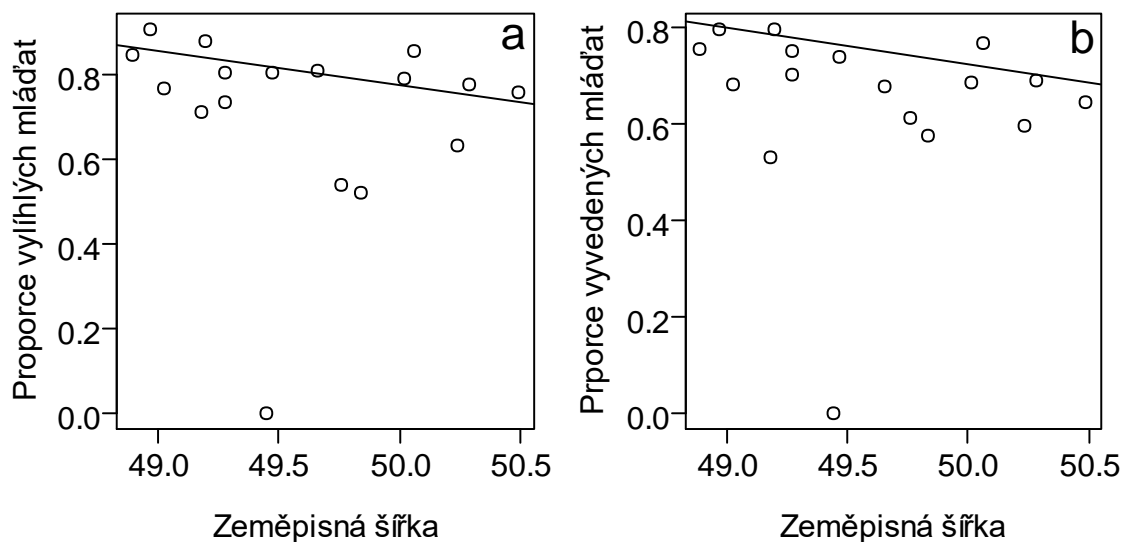
## Úspěšnost líhnutí

Závislost úspěšnosti líhnutí na počtu snesených vajec byla nelineární s maximem. Protože proměnné charakterizující prostředí indikovaly vliv pouze na počet vylíhlých mláďat, provedla jsem analýzu úspěšnosti líhnutí v závislosti na nadmořské výšce. Proporce vylíhlých mláďat skutečně klesala s nadmořskou výškou (směrnice =  $-0.0024$ , 95% CI  $-0.0036$  až  $-0.0012$ ). Stejně tak klesala také proporce vyvedených mláďat z celkového počtu snesených vajec (směrnice =  $-0.0017$ , 95% CI  $-0.0030$  až  $-0.0006$ , obr. 7)



Obr. 7. (a) Závislost počtu vylíhlých mláďat sovy pálené na počtu snesených vajec (neparametrická regrese). (b) Závislost proporce vylíhlých mláďat na počtu snesených vajec (neparametrická regrese). (c) Průměrná proporce vylíhlých mláďat v závislosti na průměrné nadmořské výšce hnízd v daném okrese (vážená lineární regrese). (d) Průměrná proporce vyvedených mláďat v závislosti na průměrné nadmořské výšce hnízd v daném okrese (vážená lineární regrese).

Otestovala jsem také vliv střední zeměpisné šířky na líhnutí a vyvádění mláďat. Stejně jako případě nadmořské výšky, i zeměpisná šířka měla negativní vliv na proporci vylíhlých (směrnice =  $-0.081$ , 95% CI  $-0.144$  až  $-0.019$ ) a vyvedených mláďat (směrnice =  $-0.075$ , 95% CI  $-0.127$  až  $-0.024$ ; obr. 8).



Obr. 8. Závislost proporce vylíhlých mláďat (a) a vyvedených mláďat (b) sovy pálené na střední zeměpisné šířce okresu.

