

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



Vliv hustoty a obsazenosti budek na hnízdní parametry ptáků

Bakalářská práce

Bakalant: Marie Potužníková

Vedoucí práce: prof. Mgr. Miroslav Šálek, Dr.

Konzultant: Ing. Veronika Janatová

2022 / 2023

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marie Potužníková

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv hustoty a obsazenosti budek na hnízdní parametry ptáků

Název anglicky

Effects of density and occupancy of nest boxes on nesting parameters in birds

Cíle práce

Zpracovat rešerši zaměřenou na vliv hustoty a obsazenosti hnízdních budek na hnízdní parametry ptáků – načasování hnízdění, velikost snůšky a úspěšnost hnízdění. Praktická část práce bude zaměřena na sledování hnízdních parametrů u sýkory koňadry (*Parus major*) a brhlíka lesního (*Sitta europaea*) hnízdních v budkách na území hl. města Prahy.

Metodika

Zjišťování obsazenosti budek, fáze inkubace a hnízdní úspěšnosti pěvců na několika lokalitách na území hl. města Prahy formou pravidelných kontrol během hnízdního období od dubna do června. Analýza hnízdních parametrů a testování vlivu hustoty a obsazenosti budek v okolí.

Doporučený rozsah práce

30 stran

Klíčová slova

hnízdni ekologie, pěvci, hustota hnízdních budek, hnízdní parametry

Doporučené zdroje informací

Balbontin J., Lopez-Sigler, L., Muriel, R., Lopez-Calderon, C., Solitary breeding barn swallows pay a higher nest defense cost, 2020, *Journal of Ethology*, 323-331

Krebs J., Territory and Breeding Density in the Great Tit, *Parus Major L.*, 1971, *Ecology*, 2-22

Moller, AP a spol., Interaction of climate change with effects of conspecific and heterospecific density on reproduction, 2020, *Oikos*, 1807-1819

Schmidt KH., Marz M., Matthysen E., Breeding success and laying data of nuthatches *sitta-europae* in relation to habitat, weather and breeding density, 1992, *Bird Study*, 23-30

Slagsvold T.; Wiebe KL, 2021, Interspecific aggression and defence of extra nest sites in two species of songbirds, *WILEY, Ethology*, 294-301

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

prof. Dr. Mgr. Miroslav Šálek

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Veronika Janatová

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2023

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 23. 3. 2023

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: *Vliv hustoty a obsazenosti budek na hnízdní parametry ptáků* vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne _____

Poděkování

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu této práce prof. Mgr. Miroslavovi Šálkovi a Ing. Veronice Janatové za věcné rady, připomínky a trpělivost. Dále bych ráda poděkovala Ing. Petrovi Kobrlemu a Markovi Prokopovi za odbornou pomoc ve zpracování statistických dat.

Abstrakt

Populační hustota má zpravidla silný dopad na dynamiku populace a průběh reprodukce teritoriálních živočichů (Wilkin et al., 2006). Projev hustotní závislosti reprodukce ptáků silně podporují deskriptivní analýzy časosběrných studií (Both, 2000; Wilkin et al., 2006). Soupeření o omezené zdroje (např. území, partnery a potravu) je často považováno za jeden z hlavních důvodů závislosti reprodukce na hustotě (Newton et Brockie, 2003). Například snížení velikosti snůšky se zvýšením hustoty chovu by mohlo být tedy adaptivní reakcí na zvýšenou konkurenci (Nicolaus et al., 2009).

V této studii byl zkoumán vliv hustoty a obsazenosti hnízdních budek na reprodukční parametry tří nejhojněji v budkách hnízdicích ptačích druhů: sýkoru koňadru (*Parus major*), sýkoru modřinku (*Cyanistes caeruleus*) a brhlíka lesního (*Sitta europaea*). Kontrolou 264 hnízdních budek na sedmi vybraných lokalitách hl. m. Prahy a za pomoci GIS technik jsme došli k odhadu jednotlivých hustot zahnízdění. Data byla dále analyzována s ohledem na velikost jednotlivých teritorií, na úroveň, na které se předpokládá pozorování konkurence, jak navrhuje Both et Visser (2008) a to prostřednictvím Thiessenových polygonů vytvořených jakožto jednotlivých teritorií kolem obsazených hnízdních budek.

Analýzou však nebyly nalezeny žádné významné výsledky, pouze mírná negativní korelace mezi hustotou populace a počtem vylíhnutých mláďat.

Klíčová slova: populační hustota, hnízdní budky, pěvci, hnízdní parametry

Abstract

Population density usually has a strong impact on population dynamics and the course of reproduction of territorial animals (Wilkin et al., 2006). The manifestation of density dependence of bird reproduction is strongly supported by descriptive analysis of time-lapse studies (Both, 2000; Wilkin et al., 2006). Competition for limited resources (eg, territory, mates and food) is often considered one of the main reasons for density dependence of reproduction (Newton et Brockie, 2003). For example, reducing clutch size with increasing breeding density could therefore be an adaptive response to this competition (Nicolaus et al., 2009).

The influence of density and occupancy of nest boxes on the reproductive parameters of the three most abundant bird species nesting in boxes was investigated: the common tit (*Parus major*), the blue tit (*Cyanistes caeruleus*) and the wood warbler (*Sitta europaea*). In this study, seven areas with 264 nesting boxes in the capital city Prague were used for research and with the help of GIS techniques, we arrived at an estimate of individual nesting densities. The data were further analyzed with respect to the size of individual territories, to the level at which competition is expected to be observed, as proposed by Both et Visser (2008) through Thiessen polygons created as individual territories around occupied nest boxes.

However, the analysis found no significant results, only a slight negative correlation between density and number of hatchlings.

Key words: population density, nest boxes, passerines, reproductive parameters

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Cíl práce	1
3	Literární rešerše.....	2
3.1	Hnízdní budky	2
3.2	Teritorialita a kompetice	3
3.2.1	Hnízdní plochy	4
3.2.2	Potrava.....	4
3.3	Hnízdní parametry v závislosti na hustotě a obsazenosti budek.....	6
3.3.1	Načasování hnízdění.....	6
3.3.2	Velikost snůšky	7
3.3.3	Úspěšnost reprodukce.....	8
3.4	Biologie sledovaných druhů.....	8
3.4.1	Čeď sýkorovití (<i>Paridae</i>)	8
3.4.1.1	Sýkora koňadra (<i>Parus major</i>).....	9
3.4.1.2	Sýkora modřinka (<i>Cyanistes caeruleus</i>)	11
3.4.2	Čeď brhlíkovití (<i>Sittidae</i>)	13
3.4.2.1	Brhlík lesní (<i>Sitta europaea</i>).....	14
4	Metodika	15
4.1	Charakteristika studijního území	15
4.2	Sběr dat	17
4.3	Model teritorií – digitální mapování	17
5	Výsledky	19
6	Diskuze.....	24
7	Závěr a přínos práce	25
8	Přehled literatury a použitých zdrojů	26
8.1	Literární zdroje.....	26
8.2	Internetové zdroje	30
9	Přílohy.....	30

1 Úvod

Procesy regulující populace jsou, nejen u ptáků, klíčovým ekologickým konceptem (Newton et Brockie, 2003). Hustotní závislost je jedním z fundamentálních mechanismů populační dynamiky, protože nabízí vysvětlení, pro kolísání populací v určitých hladinách (Both et Visser, 2008). Právě hustota populace ovlivňuje demografické znaky jako je přežití, reprodukce nebo disperze organismu (Newton et Brockie, 2003).

Jedním z primárních mechanismů, o němž se předpokládá, že je odpovědný za reprodukci závislou na hustotě, je konkurence o omezené zdroje. Těmi jsou například teritoria, hnízdní plochy, partneři nebo potrava (Newton et Brockie, 2003).

Experimentální studie jejichž cílem bylo stanovit kauzalitu vztahů závislých na populační hustotě, přinesly různorodé výsledky (Newton et Brockie, 2003). Některé studie ukázaly, že průměrná roční plodnost a přežití v ptačích populacích klesá s rostoucí hustotou (Both, 1998a), zatímco jiným se příčinnou souvislost mezi hustotou populace a jejími demografickými znaky potvrdit nepodařilo (Both et Visser, 2000). Tato nekonzistence výsledků naznačuje, že ekologické okolnosti různých populací hrají roli v účinnosti hustoty na reprodukci.

Tato práce se bude zabývat vztahem mezi hustotou a reprodukcí u tří ptačích druhů, které byli nejhojněji zastoupeny během monitoringu ptačích budek na sedmi vybraných lokalitách území hlavního města Prahy. Prvním z těchto tří druhů je sýkora koňadra (*Parus major*), druhým sýkora modřinka (*Cyanistes caeruleus*) a třetím brhlík lesní (*Sitta europaea*).

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je zpracovat rešerši zaměřenou na vliv hustoty a obsazenosti hnízdních budek na hnízdní parametry ptáků – načasování hnízdění, velikost snůšky a úspěšnost hnízdění. Praktická část práce bude zaměřena na sledování hnízdních parametrů u sýkory koňadry, sýkory modřinky a brhlíka lesního hnízdicích v budkách na území hl. města Prahy.

3 Literární řešerše

3.1 Hnízdní budky

Poskytování hnízdních budek je technika běžně používaná ke zvýšení dostupnosti a kvality hnízdiště pro ptáky druhotně hnízdící v dutinách. Tato technika byla také použita jako nástroj ochrany několika ohrožených druhů a pro biologickou kontrolu bezobratlých prostřednictvím přivábení pěvců vázaných na hnízdní dutiny do sadů nebo obhospodařovaných jehličnatých lesů. V Evropě nejběžnější pěvci hnízdící v dutinách, jako je sýkora koňadra, preferují listnaté před jehličnatými lesy (Mänd et al. 2009). To samé platí i pro brhlíka lesního (Bejček et Šťastný, 2006). Tato preference se vysvětluje větším množstvím potenciálních hnízdních dutin a také větší dostupností potravy v listnatých lesích ve srovnání s jehličnatými (Serrano-Davies et al., 2017).

Na zmíněných stanovištích však, spíše než přírodní dutiny, bývají ptáky preferovány hnízdní budky, a to z toho důvodu, že reprodukční výkon bývá díky nim zpravidla vyšší (Zingg et al., 2010). Využití hnízdních budek často zvyšuje místní populaci sekundárně hnízdícího ptactva v dutinách a redukuje nebo eliminuje nahodilé efekty spojené s abiotickými faktory nebo predací (Lambrechts et al., 2010). Ptáci, kteří se rozmnožují v budkách, tedy často kladou větší snůšky a vyvádí více mláďat než ti, kteří se množí v přirozených dutinách (Zingg et al., 2010). Přitom ale není tak jednoznačné, zda jsou hnízdní budky odolnější vůči predaci a kompetici. To může záviset i na dalších proměnných, například na rozdílech ve výšce nebo umístění mezi umělými a přirozenými dutinami, nebo na tom, zda byly hnízdní budky opatřeny ochrannými zařízeními pro omezení predace (Lambrechts et al., 2010). Například sýkora koňadra preferuje hnízdní budky před přirozenými dutinami. Zajištění ptačích budek v hnízdním prostředí, které bylo již atraktivní, může tak v důsledku zvýšit hustotu hnízdících párů i nad optimální úroveň (Mänd et al., 2009).

U jakéhokoli druhu ptactva a nehledě na to, kolik budek bylo poskytnuto, čísla jedinců nakonec přestala stoupat a začala se snižovat. Jakmile byl totiž nedostatek hnízdních ploch napraven, v účinnost vešel další limitující faktor, zpravidla potrava (Newton a Brockie 2003).

3.2 Teritorialita a kompetice

Teritorium je jedinečná oblast biotopu nebo souboru biotopů, kde je možné určit hranice, které jsou bráněny sociální komunitou, hnízdicím párem nebo jednotlivcem proti konspecifickým nebo heterospecifickým soupeřům v průběhu času. Teritorium musí nabízet vhodná hnízdiště, volné protějšky k páření, dostatek zdrojů potravy a vhodné útočiště pro členy populace (Kašová et al., 2014). Jednotlivci, kteří si drží teritorium, mohou mít jisté výhody například ve velikosti, síle nebo mohou být zkušenějšími bojovníky, a proto mají větší potenciál udržet zdroje (Krebs, 1971). Je také pravděpodobné, že mají silnější vazbu na svou domovskou oblast, a tedy výhodu například ve znalosti úkrytů před predátory nebo získávání potravy. Vzhledem k vyšší hodnotě, kterou území pro obyvatele má, jsou více motivováni k jeho obraně, než jejich vetřelci (Krebs, 1971).