## Diskuze

V předložené bakalářské práci se zabývám vlivem charakteristik prostředí na produktivitu sovy pálené. Pomocí regresní analýzy jsem na kroužkovacích datech sesbíraných v letech 1998 až 2013 zjistila, že ze zkoumaných charakteristik mají vliv na produktivitu pouze nadmořská výška, střední zeměpisná šířka, průměrný počet jasných dní za rok a průměrný srážkový úhrn za vegetační období. Samotný vliv nadmořské výšky byl negativní (produktivita klesá se vzrůstající nadmořskou výškou), korelující s vlivem zeměpisné šířky.

### Nadmořská výška

V případě srovnání počtu hnízdění v hnízdnicích budkách a nadmořské výšky každé konkrétní budky se ukázalo, že zatímco ve výšce okolo 200 m n. m. se často vyskytují 2 hnízdění ročně a někdy dokonce i 3, ve výškách 400 m n. m. a vyšších sova pálená hnízí obvykle jen jednou za rok. Druhé a třetí hnízdění je ale relativně velmi vzácné (Pavluvcík et al. 2015) a může proto souviset s četnostní distribucí hnízd v České republice. V četnějších nadmořských výškách lze očekávat také vyšší pravděpodobnost, že opakované hnízdění bude zachyceno. Klesající četnost hnízdění se stoupající výškou se dá proto vysvětlovat různě, především jako výsledek distribuce nadmořských výšek, ale také vlivem dalších faktorů. Z nich by nejdůležitější mohly být faktory klimatické, neboť ve vyšších nadmořských výškách jsou obvykle delší a silnější zimy. Z toho vyplývá, že první hnízdění zde nastává později než v nížinách a optimální podmínky pro hnízdění trvají kratší dobu, takže druhé nebo dokonce třetí hnízdění se za tuto kratší příznivou dobu nestihne. Zároveň vysoko položené lokality nemusí být optimální z hlediska potravních zdrojů. Ve vyšších polohách je totiž méně zastoupena kulturně-zemědělská krajina, kterou sova pálená v posledních desetiletích vyhledává a v níž nachází svou nejobvyklejší kořist, hraboše polního.

Tento fakt ovlivnil i samotné instalace budek. Bylo zjištěno a při kontrolách hnízd pravidelně potvrzováno (Poprach 1999, 2001), že nejvíce sov hnízí ve výškách 200–250 m n. m., a proto bylo v těchto výškách instalováno nejvíce hnízdnic budek. Můžeme zde pozorovat podobnost mezi středoevropskou populací sovy pálené a populací britských ostrovů. V jihozápadní Anglii se podle průzkumu z let 1998–2001,



98,2 % hnízdišť nacházela v nadmořské výšce do 250 m n. m. a jen 23,8 % hnízdišť bylo nalezeno výše než 150 m n. m. (Batey 2013).

Prokazatelný vliv měla nadmořská výška na počet vylíhlých mlád'at. Nejvyšší byl ve výškách okolo 200 m n. m., kde často docházelo k vylíhnutí více než 10 mlád'at, v několika případech i více než 15 mlád'at. Je to zajímavé i proto, že co se týče počtu snesených vajec a počtu vyvedených mlád'at, korelace s nadmořskou výškou nalezena nebyla.

Příčiny nižší úspěšnosti líhnutí ve vyšších polohách lze vysvětlovat různě. Průběh a úspěšnost líhnutí jsou závislé na mnoha faktorech. Důležitý je zdravotní stav samice i samce, počet vylíhlých a vyvedených mlád'at ovlivňuje i zamoření parazity (Richner et al. 1993). Se zdravotním stavem souvisí i věk hnízdících jedinců, kdy oba extrémy – příliš mladí i příliš staří jedinci, mohou snižovat fertilitu. Smrt embryí může být způsobena vývojovými poruchami plynoucími z genových vad, nedostatku živin či špatné pozice zárodku ve vejci (EF 2014). Pokud dojde k mechanickému poškození vajec, ať už inkubující samicí v důsledku náhody či stresu (stres může být zaviněn přítomností predátora i nevhodnou přítomností člověka, vyrušováním samice na hnízdě, antropogenním hlukem, nedostatkem potravy) či již vylíhlými mlád'aty, šance na jejich úspěšné vylíhnutí se rapidně snižuje, obzvlášť při poškození celistvosti skořápky. Líhnutí ovlivňuje i množství a složení potravy a také počasí. Při nižších teplotách vzduchu je sezení na vejcích obvykle delší a sedící samice potřebuje více potravy, jelikož k zahřátí vajec musí vynaložit více energie (Gill 2007).