Krebs (1982) ve své studii také tvrdí, že teritoriální chování má vliv na hustotu, zejména jakožto důsledek ve formě rozestupů mezi hnízdy, které ptáci tvoří, ačkoli v jiném kontextu. Možná výhoda těchto vzájemných rozestupů je například obrana proti predaci. Wilkin *et al.* (2006) také zjistili silný pozitivní vliv velikosti teritoria na úspěšnost reprodukce, větší snůšky a těžší mláďata, nezávislý na dřívějších snůškách (které měly také prokazatelně pozitivní vliv). Velikost teritoria se rok od roku značně liší. Tyto variace jsou podle Krebs (1982) spíše výsledkem interakcí mezi ptáky samotnými, než přímým přizpůsobením velikosti teritoria kolísání některých zdrojů životního prostředí. Přestože teritorium má vliv na počet hnízdicích párů, není to tak důležitý, na hustotě závislý, faktor působící na regulaci populace.

Když jedinci stejného druhu soutěží o sdílený zdroj, vytváří to negativní zpětnou vazbu mezi velikostí a růstem populace, která se projeví sníženou reprodukcí, zvýšenou mortalitou a/nebo rozptýlením (Chamaillé-Jammes et al., 2008). Sdílení stejného zdroje dvěma či více druhy je předpoklad pro mezidruhovou kompetici (Slagsvold et Wiebe, 2021). Většina druhů ptáků sdílí část typu potravy či preferovaných hnízdních ploch s jiným druhem, příbuzným či vzdáleným. Pokud je jeden z těchto druhů ovlivněn limitací sdíleného zdroje, pak následuje, že jeden je ovlivňován abundancí druhého a naopak (Newton et Brockie, 2003). Síla a typ konkurence se mohou v různých fázích ročního cyklu lišit v závislosti na kolísání dostupnosti zdrojů a počtu konkurentů (Nicolaus et al., 2009). Ať už s konkurencí nebo bez, limitující zdroje, v našem případě hnízdní plochy a potrava, mohou vytvářet pomyslný strop hustotě populací (Newton et Brockie, 2003).

3.2.1 Hnízdní plochy

Ptáci hnízdící v sekundárních dutinách mohou soutěžit o vhodná místa ke hnízdění jak vnitro, tak mezi druhově. Často hájí jejich primární hnízdiště, protože počet optimálních míst ke hnízdění je limitovaný a je jich zapotřebí nejen ke hnízdění, ale také ke hřadování. Někteří sekundárně hnízdící ptáci si ponechávají a brání extra místa vhodná ke hnízdění i po rozmnožení (Newton et Brockie, 2003). Může se to vyplatit například pokud je hnízdo uzurpované jiným ptákem, či savcem nebo může být první snůška predovaná. A proto, mít dutinu navíc může být ve prospěch i monogamním párům, kteří tak mohou rychle znovu zahrnout, bez nutnosti založit si zcela nové teritorium (Slagsvold et Wiebe, 2021).

Přestože obrana alternativních hnízdních ploch v rámci teritoria má jasné výhody, je také velmi energeticky náročná (Newton et Brockie, 2003). Bránit tak vysoce konkurovaný zdroj proti mezidruhovým soupeřům vyžaduje čas a energii. Obzvláště pokud jsou extra místa k hnízdění rozprostřena po větším areálu a vpády narušitelů jsou časté. Proto se tato strategie nemusí vyplatit v každém období nebo habitatu. Odhánění ostatních ptáků může být i kontraproduktivní, protože z hromadného hnízdění mohou plynout i výhody jako je kolektivní obrana (Slagsvold et Wiebe, 2021).

3.2.2 Potrava

Velikost snůšky a také růst mláďat se zdá být v příčinné souvislosti s lokální hustotou, a tedy i konkurencí. Poukazuje na to, že mláďata v oblastech s vysokou populační hustotou přijímají méně potravy. Lokální konkurence o potravu během fáze hnízdění může být důležitým kritériem, které způsobí, že ptáci upraví své reprodukční tempo (Both, 1998a). Boj o potravu před nebo během snůšky může tedy ovlivnit množství energie, kterou pták přidělí reprodukci (Lack, 1968) a může tím také způsobit závislost na hustotě reprodukce. Experimentální suplementace potravy během období snůšky vajec zvýšila velikost snůšky a produkci potomstva u řady druhů, což podporuje tuto hypotézu (Both, 1998a).

V prvních několika týdnech po vylétnutí dochází podle Krebse (1971) na lokalitách s nedostatkem potravy k úbytku mladých ptáků. Dochází k němu pár týdnů po vylétnutí mladých a je přímým důsledkem vyhladovění. V bohatších habitatech sýkory například vychovávají druhé potomstvo, zatímco v chudších se omezí na jedno. Mláďata druhého

vrhu jsou nicméně rozptýlena dále než první snůška. Vypovídá to o nadřazenosti prvního potomstva v kompetici o území (Krebs, 1982).

Počet hnízdících ptáků podle studie od Krebse (1982) byl ale určen spíše jejich behaviorálními interakcemi než přímým působením potravy. Je ovšem možné, že ve vlivu na hustotu chovu sehrála roli kompetice o potravu i teritorialita zároveň. U některých ptačích druhů byla zjištěna korelace mezi dostupností potravy v zimě a následným počtem hnízdění. Například v případě tetřívka obecného, ačkoli teritoriální chování omezuje počet ptáků množících se v oblasti, hustota hnízdění v jiných oblastech souvisela s kvalitou potravy. Při umělém zlepšení potravní nabídky byl totiž pozorován nárůst populační hustoty se zpožděním jednoho roku ve snižování velikosti území. Zdá se, že potrava neovlivňovala přímo velikost území, ale spíše prostřednictvím přechodného mechanismu, jako je zvýšená tolerance mláďat nebo zvýšený tlak na teritoria kvůli vysokému přežití mláďat, byla prokázána souvislost mezi velikostí území a nabídkou potravy. Později potvrdili Both et al. (2000), že v rámci teritorií jednotlivé samice přizpůsobují velikost snůšky změnám v hustotě.

Roky s vysokou hustotou obvykle nastávají po mírných zimách bohatých na potravu, a jsou proto často charakterizovány vysokým podílem mladých a nekvalitních ptáků, kteří produkují málo potomků (Wilkin et al., 2006).

Velikost teritoria a ochranu hnízdiště ovlivňuje právě hustota populace (Serrano-Davies et al., 2017). Analýza uvedená autory Wilkin et al. (2006) odhalila významnou pozitivní souvislost mezi velikostí teritoria a úspěšností reprodukce, která nebyla ovlivněna faktory, jako jsou dřívější snůšky, větší snůšky nebo těžší mláďata (viz níže). Autoři uvádějí, že větší celoživotní velikost teritoria byla spojena se zvýšeným reprodukčním úspěchem, a to i bez zohlednění počtu reprodukčních událostí, což naznačuje, že větší území jsou spojena s vyšší mírou přežití. Tyto výsledky naznačují, že větší území nabízí další výhody v oblasti fitness.

Populační hustota narůstá v čase a prostoru s vyšší potravní nabídkou a snižší opět klesá. Přesto vztah mezi ptáky a jejich potravou není vždy přímočarý. Zkonzumované množství jednoho typu potravy za jedno období nemusí mít v příštím roce na abundanci též potravy vliv, zatímco u jiného typu potravy (například u bezobratlých) může mít nadměrná konzumace velký dopad na dostupnost v příštím období. Tímto způsobem může

predátor a kořist interagovat různými způsoby a ovlivňovat tak krátkodobě i dlouhodobě populační hustoty obou stran. (Newton et Brockie, 2003).

3.3 Hnízdní parametry v závislosti na hustotě a obsazenosti budek

Hustota populace má tedy silný vliv na populační dynamiku a reprodukční procesy teritoriálních živočichů (Newton et Brockie, 2003). Vysoké hustoty snižují pravděpodobnost teritoriálního páru na druhé potomstvo, přežití teritoriálních dospělých jedinců a snižují rychlost růstu mladých i úspěšnost líhnutí (Wilkin et al., 2006). Soupeření o omezené zdroje je logicky považováno za jeden z hlavních důvodů závislosti reprodukce na hustotě (Newton et Brockie, 2003). Důsledkem konkurence je tedy reprodukce (závislá na hustotě) a/nebo úhyn. Vliv vnitrodruhové konkurence na rozhodování o reprodukci na úrovni jednotlivce se převádí na reprodukci závislou na hustotě na úrovni populace (Both et al., 2000).

Snížená reprodukční výkonnost při vysoké hustotě může být ale důsledkem i několika dalších souběžných procesů, jako je hromadné hladovění, vyloučení části populace z reprodukce nebo predace hnízd (Wilkin et al., 2006).

3.3.1 Načasování hnízdění

Pro mnohé druhy ptáků hnízdících v mírném podnebí platí, že načasování snůšky je rozhodující. Brzké snůšky mají větší šanci na úspěšnost hnízdění pravděpodobně z důvodu konkurenční výhody během rozhodujících dvou týdnů po snesení vajec. Datum snůšky je proměnná, která se mění s ohledem na individuální věk, předešlou teplotu jara, nadmořskou výšku a stanoviště (Wilkin et al., 2006).

Omezení velikosti teritoria ve studii od Wilkin et al. (2006) ukázalo, že velikost teritoria byla nejmenší v době snášení vajec. To by mohlo vysvětlovat, proč nebyl na úrovni populace nalezen žádný dopad hustoty na datum snůšky. Většina ptáků je neomezena hustotou v době snášení vajec. Jedním z častých vysvětlení pro zahájení hnízdění v různé časy je, že velká část proměnné načasování reprodukce představuje individuální fitness jedince a že přirozený výběr působí na tuto část proměnné. Výsledky Wilkin et al. (2006)

podporují toto vysvětlení, protože potvrzují, že lokální hustota ovlivňuje lokální podmínky, tudíž i načasování rozmnožování.

3.3.2 Velikost snůšky

Velikost snůšky je důležitým ukazatelem reprodukčního úspěchu u ptáků. Bylo prokázáno, že velikost snůšky mnohých ptačích druhů, včetně sýkor, negativně ovlivňuje hustota dané populace (Serrano-Davies et al., 2017). Na velikost snůšky má naopak pozitivní dopad stáří ptáka, včasné zahnízdění a také velikost teritoria na úrovni jedince (Wilkin et al., 2006).

Both et al. (2000) ve své studii odhadují, že optimální velikost snůšky s maximálním fitness závisí na hustotě populace a má tendenci klesat při vyšší hustotě obsazení. Je tomu tak proto, že při vyšší hustotě se konkurence o potravu mezi mláďaty stává intenzivnější a větší počet rodin má tendenci mít negativní dopad na růst mláďat. Autoři proto navrhli, že pozorované snížení velikosti snůšky s rostoucí hustotou odráží strategii, jak se vyrovnat s místní konkurencí o zdroje.

Autoři Nicolaus et al. (2009) ve své studii potvrzují, že ptačí samice mohou vyprodukovat přizpůsobený počet potomků úrovni konkurence, které očekávají, že budou čelit po vylétnutí z hnízda. Dále autoři zmiňují, že s rostoucí hustotou populace ptáků a intenzivnějším soupeřením klesá také pravděpodobnost, že se mláďata úspěšně připojí k místní populaci. V důsledku toho je pak v prostředí s vysokou hustotou výhodnější vyprodukovat méně potomků, kteří budou ale konkurenceschopnější.

Výzkum zahrnující experimentální odstranění hnízdících párů ukázal, že noví jedinci byli typicky mladí ptáci a že rekolonizace často vedla k obnovení původní úrovně hustoty populace, což naznačuje, že množství dostupných zdrojů (včetně prostoru pro teritoriální rozdělení) omezuje místní hustoty (Nicolaus et al., 2009).

Velikost snůšky prvního potomstva ovlivňuje pravděpodobnost produkce druhého potomstva. Velikost snůšky je tedy kompromisem mezi očekávaným fitness prvního a druhého potomstva (Both et al., 2000). Wilkin et al. (2006) také poukazují na pozitivní vliv velikosti snůšky na úspěšnost reprodukce, což naznačuje, že může existovat nezávislý přínos pocházející z velkého potomstva. Tento efekt byl prokázán již dříve (Both et al., 1998) a může vzniknout buď z genetického efektu, kdy zdatnější rodiče kladou větší snůšky, nebo z environmentální kovariance mezi rodiči a potomky.

3.3.3 Úspěšnost reprodukce

U jakéhokoli ptačího druhu můžeme pozorovat, že počet jedinců je nejvyšší bezprostředně na konci rozmnožování. Následně čísla klesají, než dosáhnou svého nejnižšího bodu, těsně před další reprodukční sezónou (Newton et Brockie, 2003).

Bylo prokázáno, že úspěšnost hnízdění mnohých ptačích druhů, včetně sýkor, negativně ovlivňuje hustota dané populace (Serrano-Davies et al., 2017). Podle Wilkin et al. (2006) velikost snůšky, hmotnost mláďat a počet potomků začleněných do populace pozitivně a nezávisle na sobě korelovaly s velikostí teritoria. Nebyl však shledán žádný vliv velikosti teritorií na datum snůšky nebo hmotnost vajec. Pozitivní vztah mezi počtem mláďat a velikostí teritoria potvrzují i Both et Visser (2007) a k pozitivním korelacím výše přidává i přežití rodičů.

3.4 Biologie sledovaných druhů

3.4.1 Čeleď sýkorovití (*Paridae*)

Čeleď sýkorovití (*Paridae* – Vigors, 1825) zahrnuje 14 rodů do kterých patří 64 druhů IOC World Bird List (Kyne, 2020). Druhy sýkorovitých se v rámci své velké čeledi liší v opeření, ale jsou spíše jednotného tvaru (Shao et al., 2016). U většiny samců a samic z čeledi sýkorovitých se nevyskytuje pohlavní dimorfismus. Jsou extrémně vokální a na jaře tyto vokalizace často slouží k přilákání partnera. Jsou monogamní čeledí (Otter, 2007).

Mnohé z druhů v této čeledi, včetně sýkory koňadry, hnízdí v dutinách stromů. Některé z nich si umí vyhloubit dutinu samy, ale často se spoléhají na jiné druhy, které vyhloubily dutinu k hnízdění už před nimi. K hnízdění preferují stromy s menším průměrem a vysokým rozpadem. V městských oblastech je lze nalézt i v hnízdních budkách (Berthold, 2001).

Sýkorovití jsou velmi rozšířenou čeledí řádu pěvců *Passeriformes*, kterou najdeme vesměs po celé severní polokouli. Jejich afinita ke stromům rozšířila areál jejich výskytu nejen na jihovýchod Asie, ale také do sub-Saharské Afriky (Burnie, 2008). Oblasti s nejvyšší hustotou výskytu, tzv. hotspot sýkorovitých, se nachází v Číně a Afrotropické oblasti. Čína je také považována za centrum původu této skupiny a hraje roli jako „kolébka

diverzity“. Čed' sýkorovitých zcela chybí v oblasti Antarktidy, Austrálie a Jižní Ameriky (Tietze et Borthakur, 2012).

V druhově smíšených hejnech si těžší sýkory hledají potravu ve vnitřních částech stromů, zatímco lehčí druhy sýkor využívají potravu nacházející se na okrajích větví (Alatalo et Moreno, 1987).

Z důvodu vyhledávání potravy jsou sýkorovití téměř neustále v pohybu (Berthold, 2001). Živí se zejména bezobratlými a semeny, kde se poměr bezobratlých a semen, které jsou konzumovány mění se sezónou (Shao et al., 2016). V mírném podnebním pásu na jaře přibývá potravy dostupné pro ptáky živící se bezobratlými. U mnoha druhů je to právě míra synchronizace reprodukce s vrcholením potravinové nabídky, co určuje reprodukční úspěch. Pro sýkory jsou hlavním zdrojem potravy pro mláďata larvy *Lepidoptera*, jejichž množství se mezi jednotlivými oblastmi a roky může značně a nepředvídatelně lišit (Arnold et al., 2010; Royama, 1970). U malých pěvců, kteří produkují velké snůšky zdroje daleko přesáhnou množství, které jsou samičky schopny uchovávat v těle. Proto potřebují energii z potravy nasměrovat přímo do tvorby vajec, kde optimálně výživnou složku během snášení tvoří bezobratlí (Pitt et al., 2023).

3.4.1.1 Sýkora koňadra (*Parus major*)

Rozšíření sýkory koňadry se rozléhá v palearktické oblasti, v jejímž rámci je popsáno množství poddruhů. V převážné části Evropy, včetně území České republiky, se vyskytuje sýkora koňadra evropská (*Parus major major*), (Figura, 2013). Ze všech sýkor evropy má největší areál rozšíření (Bejček et Šťastný, 2006). Jedná se o jednoho z nejpočetnějších ptáků Evropy.

V horách hnízdí až do 1000 m n.m. (Formánek, 2017). Obývá velmi pestrou paletu hustě i řídké zalesněného prostředí. Z lesů dává přednost listnatým a smíšeným, a to z důvodu vyšší dostupnosti hnízdních dutin a potravy (Serrano-Davies et al., 2017). Běžně se ale objevuje i v řídké zeleni v blízkosti člověka, včetně vnitřní městské zástavby (Ježová, 2008). Většinou koňadry neopouští svá stanoviště ani v zimě, s výjimkou populací z nejsevernějších oblastí, které se na konci podzimu vydávají na jihozápad (Felix et Hísek, 2000). Je tedy parciálně tažná a její přesuny ze severu mohou být invazivního charakteru

(Bejček et Šťastný, 2006). Sýkora koňadra zakládá své teritorium brzy na jaře a udržuje si velkou část chovného areálu jako rezident (Slagsvold, 1978).

Páry se zpravidla zdržují blízko nebo v rámci svého teritoria po celý rok. Mladí ptáci se rozptylují mimo území svých rodičů, ale často sami hnízdí nedaleko (Greenwood et al., 1979).

Skladba potravy sýkory koňadry se se změnou sezóny mění. V létě se dieta koňadry skládá primárně z bezobratlých, zatímco v zimě a na podzim je rostlinný materiál obecně nejčastější a dominantní potravou (Singer, 2017). Také během rozmnožování se potrava koňader mění na protein bohatší. Tvorba vajec je metabolicky náročný proces, který u koňader zvýší metabolické nároky během vývoje vaječnickových folikulů o 22 % (Pitt et al., 2023).

Na západním palearktu probíhá hnízdní sezóna sýkory koňadry od pozdního března do září (Ježová, 2008). V České republice se její hnízdění odehrává v druhé a třetí třetině dubna (Figura, 2013), hnízdí dvakrát do roka, prvně v dubnu a podruhé v červnu či červenci (Felix, 1978). Hnízdí zde 3 – 6 milionů párů (Figura, 2013).

Hnízdo si samice vystýlá mechem, lišejníky, stébly a kořínky (Singer, 2002). Vytvoří z nich hlubokou kotlinku a tu dále vystýlá jemnými chlupy a peřím. Do připraveného hnízda snáší jedno vejce denně a inkubace začíná obvykle v den, kdy snese poslední vejce. Snůška čítá v rozmezí 5-12 vajec, bílých červeně skvrnitých (viz obr. č. 1), (Felix et Hísek, 2002).

Velikost vejce se pohybuje mezi 14,4 - 20,1 mm na délku a mezi 11,3 - 14,8 mm na šířku. Na vejcích sedí jen samice, zatímco samec samici na hnízdě krmí (Felix, 1978). Opustí-li samice snůšku, vejce v hnízdě zakryje (Bejček et Šťastný, 2006). Inkubační doba trvá zpravidla 12 až 15 dní (Hope et al., 2022).

Chudší snůšky mívají koňadry ve druhém hnízdění nebo na méně bohatých stanovištích. Oba rodiče krmí potomky dalších 16 až 22 dní. Patří tedy mezi ptactvo altriciální (Ježová, 2008). V průběhu hnízdění se rodiče vydávají za potravou v areálu

4500 m² (Hope et al., 2022). Mladé koňadry se osamostatňují zpravidla po 8 dnech následování svých rodičů, někdy své rodiče ale následují a jsou jimi dokrmovány i déle (Ježová, 2008).



obr. č. 1: Hnízdo sýkory koňadry s vejci

autor: Brett Westwood

<https://www.discoverwildlife.com/how-to/identify-wildlife/how-to-identify-birds-eggs/>

3.4.1.2 Sýkora modřinka (*Cyanistes caeruleus*)

Sýkora modřinka a její poddruhy jsou považovány za původní druhy v oblastech evropského kontinentu s převážně mírným nebo středomořským klimatem a v částech Středního východu. Vyskytuje se také v Severní Africe (Černý, 2004). Obývá velmi pestrá paleta hustě i řídky zalesněného prostředí, včetně urbanizovaných oblastí, například městské zástavby. Z lesů dává přednost listnatým a smíšeným. Jsou částečně tažné, přesuny severních populací mohou nabrat invazivní charakter, zrovna tak jako je tomu u sýkory koňadry. Páry se ale obvykle zdržují blízko nebo v rámci svého teritoria po celý rok (Bejček et Šťastný, 2006).

Potravu sýkory modřinky tvoří okolo 16 řádů bezobratlých. Živí se ale také některými druhy ovoce a semen, která do svého jídelníčku zařazuje zpravidla mimo

reprodukční sezónu. Obratně se pohybuje po tenkých větvích a hledá potravu na listech stromů a keřů. Zřídka ji pozorujeme pátrat i na zemi (Ježová, 2008).

Na rozdíl od sýkory koňadry nehnízdí modřinka v nejvyšších polohách hor České republiky. Hnízdí zpravidla jednou ročně, od poloviny dubna do začátku června, a to v jakékoliv vhodné díře ve stromě, ve zdi nebo pařezu. Modřinky také ochotně přijímají hnízdní budky (Formánek, 2017). Často přitom o prostor, a tedy i vhodné teritorium, soutěží s vrabci domácími nebo sýkorami koňadrami (Bejček et Šťastný, 2006).

Hnízdo si samice staví z mechu a lišejníků, výstelku tvoří jemné chlupy jiných živočichů a peří (Formánek, 2017). Ačkoli jsou modřinky společensky monogamní, na rozdíl od koňader se zapojují do extrapárové kopulace s jinými jedinci, známé jako polygynie (Dhondt, 1987). Jedna z výhod polygynie může být taková, že samicím se vyplatí rozmnožit se se samcem, který už sice v páru je, ale obsadil teritorium v bohatém habitatu než s volným samcem, na chudší lokalitě. Polygynie může tedy zvyšovat hustotu zahnízdění v bohatších habitatech a ponechávat nespárované samčí jedince v chudších (Newton et Brockie, 2003).

Velikost vejce se pohybuje mezi 14–18 mm na délku a 10.7–13.5 mm na šířku. Opustí-li samice snůšku, vejce v hnízdě zakryje (Bejček et Šťastný, 2006). Snůška čítá 7–12 vajec, která mají na tupém pólu vejce na bílém podkladu drobné červenohnědé skvrnění (viz obrázek č.2). Inkubační doba trvá zpravidla 12 až 18 dní, kdy na vejcích sedí samice, během této doby se samec stará o přísun potravy (Formánek, 2017). Oba rodiče krmí mláďata dalších 17 až 18 dní. Patří mezi ptactvo altriciální (Černý, 2004).



obr. č. 2 Hnízdo Sýkory modřinky s vejci

autor: Robert Stead

<https://fi.pinterest.com/pin/animals-bird-nest-vogelnest--372884044120009738/>

3.4.2 Čeleď brhlíkovití (*Sittidae*)

Čeleď brhlíkovitých *Sittidae* obsahuje jeden rod *Sitta* s 29 druhy IOC World Bird List (Kyne, 2020). Jsou čeledí řádu pěvců. Tvoří charakteristickou skupinu drobných pěvců s kompaktním tělem, zaoblenými křídly, šídlovitým zobákem, krátkýma nohama a v poměru k tělu velkými pařáty. Mají nápadně krátký ocas a na nohou nejmohutnější zadní prst, který je společně s drápem delší než běhák (Veselovský et Dungel, 2001). Díky tomu jsou charakterističtí svým způsobem obratného pohybu po kmeni stromů hlavou dolů.