Některé z výše uvedených faktorů by se mohly měnit se vzrůstající nadmořskou výškou a vysvětlit tak naše výsledky. Nemáme důvod se domnívat, že se s nadmořskou výškou mění zdravotní stav nebo narůstá procento genových mutací, stejně tak se nezdá být nadmořskou výškou ovlivněno stáří hnízdících ptáků ani množství antropogenního či predačního stresu. Hlavní predátor sovy pálené, kuna skalní, nevykazuje zvyšování početnosti s nadmořskou výškou, ale korelaci spíše negativní (Sacchi a Meriggi 1995).

Množství a složení potravy se však s výškou měnit může. Sova pálená reaguje na dostatečné množství potravy počtem hnízdění a velikostí snůšky, vytváří sice velké množství vajec, ale nutriční výdej na jedno vejce je minimální možný (r-strategie), čímž riskuje nevyvinutí vajec vlivem nedostatku živin, jedná se zejména o aminokyseliny, jejichž obsah v jednotlivých druzích kořisti liší. Nadmořská výška může znamenat jak menší množství potravy oproti níže položeným (a často více zemědělským) oblastem,

tak i její měnící se složení a tedy rozdílné množství živin ve stejném objemu potravy (van den Burg 2009). Vliv na menší počet vylíhlých mlád'at ve vyšších polohách může mít také počasí, se vzrůstající výškou teplota klesá, čímž může být hnízdění prodlouženo a inkubace pro samici ztížena nutností většího energetického výdaje na udržení ideální teploty vajec.

Nižší počet vylíhlých mlád'at v souvislosti s vyšší nadmořskou výškou by mohl být způsoben také rozdílným tlakem, teplotou nebo vlhkostí přímo působící na vejce v různých nadmořských výškách. Maximální výškový rozdíl mezi snůškami s nejvyšším a nejnižším počtem vylíhlých mlád'at je 250 metrů, což v daném výškovém rozmezí 200–450 m n. m. znamená tlakový rozdíl asi 3 kPa (výpočet tlaků pomocí barometrické rovnice  $p = p_0 e^{-\frac{\rho_0 \cdot g \cdot \Delta h}{p_0}}$ ). Výrazný vliv menšího relativního množství kyslíku a tím i hrozící fatální hypoxie zárodků ve vejcích je však nepravděpodobný, protože při těchto rozdílech tlaku je rozdíl v relativním množství kyslíku jen 3 % (Baillie 2010). Při průměrném výškovém teplotním gradientu 0,65 °C na 100 m (Jiřík 2016) rozdíl teplot mezi hnízdy s nejvyšším a nejnižším počtem vylíhlých mlád'at činí přibližně 1,6 °C. Samotný vliv nižší teploty na líhnutí mlád'at je ale nepravděpodobný, protože při srovnávání průměrných teplot na úrovni okresů jsme ho nepotvrdili. Příliš nízká vlhkost při inkubaci může zapříčinit deformace aortálního oblouku zárodku (EF 2014), změna vlhkosti v souvislosti se zkoumaným výškovým teplotním gradientem je však v desetinách g/m<sup>3</sup>, její vliv je tedy zanedbatelný.

Byl zkoumán vliv rozdílných nadmořských výšek na líhnutí vajec kura domácího (Besch et al. 1971). Bylo zjištěno nižší procento vylíhnutých mlád'at ve vyšší nadmořské výšce a zaznamenány rozdíly v pórovitosti vajec, kdy u vajec ve vyšší nadmořské výšce jsou póry redukovány v důsledku hypoxie a tím je zabráněno přílišným ztrátám vody z vejce (ve větších výškách by při stejné pórovitosti skořápky kvůli menší hustotě vzduchu docházelo k většímu výparu), avšak výzkum porovnával líhnutí v polohách 0 m n. m. s líhnutím ve více než 3000 m n.m. Ve srovnání s těmito hodnotami je náš porovnávaný výškový rozdíl zanedbatelný a proto můžeme větší přímý fyzikální vliv nadmořské výšky na vyvíjející se vejce nejspíše vyloučit.