Brhlíkovití jsou monogamní čeledí. Podílejí se na hřadování, pomocí čehož si snižují požadavky na termoregulaci, riziko predace a zvyšují efektivitu hledání potravy (Beauchamp, 1999). Jsou rozptýleni v mírných pásech Evropy, Asie a Severní Ameriky, včetně himálajských ekosystémů, stejně jako tropických asijských oblastech. Asie je centrem diverzifikace brhlíkovitých. Nevyskytují se v Jižní Americe, subsaharské Africe a

Austrálii (Pasquet et al., 2014). V České republice se vyskytuje jediný druh brhlíka lesního *Sitta europaea* (Linné, 1758). Z velké části se omezují na suché, nerovnickové listnaté lesy, ale také na bory (Dickinson et al., 2006).

3.4.2.1 Brhlík lesní (*Sitta europaea*)

Stanoviště brhlíka lesního se rozléhá po celé Evropě s výjimkou Irska a severní Skandinávie (Felix et Hísek, 2000). Objevuje se v různých typech lesních porostů, preferuje zejména listnaté a smíšené lesy. Žije však i v jehličnatých, hlavně v borech (Bejček et Šťastný, 2006). Je striktně rezidentním ptákem (Nilsson, 1976).

Potrava brhlíka lesního se liší v závislosti na ročním období. Na jaře a v létě konzumuje více hmyzu, pavouků a dalších členovců, zatímco na podzim a v zimě konzumují více semen a ořechů (Singer, 2002). Již zmíněná schopnost zdárně šplhat po stromech i hlavou dolů jim umožňuje hledat hmyz a jiné bezobratlé živočichy i na spodních stranách větví. Ve štěrbinách stromů a jiných úkrytech si také ukládají semena, která pak získávají v době, kdy je potravy nedostatek (Hudec et al. 1994).

Hnízdění brhlíka lesního se v České republice odehrává od poloviny dubna do května. Druhé hnízdění bývá méně časté (Formánek, 2017). V době hnízdění se s brhlíky běžně setkáme v listnatých i smíšených lesích, v břehových porostech i v městských parcích, kterak hnízdí v dutinách stromů. Pravidelně hnízdí také v ptačích budkách (Král, 2010).

Hnízdo tvoří volná kupka borky, suchého listí a vláken, umístěna v dutinách, budkách či trhlinách zdí (Černý, 2004). Vletový otvor je zúžen zatvrdlou směsí jílu a slin, na průměr těla (Felix, 1978). Pokud zahnízdí v ptačí budce, zazdí nejen vchod, ale také štěrbinu pod stříškou a ve stěnách (Bejček et Šťastný, 2006).

Koncem dubna a na začátku března začínají samice snášet vejce. Brhlík lesní mívá 6 – 8 bílých, rezavě skvrnitých vajec. Velikost vejce se pohybuje mezi 17,2 - 22,5 mm na délku a mezi 13,5 - 15,4 mm na šířku. Samice inkubuje vejce po dobu 13 – 17 dnů. O krmení se starají oba rodiče, 22 – 24 dnů. Patří tedy mezi ptactvo altriciální (Felix, 1978). Nové teritorium zakládají mladíství jejich první léto a typicky zabírají 1±3 ha na dobrém stanovišti (Bellamy et al, 1998).



obr. č. 3: Hnízdo brhlíka lesního s vejci

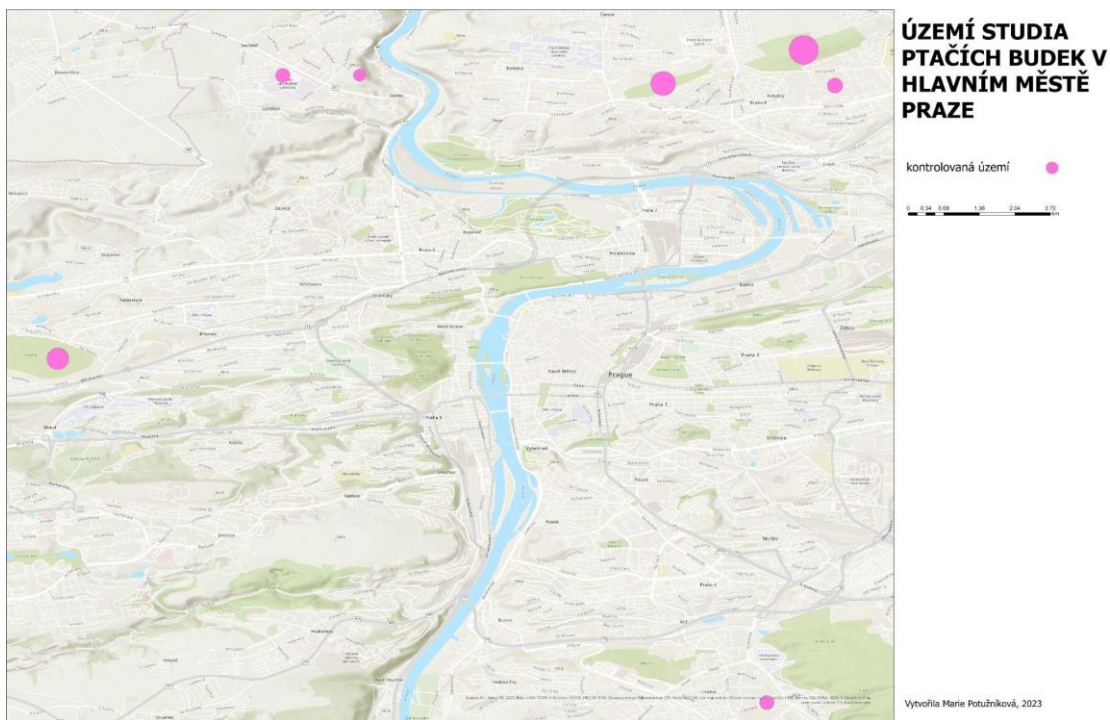
<https://www.flickr.com/photos/68170166@N02/6915713733>

4 Metodika

Kapitola obsahuje stručnou charakteristiku vybraných lokalit na jejichž území byla sbírána data pro tuto studii, dále informace o průběhu sběru dat v terénu, následuje popis, jakým způsobem byly vytvořeny modely teritorií včetně ukázek vytvořených map a poté kapitola Statistická analýza, kde se věnují samotnému zpracování dat.

4.1 Charakteristika studijního území

Monitoring probíhal v prostředí více či méně urbanizovaném. Ze sedmi lokalit zde byla dvě sídliště a jeden univerzitní kampus, tedy tři městské zástavby. Disturbance člověkem byla tedy nejvyšší na těchto třech územích. Ostatní budky se nalézaly v parcích s listnatým a smíšeným porostem.



obr. č. 4: Mapa obecného znázornění lokalit – sedmi parků a urbanizovaných oblastí na území hl. města Prahy: Čimický a Ďáblický háj, Obora Hvězda, Sedlec, sídliště v Ládvi, sídliště v Krči a kampus ČZU

Ďáblický a Čimický háj jsou dva propojené parky o rozloze 37 ha a 16 ha. Nejvíce zastoupené dřeviny jsou zde dub zimní (*Quercus petraea*), modřín opadavý (*Larix decidua*) a lípa srdčitá (*Tilia cordata*) “V současné době se v obou lesích preferuje přírodně blízké hospodaření”. Nejčastěji zastoupena je 1. a 2. věková třída lesního porostu (1–20 a 21–40 let) (Hlavní město Praha, ©2013).

Dalším parkem je Obora Hvězda se svými 85,6 ha a nejčastěji zastoupenými dřevinami dubem zimním, bukem lesním (*Fagus sylvatica*) a olší lepkavou (*Alnus glutinosa*) s nejčastějším zastoupením 8. věkové třídy lesního porostu, tedy věkem nad 140 let (Hlavní město Praha, ©2013).

Posledním parkem je přírodní památka Sedlecké skály s rozlohou 7,5 ha. Nejčastěji zastoupenými dřevinami jsou v jižní části Sedleckých skal javory a duby. Oproti tomu v

severní části se skalními ochozy se nacházejí zejména křoviny a traviny (2023, Pražské výhledy).

4.2 Sběr dat

Data byla získávána v tříčlenném týmu v období od dubna do června roku 2021. Monitoring se týkal pouze ptáků hnízdících v dřevěných hnízdních budkách. Před začátkem monitoringu byly všechny budky zkontrolovány a ty, které byly v pořádku byly manuálně vyčištěny, aby byla zřejmá jejich obsazenost a zahájení hnízdění. Těchto 264 hnízdních budek bylo pak navštěvováno alespoň jednou týdně a prohlídky byly prováděny s pomocí endoskopické kamery, popřípadě manuálně (otevřením hnízdní budky a pohledem).

Pro účel této práce byly zaznamenávány do jednotného formuláře, přístupného prostřednictvím mobilních telefonů, primárně informace o třech již zmíněných a v budkách nejčastěji zastoupených druzích pěvců: sýkoře koňadře, sýkoře modřince a brhlíkovi lesním. K zaznamenání dat byla použita GPS a následně byla data přiřazována v aplikaci *Survey 1 2 3*, kde byl vyplňován formulář s následujícími informacemi: číslo ptačí budky, lokalita, autor kontroly, datum kontroly, metoda kontroly, stádium reprodukce, ptačí druh, počet vajec či mláďat nebo predace hnízda. Následné analýzy byly pak vztaženy výhradně na první snůšky.

4.3 Model teritorií – digitální mapování

Do našich územních analýz byly individuálně zahrnuty již zmíněné tři v budkách se nejčastěji vyskytující druhy a ostatní druhy byly zahrnuty hromadně, do sekce “ostatní”, protože i zde existuje vzájemná konkurence o konkrétní typ hnízdní plochy. Ačkoli tyto druhy často sdílejí teritoria, v jejich ekologických nikách se liší. Modely, které jsem vytvořila a jejichž náhled je součástí kapitoly 6. Výsledky (viz obr. č. 9 – 11), poskytují individuální míru hustoty rozmnožování pro každý pár a zohledňují rozdíly v hustotě rozmnožování v rámci konkrétní lokality.

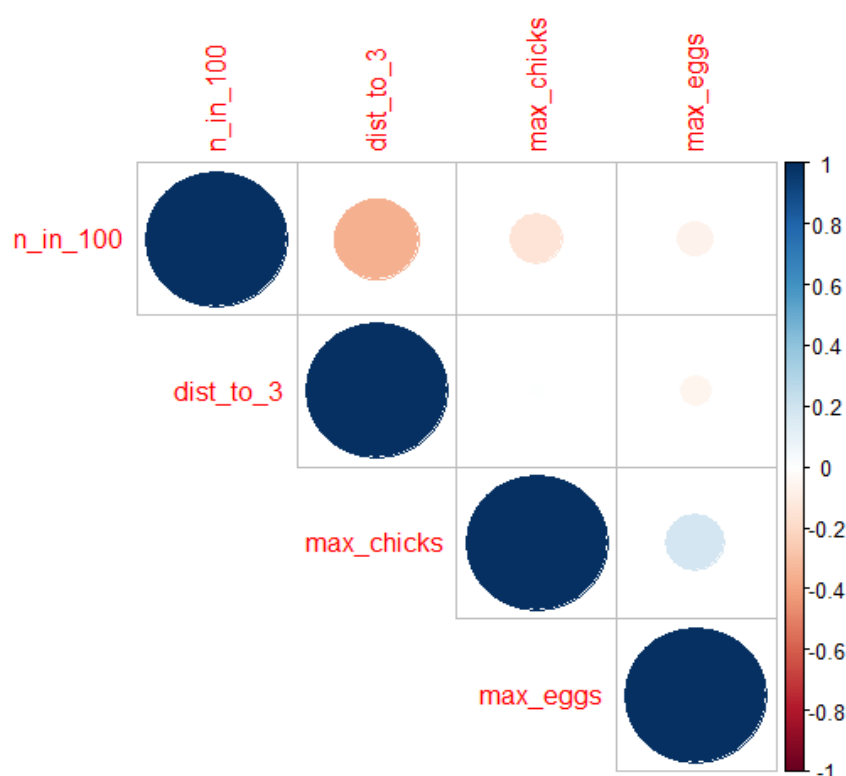
Poloha každé hnízdni budky byla georeferencována v ArcGIS Pro 3.1 a byla použita pro generování vrstev: 1.) všech aktivních budek 2.) obsazených budek podle druhu 3.) Thiessenových polygonů vytvořených jakožto teritorium pro každou obsazenou budku.