Jelikož mlád'ata sovy pálené se líhnou asynchronně, v intervalech 2–3 dní, ve kterých byla snášena vejce, možné změny podmínek okolí v době inkubace mohou ovlivnit jen část vajec, např. ta, nacházející se v nižších vývojových fázích (první tři dny inkubace jsou pro vývoj embrya zásadní a určují až 80 % mortality embryí (van den

Burg 2002). Budeme-li předpokládat, že změny vnějších podmínek jsou se vzrůstající nadmořskou výškou výraznější a častější, můžeme nižší celkový počet vylíhlých mlád'at spojovat právě se změnami těchto podmínek. Konkrétně se může jednat např. o kolísání teploty vzduchu, kdy při snížení teploty může dojít k podchlazení části vajec.

Měli bychom uvážit i možný vliv nadmořské výšky na množství neoplozených vajec ve snůšce. Neoplozená vejce se objevují zpravidla, pokud poklesne frekvence páření mezi samcem a samicí (k páření mezi sovami pálenými dochází opakovaně), což se může stát při nedostatku energie samice způsobené nedostatečným množstvím a kvalitou potravy, nebo z důvodu, že samec necítí možnou konkurenci jiných samců. Intenzita páření se tak obvykle snižuje po tom, co samice začne inkubovat vejce a neopouští budku, může však být zapříčiněna i nízkým počtem jiných sameců v dosažitelném okolí hnízda (van den Burg 2002). Nižší abundance sovy pálené ve vyšších nadmořských výškách tak může sama ovlivňovat produktivitu.

#### Zeměpisná šířka

Zatímco vliv zeměpisné délky a tedy efekt inklinace západních oblastí k přímořskému klimatu a východních oblastí ke klimatu kontinentálnímu prokázán nebyl, jinak je tomu v případě zeměpisné šířky. Ačkoli Česká republika se nachází v poměrně malém rozmezí 48°37'–51°1' severní šířky a sledované hnízdní budky se nachází v rozmezí 48°48'–50°34' severní šířky, ukázalo se, že směrem na sever klesá počet vylíhlých i vyvedených mlád'at. To souhlasí s tím, že největší evropské populace sovy pálené se nachází na jihu Evropy, ve Španělsku, v jižní Francii, v Německu, Itálii a na jihu Velké Británie (Harrison 2005). Tento fakt souvisí nejspíše s horším přizpůsobením sovy pálené na chladné podnebí a její neschopnost snášet tuhé zimy (Šťastný et al. 2006). Směrem na sever se také zkracuje délka vegetačního období a ubývá množství polí a luk, což sově rovněž nevyhovuje (Harrison 2005).

#### Vliv krajinných a klimatických faktorů

Nepodařilo se nám prokázat vliv proporce zemědělské a orné půdy, lesnatosti, zastoupení vodních ploch ani proporce zastavěných ploch.

To, že proporce zemědělské půdy nebo množství zastavěných ploch nemá podle našich výsledků na produktivitu sovy pálené prokazatelný negativní ani pozitivní vliv, může být překvapivé, protože ačkoli je sova pálená považována za synantropní druh, některé práce (Martínez a Zuberogoitia 2004), naznačují, že zvyšující se urbanizace

způsobuje problémy především s dostupností vhodných lovišť a hnízdišť a zvyšuje mortalitu mláďat i dospělých jedinců, což přispívá k poklesu populací v urbanizovaných oblastech.