Thiessenovy polygony jsou geometrická konstrukce, která obsahuje všechny body blíže ke generujícímu bodu (v tomto případě hnízdni budka) než k jakémukoliv jinému. Toho je dosaženo umístěním hranic přesně uprostřed mezi všemi sousedními sousedy až po obvod zkoumané lokality včetně. Polygony jsou vytvořeny na rovném povrchu, a proto neberou v úvahu topografické odchylky ve velikosti polygonu. Z tohoto důvodu už Wilkin et al. (2006) ve své studii testovali vliv síly gradientu a interakci s velikostí polygonu a nenašli žádné účinky. Proto je tato práce také nebere v potaz. Dále, zrovna tak jako Wilkin et al. (2006) předpokládáme, že teritorialita je nejsilnější v hnízdni budce a klesá se vzdáleností, jak bylo pozorováno u mnoha teritoriálních zvířat.

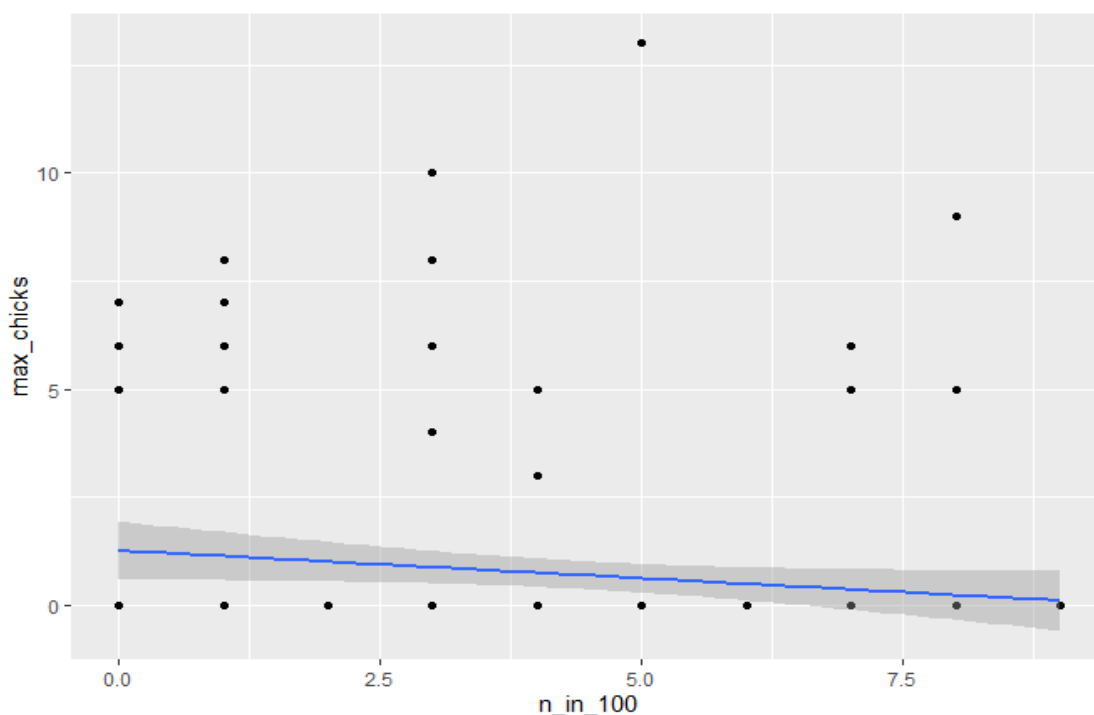
Hustota bývá definována jako počet párů hnízdících ptáků (na základě počtu prvních snůšek) používajících hnízdni budky na hektar ve studované oblasti, přičemž hustota budek zůstává během studie konstantní. V této studii byla však použita metoda měření hustoty chovu na úrovni jedince. Metoda je založena na vzdálenosti k nejbližšímu sousedovi chovu (viz např. Krebs, 1971). I když má tato metoda tu výhodu, že každému páru přiřazuje individuální míru hustoty rozmnožování, neuznává žádné jiné sousedy než nejbližší, a nezohledňuje tak prostorově proměnlivé hustoty rozmnožování. Například dvěma páry, které se rozmnožují blízko sebe, ale ve značné vzdálenosti od ostatních, by byla přiřazena stejná hodnota nejbližšího souseda jako jinému podobně rozmístěnému páru ve středu hustě zaplněného shluku.

5 Výsledky

Pro účely této práce byla vybrána z celého datasetu data určující maximální zaznamenaný počet vajec a mláďat pro každou budku, dále pak data určující lokalitu, druh ptáka, ID konkrétní hnízdní budky a její souřadnice. Využity nebyly záznamy o fázi reprodukce (inkubace/vylíhlá mláďata), datumu kontroly, autorovi kontroly a metodě kontroly. V programu R studio verze 2023.03.0+386 byl testován možný vztah mezi průměrnou vzdáleností k nejbližšímu sousedovi od každé budky napříč všemi lokalitami, která byla vypočítána na 3 m, a dále vztah mezi počtem sousedů do 100m od každé budky napříč všemi lokalitami, a to s počtem vajec a počtem mláďat. Z této analýzy byl vytvořen následující korelogram (viz obr. č. 5).



obr. č. 5: Korelogram – n_in_100 udává počet sousedů rozmístěných do 100 metrů od každé budky, dist_to_3 udává průměrnou vzdálenost nejbližšího souseda ke každé budce, max_chicks udává maximální zaznamenaný počet kuřat pro každou budku a max_eggs udává maximální zaznamenaný počet vajec pro každou budku, toto vše napříč všemi sedmi lokalitami.



obr. č. 6: Graf znázorňuje vztah mezi počtem sousedů rozmístěných do 100 metrů od každé budky a mezi maximálním zaznamenaným počtem mládřat v každé budce

Vztah mezi počtem sousedů rozmístěných ve vzdálenosti do 100 metrů od každé budky a maximálním zaznamenaným počtem mládřat v každé budce byl následně promítnut do samostatného grafu (viz obrázek č. 6).

Z korelogramu (obr. č. 5) a následně i z grafu (obr. č. 6) vyplývá pouze slabá negativní korelace (-0,2) mezi počtem sousedů rozmístěných do 100 metrů od každé budky a maximálním zaznamenaným počtem mládřat v každé budce – tedy čím více měl kterýkoli hnízdící pár sousedů rozmístěných do vzdálenosti 100m, tím méně bylo v dané budce hnízdícího páru zaznamenáno mládřat.

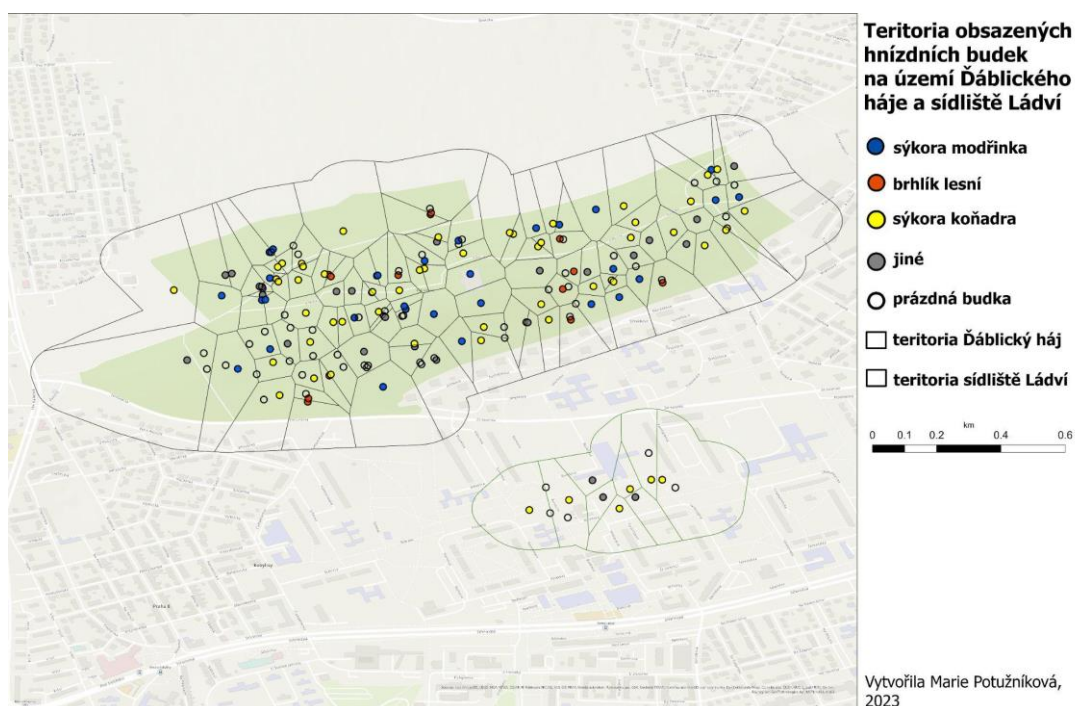
Z korelogramu však nevyplývá žádný vztah mezi maximálním počtem vajec zaznamenaným v každé budce a průměrnou vzdáleností k nejbližšímu sousedovi, která činila 3 m. Dokonce ani vztah mezi max. počtem vajec a počtem sousedů rozmístěných do 100 m od každé budky. Do přílohy (viz Příloha č. 1) přikládám kompletní skript z programu R, který zahrnuje veškeré operace s daty.

Tlak hustoty na úspěšnost reprodukce byl definován počtem sousedních budek a jejich průměrnou vzdáleností, pro každou budku. Pro přehled uvádím v následující tabulce (tabulka č. 1) počty obsazených budek dle zaznamenaných ptačích druhů v individuálních lokalitách.

Druh	Ďáblický háj	Čimický háj	Ládví	Krč	Obora Hvězda	kampus ČZU	Sedlec	Celkem	%
sýkora koňadra	45	27	6	10	4	5	0	97	50.26
sýkora modřínka	32	2	0	0	6	1	0	41	21.24
brhlík lesní	12	3	0	0	0	0	0	15	7.77
ostatní	27	3	3	2	3	2	0	40	20.73
celkem	116	35	9	12	13	8	0	193	100

tabulka č. 1: počet obsazených budek podle druhu ptáka a lokality

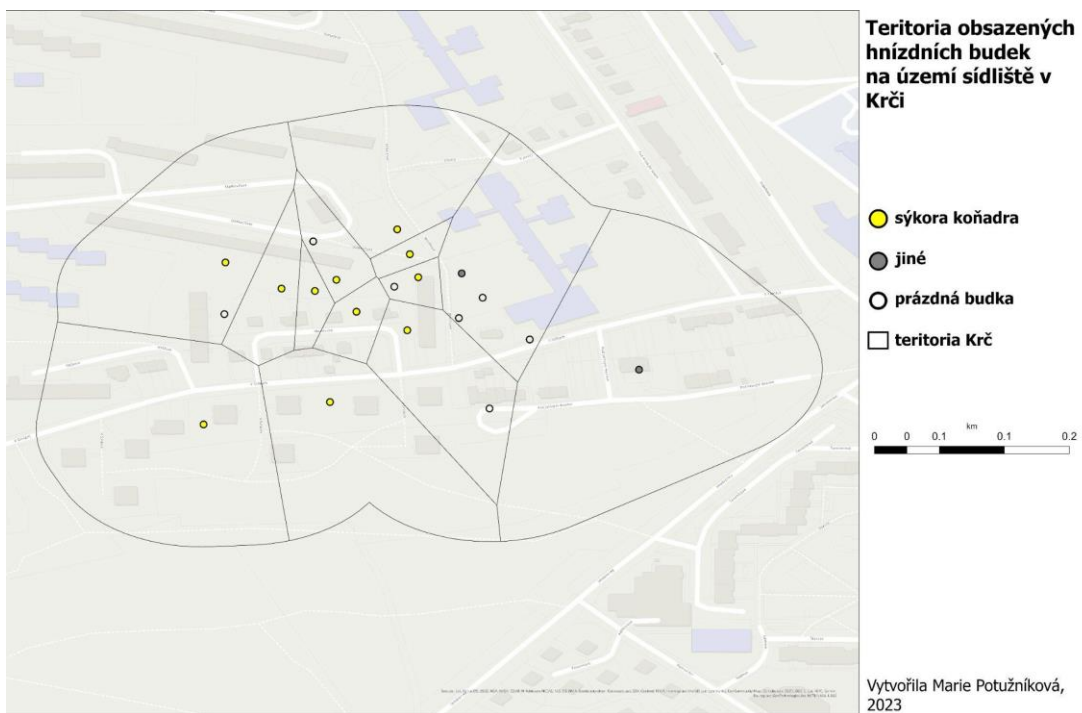
Na následujících obrázcích (obr. č. 5 – 9) jsou znázorněny výsledné modely teritorií jednotlivých lokalit (případně dvě velmi blízké lokality v rámci jednoho obrázku), které jsem vytvořila v programu ArcGIS Pro s použitím již zmíněných (kapitola 4.3 Model teritorií - digitální mapování) Thiessenových polygonů vytvořených jakožto teritorium pro každou obsazenou budku.



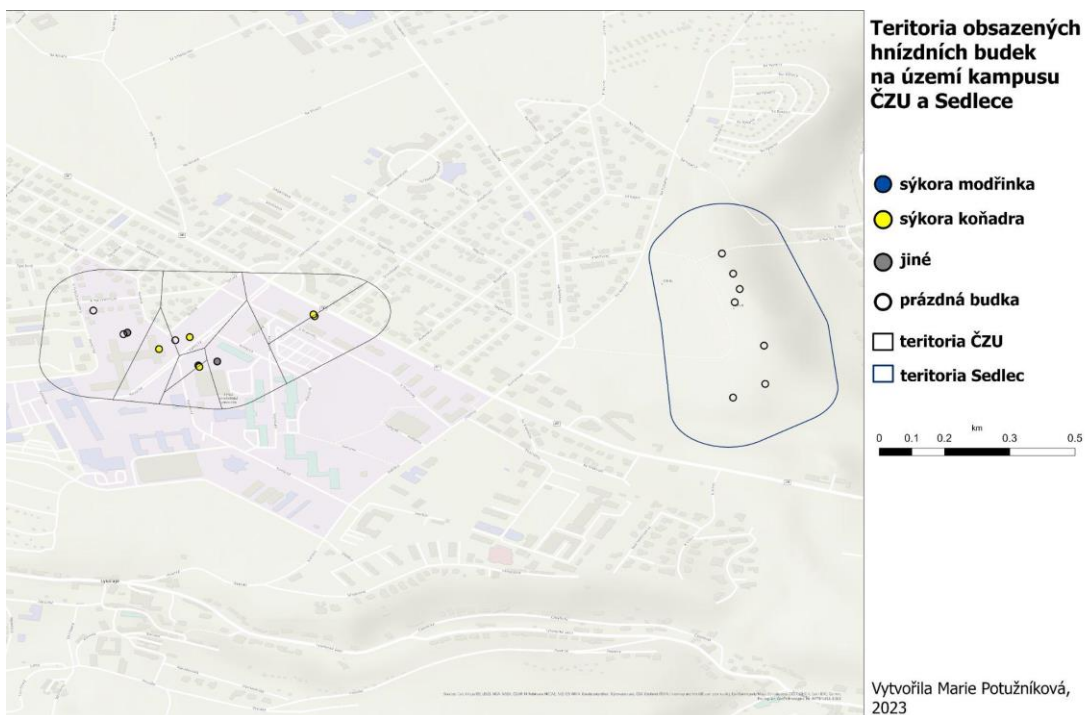
obr. č. 7: Mapa lokalit Ďáblický háj sídliště Ládví s jednotlivými druhy ptáků a jejich teritorii



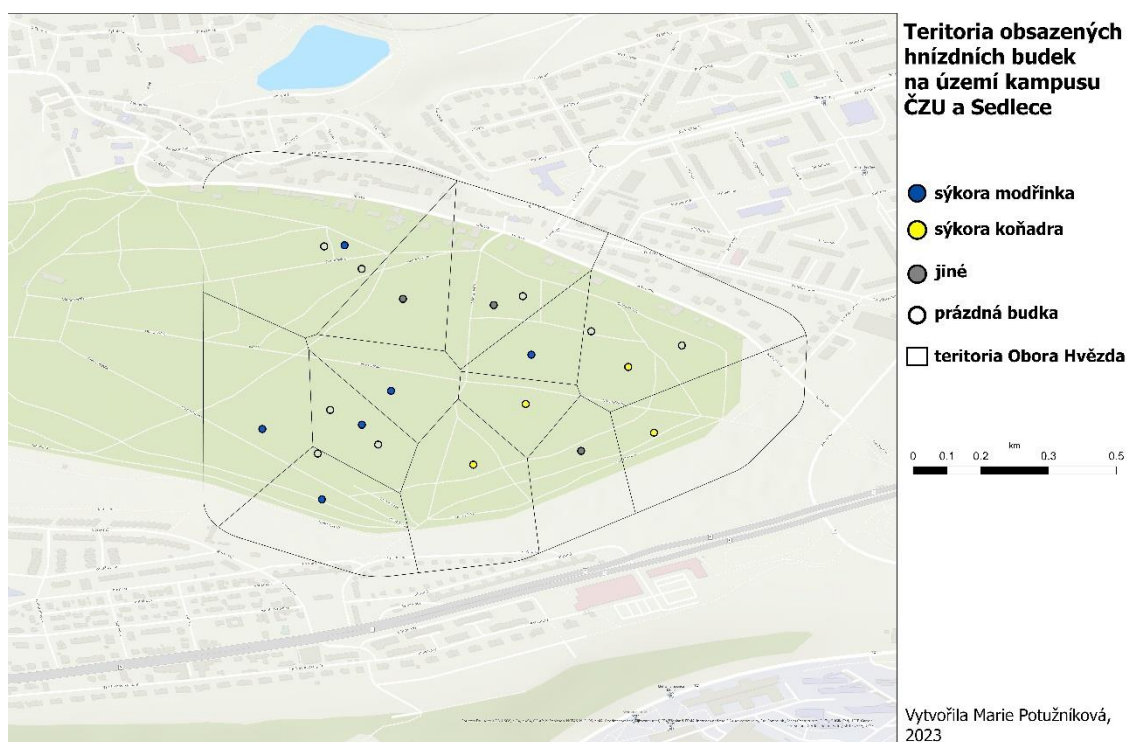
obr. č. 8: Mapa lokality Čimického háje s jednotlivými druhy ptáků a jejich teritorii



obr. č. 9: Mapa lokality sídliště Krč s jednotlivými druhy ptáků a jejich teritorii



obr. č.10: Mapa lokalit kampusu ČZU a Sedlece s jednotlivými druhy ptáků a jejich teritorii



obr. č.11: Mapa lokality Obory Hvězdas jednotlivými druhy ptáků a jejich teritorii

6 Diskuze

Výsledky analýzy naznačují možnou mírnou negativní korelaci mezi počtem sousedů rozmístěných do 100 m od každé budky a maximálním zaznamenaným počtem mlád'at v každé budce (viz obrázek č. 6 a tabulka č. 1). Tato korelace je však příliš slabá, než aby bylo možné potvrdit tvrzení, které uvádějí Nicolaus (2009) a Both et al. (2000), kteří skutečně zjistili silný negativní vztah mezi počtem sousedů a počtem mlád'at.

Nevyhraněné výstupy mohou plynout z nedostatečného vzorku dat, co se počtu vajec a vylíhnutých mlád'at týče, rozprostřeného po několika odlišných lokalitách, kde se výsledky potenciálně navzájem mohou mařit. Stejný vzorek dat pouze z jedné, by mohl vytvořit dostatečně robustní základ pro statistickou analýzu této práce.

Výstupy metody kontrol pomocí endoskopické kamery byly často těžko interpretovatelné. Jak už bylo řečeno v rešeršní části této práce, sledované druhý ptáků mají ve zvyku v případě opuštění hnízda své snůšky zakrývat a počet vajec mohl být z tohoto důvodu nepřesný. V případě, že samice sýkory koňadry či modřinky v čase kontroly inkubovala, mohly se zanést do počtů další nepřesnosti. Řešením tohoto problému může být manuální kontrola nebo například termokamera uvnitř hnízdní budky. Přičemž manuální kontrola, jak se ukázalo obzvlášť v případě brhlíků lesních, s sebou nese nezanedbatelnou nevýhodu pravidelné dávky stresu navíc a riskování opuštění snůšky či mlád'at. Kamery skýtají nevýhodu velkých finančních nákladů, nicméně u větších projektů jsou hojně a s úspěchem využívány např. (Zárybnická, 2008 a další autorčiny práce) a

poskytují další cenné informace o ekologii hnízdění vybraných ptačích druhů s minimálním rušením během hnízdění.

Dalším možným důvodem, proč očekávaná korelace nevyšla mezi hustotou zahnízdění a velikostí snůšky a mezi hustotou a počtem mlád'at jen slabá negativní je monitoring pouze během jednoho reprodukčního období. *“Během období s vysokou dostupností potravy totiž může chybět konkurence a účinky závislé na hustotě se s velkou pravděpodobností neobjeví. Proto by studie účinků závislých na hustotě měly pokračovat po delší období, aby bylo možné prozkoumat hustotu v důsledku přirozených změn v zásobování potravou, ke kterým dochází v průběhu let”* (Both, 1998b).

Faktorem ovlivňujícím výsledky této práce mohou být také ostatní hnízdící páry tří sledovaných druhů, které hnízdili v přirozených dutinách a nebyly tedy v rámci našeho experimentu brány v potaz. V takovém případě by teritoria vypadala odlišně a do analýzy by vstupovala jiná data, např. vyšší počty sousedů do 100 m od každé sledované budky, ale i jiný průměr vzdálenosti k nejbližšímu sousedovi.

7 Závěr a přínos práce

V rámci této studie, která se zabývala vlivem hustoty a obsazenosti hnízdících budek ve vybraných lokalitách na území hl.m. Prahy na hnízdící parametry ptáků – především na počet vajec a mlád'at – nebylo dosaženo významných výsledků. Byla však naznačena možná shoda s jinými studii (např. Both et al., 2000; Nicolaus, 2009), které se negativním vlivem hustoty hnízd na počty mlád'at a celkovou úspěšnost taktéž zabývají. Proto se domnívám, že tato studie má ještě velký potenciál a nasbíraná data by si zasloužila, např. v rámci navazující diplomové práce hluběji analyzovat (např. individuálně každou lokalitu pro níž byla sebrána dostatečně objemná data) případně doplnit opakováním studie v následujících letech s důslednějším sběrem dat, třeba i za cenu zkoumání menšího počtu nebo lépe vybraného území.

Používání hnízdících budek ke studiu biologie, chovu ptáků a jejich využití jako nástroj managementu, je velmi rozšířené. Přesné umístění hnízdících budek může ovlivnit individuální preference pro tato místa rozmnožování; avšak vliv určujících faktorů (např. hustota hnízdících budek) na míru obsazení nebo parametry rozmnožování nebyl dosud

dostatečně pokryt. Zdá se důležité přizpůsobit prostorové rozptýlení v krajině druhově specifickým požadavkům, a to na každém daném stanovišti (Davies et al., 2017). Myslím si, že důkladnější studie, případně i pokračování v analýze současných dat v rámci navazující diplomové práce, jíž by mohla být tato bakalářská práce předlohou, by stále mohlo k řešení tohoto problému přispět.