Mnoho aspektů synantropního života přináší sově pálené výhody – úkryty v dutinách staveb, ve věžích a dalších člověkem vybudovaných konstrukcích, zvýšená potravní nabídka v zemědělských oblastech, menší riziko predace či menší kompetice. Z tohoto úhlu pohledu zvyšování urbanizace nevypadá jako problém, je tu však ještě druhá strana věci. Urbanizace v moderním pojetí se liší od urbanizace probíhající v minulých staletích – stavby, které se budují dnes, neskýtají často žádné hnízdní možnosti a staré stavby, jako dřevěné stodoly a půdy s množstvím štěrbin, které sova dříve s oblibou obsazovala, jsou rekonstruovány a modernizovány. Větší města a více obyvatel vyžadují lepší infrastrukturu, proto jsou budovány a rozšiřovány sítě komunikací. O přímém vlivu silniční sítě na mortalitu sov jsem mluvila již v úvodu, hustota a délka komunikací však ovlivňuje i charakteristiky produktivity – silnice mohou působit jako migrační bariéry, ztěžující cestu za potravou, kvůli čemuž může být zhoršen přísun potravy pro samici během hnízdění a potom i pro mláďata. Diskutovaný je rovněž vliv hlukového znečištění v okolí dálnic, které snižuje efektivitu lovu predátorů řídicích se sluchem, jako jsou netopýři nebo právě sovy (Siemers a Schaub 2010).

S rozšiřováním urbánních ploch související výstavba také způsobuje zvýšení hluku a stresu, který je pro ptáky problémem obzvláště v období hnízdění, kdy při přílišném vyrušování hrozí opuštění hnízda samicí.

Vlivem prostředí na hnízdění sovy pálené se zabývala kanadská studie (Hindmarch S. et al. 2012), která porovnávala obsazenost hnízdišť sovy pálené v letech 2007/2008 s obsazeností v letech 1990–1993 a zkoumala, jak ji ovlivňují změny v zastoupení travnatých ploch, změny v proporcii zástavby a v délce silnic, potažmo zvýšení hustoty dopravy na dálnicích v okolí hnízdišť. V celé oblasti zjistila výrazné změny ve využívání krajiny mezi porovnávanými lety, travní pokryv se snížil v průměru o 53 %, zastavěnost ploch se zvýšila o 133 %, délka silnic se prodloužila o 18 % a hustota dopravy se zvýšila o 33 %. Přes takto významné změny ve všech sledovaných charakteristikách se ukázal prokazatelný jen vliv hustoty dopravy a délky silnic, kdy se pravděpodobnost obsazení hnízdiště snižuje v místech, kde je největší hustota dopravy a v místech, kde by se v potenciálním domovském okrsku sovy pálené nacházelo více jak 7 km silnic. Na obsazených hnízdištích však nabyl zaznamenán žádný rozdíl v

produktivitě mezi hnízdišti s „lepšími“ podmínkami (méně dopravy a infrastruktury) oproti hnízdištím s podmínkami „horšími“. Ze studie byl vyvozen závěr, že pokles početnosti sovy pálené v Kanadě je způsoben především ubýváním možných hnízdišť, spojeným s přestavbou budov a mizením osamělých stromů s dutinami, starých sýpek a dalších tradičních hnízdních možností (z původních hnízdišť z 90. letech jich 1/3 v roce 2007 již vůbec neexistovala) a mortalitou na silnicích, potažmo tendencí sovy vyhledávat hnízdiště s menší hustotou dopravy v okolí.

Důvodem, proč se v naší analýze žádný vliv typu využívání krajiny neukázal, může být nejen to, že daný efekt neexistuje, ale i fakt, že jsme porovnávali jen průměrné proporce pro jednotlivé okresy, které neberou v úvahu konkrétní umístění hnízdních budek v rámci okresů. Navíc urbanizace je poměrně rychle se měnící faktor, takže průměrná zastavěnost ploch, kterou jsem měla k dispozici z let 1960–1990 nejspíše neodpovídá skutečné zastavěnosti ploch v letech, kdy docházelo ke kontrolám hnízdních budek.

Vliv teplotních charakteristik okresů na produktivitu nebyl významný. Byl zjištěn pouze malý pozitivní vliv počtu jasných dní v roce na počet vylíhlých mláďat (jasné dny mohou příznivě ovlivnit potravní nabídku, v případě sov by možná stál za zmínku i počet a vliv jasných nocí) a nepatrný negativní vliv srážkového úhrnu za vegetační období na počet vylíhlých mláďat. Začátek vegetačního období u nás obvykle nastává v dubnu a končí začátkem listopadu (Možný a Bareš 2006), což pokrývá celou dobu od začátku prvního hnízdění do ukončení eventuálního druhého hnízdění sovy pálené. Vysoký srážkový úhrn může znesnadnit lov, negativně ovlivnit potravní nabídku i přímo podmínky v hnízdě. Pokud dojde k přílišnému nárůstu vlhkosti v hnízdě, může se zvýšit riziko propuknutí některých parazitárních infekcí (Heeb et al. 2000).

## Závěr

V práci jsem prokázala vliv prostředí pouze na proporcii vylíhlých a také vyvedených mláďat, které byly ovlivněny nadmořskou výškou, zeměpisnou šířkou, počtem jasných dní a množstvím srážek ve vegetačním období. Počet hnízdění a počet snesených vajec se zdá být nezávislý na všech mnou zkoumaných vnějších podmínkách. Ostatní krajinné a klimatické vlivy se ukázaly jako nevýznamné. To ovšem nemusí nutně znamenat, že struktura a parametry krajiny nemají na produktivitu sovy pálené vliv. V práci jsem analyzovala data sbíraná na úrovni hnízd, zatímco krajinné a klimatické proměnné byly

odvozeny na úrovni okresů. Mnohem větší výpověď by proto měla analýza prostředí na úrovni hnízd. V dalším studiu bych proto doporučovala získat krajinné proměnné přímo z hnízdních okrsků metodami GIS a testovat jejich vliv na produktivitu hnízda přímo. Taková analýza by mohla přispět k hlubšímu vhledu do reprodukční biologie této ohrožené sovy a přispět tak k jejímu informovanějšímu ochránářskému managementu.

## Reference

Albert CA, Wilson LK, Mineau P, Trudeau S, Elliott JE. 2009. Anticoagulant Rodenticides in Three Owl Species from Western Canada, 1988–2003. *Arch Environ Contam Toxicol.* 58(2): 451–459. Published online 2009.

Anthony RG, Forsman ED, Franklin AB, Anderson DR, Burnham KP, White GC, Schwarz CJ, Nichols JD, Hines JE, Olson GS, Ackers SH, Lawrence J, Andrews S, Biswell BL, Carlson PC, Diller LW, Dugger KTM, Fehring KE, Fleming TL, Gerhardt RP, Gremel SA, Gutierrez RJ, Happe PJ, Herter DR, Higley JM, Horn RB, Irwin LL, Loschl PJ, Reid JA, Vern SGS. 2006. Status and trends in demography of northern spotted owls, 1985-2003. *Wildlife Monographs.* 163(1): 1–48.

Baillie K. 2010. Altitude air pressure calculator. Dostupné z [http://www.altitude.org/air\\_pressure.php](http://www.altitude.org/air_pressure.php).

Batey C. 2013. The distribution of Barn Owl nest sites in relation to altitude in southwest England. *British birds.* 106: 482–483.

Bejček V, Bělka T, Diviš T, Formánek J, Poprach K, Škopek J, Šťastný T. 1997. Pták roku 1997 – Sova pálená. Vydala ČSO ve spolupráci s: MŽPČR, ČSOP, Děti Země, AOPKČR, ČMMJ, správa CHKO Litovelské Pomoraví. 12 pp.

Besch EL, Smith AH, Burton RR. 1971. The influence of high altitude on the hatching of chicken eggs. White Mountain Research Center. USA. Dostupné z <http://www.wmrc.edu/resources/docs/ch23.pdf>.

Burg AB. 2002. Infertility as a cause of hatching failure in the Barn Owl (*Tyto alba*) in the Netherlands. In Newton I, Kavanagh R, Olsen J, Taylor I. 2002. *Ecology and Conservation of Owls.* Australia: Csiro Publishing. Pp 74–80.

Cox P, Smith RH. 1992. Rodenticide ecotoxicology: pre-lethal effects of anticoagulants on rat behaviour. In: Borrecco JE, Marsh RE, eds. Proceedings of the 15th Vertebrate Pest Conference. Davis (CA): University of California, USA. pp 165–170.

Danko Š. 1994. Správa o činnosti Skupiny pre výskum a ochranu dravcov a sov v ČSFR za rok 1992. Buteo 6: 121–151.