8 Přehled literatury a použitých zdrojů

8.1 Literární zdroje

ALATALO, Rauno V. a Juan MORENO, 1987. Body Size, Interspecific Interactions, and Use of Foraging Sites in Tits (Paridae). *Ecology* [online]. **68**(6), 1773–1777. ISSN 00129658. Dostupné z: doi:10.2307/1939868

ARNOLD, Kathryn E., Scot L. RAMSAY, Lindsay HENDERSON a Stephen D. LARCOMBE, 2010. Seasonal variation in diet quality: antioxidants, invertebrates and blue tits *Cyanistes caeruleus*: ANTIOXIDANTS IN INVERTEBRATES AND CHICKS. *Biological Journal of the Linnean Society* [online]. **99**(4), 708–717. ISSN 00244066, 10958312. Dostupné z: doi:10.1111/j.1095-8312.2010.01377.x

BEAUCHAMP, G., 1999. The evolution of communal roosting in birds: origin and secondary losses. *Behavioral Ecology* [online]. **10**(6), 675–687. ISSN 14657279. Dostupné z: doi:10.1093/beheco/10.6.675

BEJČEK, Vladimír a Karel ŠŤASTNÝ, 2006. *Ptáci: encyklopedie*. 3. vyd. Čestlice: Rebo. ISBN 978-80-7234-602-8.

BERTHOLD, P., 2001. *Bird migration: a general survey*. 2nd ed. Oxford; New York: Oxford University Press. Oxford ornithology series, 12. ISBN 978-0-19-850786-4.

BOTH, Christiaan a Marcel E. VISSER, 2008. Breeding territory size affects fitness: an experimental study on competition at the individual level: Population density, territory size and fitness. *Journal of Animal Ecology* [online]. **69**(6), 1021–1030. ISSN 00218790. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2656.2000.00458.x

BOTH, Christiaan, 1998a. Density dependence of clutch size: habitat heterogeneity or individual adjustment? *Journal of Animal Ecology* [online]. **67**(4), 659–666. ISSN 0021-8790, 1365-2656. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2656.1998.00227.x

BOTH, Christiaan, 1998b. Experimental evidence for density dependence of reproduction in great tits. *Journal of Animal Ecology* [online]. **67**(4), 667–674. ISSN 0021-8790, 1365-2656. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2656.1998.00228.x

BOTH, Christiaan, Joost M. TINBERGEN a Arie J. VAN NOORDWIJK, 1998. Offspring

fitness and individual optimization of clutch size. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences* [online]. **265**(1412), 2303–2307. ISSN 0962-8452, 1471-2954. Dostupné z: doi:10.1098/rspb.1998.0575

BOTH, Christiaan, Joost M. TINBERGEN a Marcel E. VISSER, 2000. ADAPTIVE DENSITY DEPENDENCE OF AVIAN CLUTCH SIZE. *Ecology* [online]. **81**(12), 3391–3403. ISSN 0012-9658. Dostupné z: doi:10.1890/0012-9658(2000)081[3391:ADDOAC]2.0.CO;2

BURNIE, David, 2008. *Ptáci: obrazová encyklopedie ptáků celého světa*. V Praze: Knižní klub. ISBN 978-80-242-2235-6.

ČERNÝ, Walter, 2004. *Ptáci*. Vyd. 8. Praha: Aventinum. ISBN 978-80-7151-239-4.

CHAMAILLÉ-JAMMES, Simon, Hervé FRITZ, Marion VALEIX, Felix MURINDAGOMO a Jean. CLOBERT, 2008. Resource variability, aggregation and direct density dependence in an open context: the local regulation of an African elephant population. *Journal of Animal Ecology* [online]. **77**(1), 135–144. ISSN 00218790, 13652656. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2656.2007.01307.x

DHONDT, Andre A., 1987. Polygynous Blue Tits and Monogamous Great Tits: Does the Polygyny-Threshold Model Hold? *The American Naturalist* [online]. **129**(2), 213–220. ISSN 0003-0147, 1537-5323. Dostupné z: doi:10.1086/284631

DICKINSON, Edward, Vladimír LOSKOT, Hiroyuki MORIOKA, Soekarja FELIX, Jiří a Květoslav HÍSEK, 2000. *Ptáci lesů a hor*. Vyd. 1. Praha: Aventinum. Edice Vádemékum. ISBN 978-80-7151-123-6.

FIGURA, Roman, 2013. *Hnízdní ztráty dutinových pěvců: sezonní vlivy a reprodukční odpovědi*. Olomouc, 43 s. Diplomová práce. Ved. práce Mgr. Peter Adamík, Ph.D. Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta.

FORMÁNEK, Jiří, 2017. *Hnízda pěvců České republiky*. Vydání 1. Praha: Academia. Atlas. ISBN 978-80-200-2688-0.

GREENWOOD, Paul J., Paul H. HARVEY a Christopher M. PERRINS, 1979. The Role of Dispersal in the Great Tit (*Parus major*): The Causes, Consequences and Heritability of Natal Dispersal. *The Journal of Animal Ecology* [online]. **48**(1), 123. ISSN 00218790. Dostupné z: doi:10.2307/4105

HINSLEY, S., BELLAMY, P., ENOKSSON, B., FRY, G., GABRIELSEN, L., McCOLLIN, D. and SCHOTMAN, A. (1998), Geographical and land-use influences on bird species richness in small woods in agricultural landscapes. *Global Ecology & Biogeography Letters*, 7: 125-135. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.1998.00274.x>

HOPE, Sydney F., William A. HOPKINS a Frédéric ANGELIER, 2022. Parenting in the city: effects of urbanization on incubation behaviour and egg temperature in great tits, *Parus major*. *Animal Behaviour* [online]. **194**, 1–11. ISSN 00033472. Dostupné z: doi:10.1016/j.anbehav.2022.09.004

HUDEC, Karel, František BALÁT a Karel ŠTASTNÝ, ed., 1994. *Ptáci =: Aves*. 2. přepracované a doplněné vyd. Praha: Academia. Fauna ČR a SR, sv. 27. ISBN 978-80-200-1113-8.

JEŽOVÁ, Dana. 2008. *Explorační strategie sýkor (Paridae) a jejich reakce na neznámou potravu*. Diplomová práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra zoologie. Vedoucí práce Exnerová, Alice.

KAŠOVÁ, Martina, Ladislav NAĎO a Peter KAŇUCH, 2014. Structure of tree vegetation may reduce costs of territory defence in Eurasian Nuthatch *Sitta europaea*. *Bird Study* [online]. **61**(3), 413–420. ISSN 0006-3657, 1944-6705. Dostupné z: doi:10.1080/00063657.2014.933771

KREBS, John R., 1971. Territory and Breeding Density in the Great Tit, *Parus Major* L. *Ecology* [online]. **52**(1), 2–22. ISSN 00129658. Dostupné z: doi:10.2307/1934734

LACK, David, 1968. Bird Migration and Natural Selection. *Oikos* [online]. **19**(1), 1–9. ISSN 00301299, 16000706. Dostupné z: doi:10.2307/3564725

LAMBRECHTS, Marcel M., Frank ADRIAENSEN, Daniel R. ARDIA, Alexandr V. ARTEMYEV, Francisco ATIÉNIZAR, Jerzy BAŃBURA, Emilio BARBA, Jean-Charles BOUVIER, Jordi CAMPRODON, Caren B. COOPER, Russell D. DAWSON, Marcel EENS, Tapio EEVA, Bruno FAIVRE, Laszlo Z. GARAMSZEGI, Anne E. GOODENOUGH, Andrew G. GOSLER, Arnaud GRÉGOIRE, Simon C. GRIFFITH, Lars GUSTAFSSON, L. Scott JOHNSON, Wojciech KANIA, Oskars KEIŠS, Paulo E. LLAMBIAS, Mark C. MAINWARING, Raivo MÄND, Bruno MASSA, Tomasz D. MAZGAJSKI, Anders Pape MØLLER, Juan MORENO, Beat NAEF-DAENZER, Jan-Åke NILSSON, Ana C. NORTE, Markku ORELL, Ken A. OTTER, Chan Ryul PARK, Christopher M. PERRINS, Jan PINOWSKI, Jiri PORKERT, Jaime POTTI, Vladimir REMES, Heinz RICHNER, Seppo RYTKÖNEN, Ming-Tang SHIAO, Bengt SILVERIN, Tore SLAGSVOLD, Henrik G. SMITH, Alberto SORACE, Martyn J. STENNING, Ian STEWART, Charles F. THOMPSON, Piotr TRYJANOWSKI, Janos TÖRÖK, Arie J. van NOORDWIJK, David W. WINKLER a Nadia ZIANE, 2010. The Design of Artificial Nestboxes for the Study of Secondary Hole-Nesting Birds: A Review of Methodological Inconsistencies and Potential Biases. *Acta Ornithologica* [online]. **45**(1), 1–26. ISSN 0001-6454. Dostupné z: doi:10.3161/000164510X516047

MÄND, Raivo, Agu LEIVITS, Meelis LEIVITS a Nicholas L. RODENHOUSE, 2009. Provision of nestboxes raises the breeding density of Great Tits *Parus major* equally in coniferous and deciduous woodland. *Ibis* [online]. **151**(3), 487–492. ISSN 00191019, 1474919X. Dostupné z: doi:10.1111/j.1474-919X.2009.00929.x

NEWTON, Ian a Keith BROCKIE, 2003. *Population limitation in birds*. Repr. Amsterdam: Academic Press. ISBN 978-0-12-388482-4.

NICOLAUS, Marion, Christiaan BOTH, Richard UBELS, Pim EDELAAR a Joost M. TINBERGEN, 2009. No experimental evidence for local competition in the nestling phase as a driving force for density-dependent avian clutch size. *Journal of Animal Ecology* [online]. **78**(4), 828–838. ISSN 00218790, 13652656. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2656.2009.01535.x

OTTER, Ken A., ed., 2007. *The ecology and behavior of chickadees and titmice: an integrated approach*. Oxford ; New York: Oxford University Press. Oxford ornithology.

ISBN 978-0-19-856999-2.

PASQUET, Eric, F. Keith BARKER, Jochen MARTENS, Annie TILLIER, Corinne CRUAUD a Alice CIBOIS, 2014. Evolution within the nuthatches (Sittidae: Aves, Passeriformes): molecular phylogeny, biogeography, and ecological perspectives. *Journal of Ornithology* [online]. **155**(3), 755–765. ISSN 2193-7192, 2193-7206. Dostupné z: doi:10.1007/s10336-014-1063-7

PITT, Mark D., Pablo CAPILLA-LASHERAS, Norah S.S. ALHOWITI, Claire J. BRANSTON, Eugenio CARLON, Jelle J. BOONEKAMP a Davide M. DOMINONI, 2023. *Environmental constraints can explain clutch size differences between urban and forest blue tits (Cyanistes caeruleus): insights from an egg removal experiment* [online]. preprint. B.m.: Ecology [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: doi:10.1101/2023.01.05.522710

ROYAMA, T., 1970. Factors Governing the Hunting Behaviour and Selection of Food by the Great Tit (*Parus major* L.). *The Journal of Animal Ecology* [online]. **39**(3), 619. ISSN 00218790. Dostupné z: doi:10.2307/2858

SERRANO-DAVIES, Eva, Rafael BARRIENTOS a Juan SANZ, 2017. The role of nest-box density and placement on occupation rates and breeding performance: A case study with Eurasian Blue Tits. *Ornis Fennica*. **94**.

SHAO, Shimiao, Qing QUAN, Tianlong CAI, Gang SONG, Yanhua QU a Fumin LEI, 2016. Evolution of body morphology and beak shape revealed by a morphometric analysis of 14 Paridae species. *Frontiers in Zoology* [online]. **13**(1), 30. ISSN 1742-9994. Dostupné z: doi:10.1186/s12983-016-0162-0

SINGER, Detlef, 2017. *Ptáci*. Vydání první. Přel. Jiří ŠEVČÍK. Plzeň: Ševčík. ISBN 978-80-7291-248-3.