Durant JM, Massemin S, Thouzeau C, Handrich Y. 2000. Body reserves and nutritional needs during laying preparation in barn owls. J Comp Physiol B. 170: 253–260.

[EF] Egg failure to hatch - Diagnosing incubation problems. 2014. Dostupné z <http://www.backyardchickens.com/a/egg-failure-to-hatch-diagnosing-incubation-problems>.

Erickson W, Urban D. 2004. Potential risks of nine rodenticides to birds and nontarget mammals: a comparative approach. Washington DC, USA: US EPA. 230 pp.

Gill FB. 2007. Ornithology. Third edition. New York: W. H. Freeman and Company. 758 pp.

Hafidzi MN, Hasber S, Dzolkifli O, Noor HH, Azhar K. 2015. Sub-lethal effects of rodenticides on the home range of barn owl, *Tyto alba* in oil palm plantation. LinkedIn Pulse. Dostupné z <https://www.linkedin.com/pulse/sub-lethal-effects-rodenticides-home-range-barn-owl-tyto-rajagopal>.

Harrison G. 2005. Barn owl *Tyto alba*. Warwickshire, Coventry and Solihull Local Biodiversity Action Plan. 6 pp. Dostupné z <http://heritage.warwickshire.gov.uk/files/2012/05/BarnOwlpdf>.

Heeb P, Kölliker M, Richner H. 2000. Bird-ectoparasite interactions, nest humidity and ectoparasite communities. Ecology 81(4): 958-968.

Hindmarch S, Krebs AE, Elliott JE, Green DJ. 2012. Do landscape features predict the presence of barn owls in a changing agricultural landscape? Landscape and Urban Planning. 107: 255–262.

Hudec K, Chytil J, Šťastný K, Bejček V. 1995. Ptáci České republiky. Sylvia 31: 97–152.



Hudec K, Šťastný K, Balát F, Bejček V, Bělka T, Černý V, Černý W, Ferianc O, Formánek J, Folk Č, Hachler E, Hájek V, Havlín J, Honza M, Chalupský J, Klůz Z, Kožená I, Kurka P, Kux Z, Málková P, Matoušek B, Mošanský A, Pykal J, Ryšavý B, Řepa P, Schröpfer L, Sitko J, Sládek J, Svoboda S, Šálek M, Škopek J, Toufar J, Vavřík M, Viktora L, Voříšek P, Žďárek P. 2005. Fauna ČR: Ptáci – Aves. Díl II/2, 2. přepracované a doplněné vydání. Praha: Academia.

Illner H. 1988. Long-term decrease of the owls *Tyto alba*, *Asio otus*, *Athene noctua* and *Strix aluco* in an agricultural area in central westfalia west germany 1974–1986. Vogelwelt 109(4): 145–151.

IUCN. 2015. IUCN Red List. (<http://www.iucnredlist.org>)

Jiřík M. 2016. Přímé měřené veličiny. Dostupné z <http://pocasi.ok5aw.cz/teorie.php?doc=page1>.

König C, Weick F. 2008. Helm identification guides: Owls of the World. Londýn: Christopher Helm Publishers. 528 pp.

Korpimäki E, Hakkarainen H. 2012. The Boreal Owl: Ecology, Behaviour and Conservation of a Forest-Dwelling Predator. Cambridge University Press.

Marti C. 1992. Barn Owl. in Poole A, Stettenheim P, Gill F, eds. The Birds of North America, Vol. 1. Philadelphia: The Academy of Natural Sciences. Washington DC: The American Ornithologists' Union. Pp. 1-15.

Miles P. 1975. Ptactvo Krkonoš. Kand. diz. práce (nepublikováno) in Šťastný K, Bejček V, Hudec K. 2006. Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České Republice 2001–2003. Praha: Aventinum. 463 pp.

Možný M, Bareš D. 2006. Trendy vegetačního období. In: Rožnovský J, Litschmann T, Vyskot I, eds. Fenologická odezva proměnlivosti podnebí. Brno. 5 pp.

Newton I, Shore RF, Wyllie I, Birks JDS, Dale L. 1999. Empirical evidence of side-effects of rodenticides on some predatory birds and mammals. In Northern Ireland Species Action Plan Barn Owl *Tyto alba*. 2006.