SLAGSVOLD, Tore a Karen L. WIEBE, 2021. Interspecific aggression and defence of extra nest sites in two species of songbirds. *Ethology* [online]. **127**(3), 294–301. ISSN 0179-1613, 1439-0310. Dostupné z: doi:10.1111/eth.13127

SLAGSVOLD, Tore, 1978. Competition between the Great Tit *Parus major* and the Pied Flycatcher *Ficedula hypoleuca*: An Experiment. *Ornis Scandinavica* [online]. **9**(1), 46. ISSN 00305693. Dostupné z: doi:10.2307/3676138

SOMADIKARTA, Renate VAN DEN ELZEN, Mikhail KALYAKIN, Claire VOISI a Jean-François VOISI, 2006. Systematic notes on Asian birds. 66. Types of the Sittidae and Certhidae. *Zool. Med. Leiden*. **805**, 287–310.

TIETZE, Dieter Thomas a Udayan BORTHAKUR, 2012. Historical biogeography of tits (Aves: Paridae, Remizidae). *Organisms Diversity & Evolution* [online]. **12**(4), 433–444. ISSN 1439-6092, 1618-1077. Dostupné z: doi:10.1007/s13127-012-0101-7

VESELOVSKÝ, Zdeněk a Jan DUNGEL, 2001. *Obecná ornitologie*. 1. vyd. Praha: Academia. ISBN 978-80-200-0857-2.

WILKIN, Teddy A., Dany GARANT, Andrew G. GOSLER a Ben C. SHELDON, 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: Great tit breeding density. *Journal of Animal Ecology* [online]. **75**(2), 604–615. ISSN 00218790. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2656.2006.01078.x

ZÁRYBNICKÁ M. 2008: Cirkadiánní aktivita sýce rousného (*Aegolius funereus*) v Krušných horách: efekt rozdílných rodičovských rolí. *Sylvia* 44: 51–61.

ZINGG, Silvia, Raphaël ARLETTAZ a Michael SCHAUB, 2010. Nestbox Design Influences Territory Occupancy and Reproduction in a Declining, Secondary Cavity-Breeding Bird. *Ardea* [online]. **98**(1), 67–75. ISSN 0373-2266. Dostupné z: doi:10.5253/078.098.0109

8.2 Internetové zdroje

Hlavní město Praha, ©2013: (online) [cit.2023.03.30], dostupné z <http://www.praha-priroda.cz/lesy/obora-hvezda/>

Hlavní město Praha, ©2013: (online) [cit.2023.03.30], dostupné z <http://www.praha-priroda.cz/lesy/cimicky-a-dablicky-haj/>

Kyne, A. 2020. "Paridae" (online), Animal Diversity Web. Accessed March 31, 2023 dostupné z <https://animaldiversity.org/accounts/Paridae/>

Kyne, A. 2020. "Sittidae" (online), Animal Diversity Web. Accessed March 31, 2023 dostupné z <https://animaldiversity.org/accounts/Paridae/>

Pražské výhledy, ©2023 (online) [cit.2023.03.30], dostupné z <https://prazskevyhledy.cz/sedlecke-skaly/>

9 Přílohy

Příloha č. 1:

```
## Načtení zdrojových dat
# Soubor Songbirds_db_21.Rdata obsahuje data frame db3. Načtu ho a zobrazím
si jeho strukturu.
```

```
load("C:/Users/qpk/Downloads/Songbirds_db_21.Rdata (2)")
db3 |> glimpse()
````
```

```
Předzpracování zdrojových dat
Výběr a přejmenování sloupců
```

#Z dataframu vyberu jen sloupce, které budu dál potřebovat, a upravím jejich jména na standardnější tvar, aby se mi s nimi lépe pracovalo.

```
data_raw <- db3 |>
 clean_names() |>
 select(
 box_id,
 locality = locality_x,
 species,
 state,
 number_of_chicks,
 number_of_eggs,
 point_x,
 point_y,
 creation_date
)
data_raw |>
 glimpse()
...

```

```
Vyčištění dat
```

1. Názvům lokalit přidám diakritiku, odstraním zbytečné mezera, upravím velikost písmen a proměnnou převedu na typ factor.

1. Proměnné *\*species\** a *\*state\** převedu na factor.
1. Prázdné počty vajec a mláďat převedu na nuly.
1. Souřadnice převedu na číslo.
1. Datum a čas záznamu převedu na datum a čas.
1. Odstraním záznamy se ``state == "e"`.

```
data_clean <- data_raw |>
 mutate(
 locality = str_trim(locality) |>
 str_to_title() |>
 str_replace_all(
 c(
 "Ladvi" = "Ládvi",

```

```

 "Cimice" = "Čimice",
 "Hvezda" = "Hvězda",
 "Krc" = "Krč",
 "Dablice" = "Ďáblice",
 "Czu" = "ČZÚ"
)
) |>
 as_factor(),
 species = as_factor(species),
 state = as_factor(state),
 across(starts_with("number_of_"), replace_na, 0),
 across(starts_with("point_"), parse_double, locale = locale(decimal_mark = ",")),
 creation_date = lubridate::mdy_hms(creation_date)
) |>
 filter(state != "e")
data_clean |> summary()
...

```

### ### Rozdělení na dataset budek a pozorování

Zdrojová data ve skutečnosti obsahují opakovaná pozorování budek učiněná v různých časech. Pro potřeby dalšího zpracování si potřebují data rozdělit na:

1. Dataset **boxes**, který bude obsahovat pro každou budku jeden řádek.
2. Dataset **observation**, který bude obsahovat vlastnosti budek měnící se s každým pozorováním v čase.

### #### Počet budek

```

```${r}
str_glue(
  "Unikátních budek je {n}.",
  n = length(unique(data_clean$box_id))
)
...

```

Konzistence parametrů

Chci zjistit, které parametry jednoznačně "patří" k budce. Udělám si tedy tabulku, která pro každou proměnnou v datasetu zjistí maximální počet jejich unikátních hodnot pro jednotlivé budky.

```
data_clean |>
  group_by(box_id) |>
  summarise(across(everything(), ~ length(unique(.x)))) |>
  summarise(across(-box_id, max))
...

```

Z tabulky vyplývá, že unikátní jsou vzhledem k budce jen proměnné point_x a point_y. Hodnoty ostatních proměnných se v rámci jedné budky mohou měnit.

Z logiky věci vyplývá, že konstantní vzhledem k budce by měla být i proměnná locality. Najdu případy, kdy se tato proměnná mění a zkontroluji, zda se nejedná o chybu.

```
data_clean |>
  group_by(box_id) |>
  filter(n_distinct(locality) > 1) |>
  select(box_id:state, creation_date) |>
  arrange(box_id, creation_date)
...

```

Zřejmě se o chyby jedná. Vyřeším to tak, že pro každou budku vyberu tu lokalitu, která je u ní uvedena nejčastěji.

```
##### Dataset *boxes*
```

Kromě výběru místa podle popisu výše ještě vyřadím budky, které nemají zadané souřadnice. Dále pro každou budku zjistím maximum pozorovaných vajec a mláďat.

```
boxes <- data_clean |>
  add_count(box_id, locality, name = "n_locality") |>
  group_by(box_id, point_x, point_y) |>
  summarise(
    locality = first(locality, order(desc(n_locality))),
    max_chicks = max(number_of_chicks, na.rm = TRUE),
    max_eggs = max(number_of_eggs, na.rm = TRUE),
    .groups = "drop"
  ) |>
  drop_na(point_x, point_y) |>
  st_as_sf(coords = c("point_x", "point_y"), crs = "WGS84")

```

```
boxes
```

Budky lze zobrazit na statické mapě.

```
casti <- casti() |>
  filter(str_starts(NAZEV, "Praha"))
boxes |>
  ggplot() +
  geom_sf(data = casti) +
  geom_sf(aes(geometry = geometry, color = locality), size = 2, alpha = 0.3)
...

```

Nebo na interaktivní mapě.

```
boxes |>
  leaflet() |>
  addTiles() |>
  addCircleMarkers()
...

```

```
#### Dataset *observed*
```

Do pozorování zařadím jen ty řádky ze zdrojového datasetu, pro které mám platnou budku.

```
observed <- boxes |>
  left_join(
    data_clean |>
      select(box_id:number_of_eggs, creation_date),
    by = "box_id"
  )
observed
...

```

```
## Hustota budek
```

```
### Potřebné funkce
```

Matici vzdáleností všech budek od sebe navzájem v metrech jde sestavit funkcí `st_distance` a tuto matici vzdáleností pak jde převést na seznam vektorů odpovídajících jednotlivým budkám.

```
dist_to_neighbours <- function(points) {
  points |>
  st_distance() |>
  as.data.frame() |>
  as.list() |>
  map(as.numeric)
}
...
```

Z matice vzdáleností jsem schopna spočítat různé faktory hustoty budek, např. počet sousedů do určité vzdálenosti, nebo průměrnou vzdálenost k určitému počtu nejbližších sousedů. Pro oba typy si připravím funkce.

```
##### Počet sousedů do určité vzdálenosti
```

```
# Vstupními parametry jsou vektor bodů typu sfc_POINT a vzdálenost v metrech.
# Funkce vrátí vektor s počty sousedů v dané vzdálenosti.
```

```
neighbours_in_dist <- function(points, distance) {
  points |>
  dist_to_neighbours() |>
  map_dbl(\(x) {
    length(x[x <= distance]) - 1
  })
}
...
```

```
##### Průměrná vzdálenost k nejbližším sousedům
```

```
# Vstupními parametry jsou vektor bodů typu sfc_POINT a počet sousedů.
# Funkce vrátí vektor průměrných vzdáleností k danému počtu nejbližších sousedů.
```

```
mean_dist_to_neighbours <- function(points, n) {
  points |>
  dist_to_neighbours() |>
  map_dbl(\(x) {
```

```

    mean(sort(x)[2:n + 1])
  })
}
...

```

Použití funkcí

Oběma funkcemi nyní můžu doplnit data frame budek, např. takto:

```

boxes |>
  mutate(
    n_in_100 = neighbours_in_dist(geometry, 100),
    dist_to_3 = mean_dist_to_neighbours(geometry, 3)
  )
...

```

Hledání modelu

Zajímají mě korelace mezi počtem mláďat, počtem vajec, počtem sousedních budek a průměrnou vzdáleností k nejbližším budkám.

```

boxes |>
  mutate(
    n_in_100 = neighbours_in_dist(geometry, 531),
    dist_to_3 = mean_dist_to_neighbours(geometry, 20)
  ) |>
  as_tibble() |>
  select(max_chicks, max_eggs, n_in_100, dist_to_3) |>
  cor() |>
  corrplot(type = "upper", order = "hclust")

```

Z korelogramu vyplývá slabá negativní korelace mezi počtem sousedů do 100 metrů a počtem mláďat. Zkusím si tuto závislost vynést do grafu.

```

boxes |>
  mutate(
    n_in_100 = neighbours_in_dist(geometry, 531),
    dist_to_3 = mean_dist_to_neighbours(geometry, 8)
  ) |>
  ggplot(aes(x = n_in_100, y = max_chicks)) +

```

```

geom_point() +
geom_smooth(method = "lm")
...

# Závislost je velmi slabá, obtížně pozitivní.

### Korelace po jednotlivých lokalitách

# Vyberu jen lokality, které mají alespoň 20 budek.

boxes |>
  count(locality, sort = TRUE) |>
  filter(n >= 20)
...

# A pro ně sestavím korelogram jako dřív pro celý dataset.

plot_correl <- function(loc) {
  boxes |>
    filter(locality == loc) |>
    mutate(
      n_in_100 = neighbours_in_dist(geometry, 100),
      dist_to_3 = mean_dist_to_neighbours(geometry, 3)
    ) |>
    as_tibble() |>
    select(max_chicks, max_eggs, n_in_100, dist_to_3) |>
    cor() |>
    corrplot(type = "upper", order = "hclust", title = loc)
}

boxes |>
  count(locality, sort = TRUE) |>
  filter(n >= 20) |>
  pull(locality) |>
  walk(plot_correl)

```