[NI 2006] Environment & Heritage Service. 2006. Northern Ireland Species Action Plan: Barn Owl *Tyto alba*. March 2006.

Parmar G, Bratt H, Moore R, Batten PL. 1987. Evidence for a common binding-site in vivo for the retention of anticoagulants in rat liver. *Hum Toxicol* 6:431–432 in US EPA 2004. Potential risks of nine rodenticides to birds and nontarget mammals: a comparative approach. Washington DC, USA.

Pavluvčík P, Poprach K, Machar I, Losík J, Gouveia A, Tkadlec E. 2015. Barn owl productivity response to variability of vole populations. *PLoS ONE* 10(12): e0145851.

Pekár S, Brabec M. 2009. Moderní analýza biologických dat: Zobecněné lineární modely v prostředí R. Praha: Scientia. 225 pp.

Pokorný Z. 2014. Budky pro dravce a sovy. Dostupné z: <http://www.chovzvirat.cz/clanek/593-budky-pro-dravce-a-sovy/>.

Poprach K. 1999. Hnízdní rozšíření a biologie sovy pálené (*Tyto alba*) v České republice v roce 1999. Zpráva Skupiny pro ochranu a výzkum sovy pálené v ČR.

Poprach K. 2001. Závěrečná zpráva Skupiny pro ochranu a výzkum sovy pálené v ČR za rok 2001. Ochrana a podpora genofondu sovy pálené (*Tyto alba*) v České republice v roce 2001.

Poprach K. 2003. Nebezpečné technické nástrahy pro sovy a další druhy ptáků. *Ochrana přírody*. 58 (7): 210-213. 58(8):245-247.

Poprach K. 2007. Sova pálená (*Tyto alba*) v Poodří. *Poodří*. 1/2007: 9-12.

Poprach K. 2009. Sova pálená. *Naše příroda*. 5/2009: 22–31.

Poprach K. 2011. Sova pálená, užitečný lovec se srdčítým závojem. Dostupné z <http://ekolist.cz/cz/publicistika/priroda/sova-palena-uzitecny-lovec-se-srdcitym-zavojem>.

Quinn GP, Keough MJ. 2003. *Experimental Design and Data Analysis for Biologists*. New York: Cambridge University Press.

R Core Team. 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna, (Austria): R Foundation for Statistical Computing.

- Richner H, Oppliger A, Christie P. 1993. Effect of an ectoparasite on reproduction in great tits. *Journal of Animal Ecology*. 62: 703-710.
- Sacchi O, Meriggi A. 1995. Habitat requirements of the stone marten (*Martes foina*) on the tyrrhenian slopes of the northern apennines. *Hystrix* 7 (1-2): 99-104.
- Shawyer CR., Shawyer VM. 1995. An investigation of the Barn Owl population within the Arun and Western Rother catchments. Hawk and Owl Trust, London, UK
- Siemers BM, Schaub A. 2010. Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators. *Proc R Soc B*. 278: 1646-1652. Published online 2010.
- Smith CR, Richmond ME. 1972. Factors effecting pellet egestion and gastric pH in the barn owl. *Wilson Bulletin*. 84: 19-186.
- Šťastný K, Bejček V. 1993. Početnost hnízdních populací ptáků v České republice. *Sylvia*. 29: 72-80.
- Šťastný K, Bejček V, Hudec K. 2006. Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České Republice 2001-2003. Praha: Aventinum. 463 pp.
- Taylor I. 1994. Barn owls: predator-prey relationships and conservation. Cambridge: Cambridge University Press. 304 pp.
- US EPA 2004. 2004. Potential risks of nine rodenticides to birds and nontarget mammals: a comparative approach. Washington DC, USA. 230 pp.
- van den Burg AB. 2002. Infertility as a cause of hatching failure in the Barn Owl (*Tyto alba*) in the Netherlands. In Newton I, Kavanagh R, Olsen J, Taylor I. 2002. *Ecology and Conservation of Owls*. Australia: Csiro Publishing. Pp 74-80.
- van den Burg AB. 2009. Limitations of owl reproduction in the wild: is there a role for food quality besides quantity? *Ardea*. 97(4): 609-614.