

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta

Studijní program: Zoologie
Studijní obor: Zoologie obratlovců



Mgr. Bc. Soňa Nováková

Meziroční přežívání dospělých jedinců a mláďat vlaštovky obecné

Annual survival in barn swallows: analysis of large-scale data

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Václav Jelínek, Ph.D.

Praha, 2025

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze, 7. 8. 2025

Mgr. Bc. Soňa Nováková

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala svému vedoucímu práce, Mgr. Václavovi Jelínkovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a podporu během celého procesu psaní této diplomové práce. Jeho trpělivost, ochota pomoci a motivace byly pro mě velkým přínosem.

Dále bych chtěla poděkovat celému vlašťovčímu týmu, který po několik let sbíral potřebná data, bez kterých by tato práce nemohla vzniknout. Jejich úsilí, vytrvalost a spolupráce byly klíčové pro úspěšné dokončení této práce.

A v neposlední řadě bych ráda poděkovala své rodině za jejich trpělivost, podporu a pochopení v průběhu náročného období psaní této práce. Bez jejich neustálé pomoci by pro mě nebylo možné nejen dokončit tuto práci, ale ani dokončit celé studium.

ABSTRAKT

Vlaštovka obecná (*Hirundo rustica*) je tažný druh pěvce, jehož každoroční migrace mezi hnízdišti v Evropě a zimovišti v Africe představuje výraznou ekologickou výzvu. Dlouhá migrace, proměnlivé klimatické podmínky a rozdílná dostupnost zdrojů mohou ovlivňovat nejen chování a fyziologii jedinců, ale především jejich přežívání mezi sezónami. Vzhledem k těmto tlakům se předpokládá, že přežívání tažných ptáků může být ovlivněno jak pohlavím, tak individuálními morfologickými znaky, které odrážejí celkový tělesný stav, aerodynamické vlastnosti a energetickou efektivitu při přesunech na dlouhé vzdálenosti.

Tato práce se zaměřila na testování vztahu mezi přežíváním vlaštovek a několika vybranými morfologickými znaky (délkou křídla, ocasu, tarzu a barevnost hrdla) s ohledem na pohlaví. Data byla získána z dlouhodobého monitoringu populace v jižních a východních Čechách, kde bylo sledováno více než čtyři tisíce jedinců. Výsledky ukazují, že přežívání je mezi jednotlivými lety výrazně proměnlivé, pravděpodobně v důsledku vnějších faktorů spojených s migrací a podmínkami v zimovištích. Naopak individuální morfologie a pohlaví nevykazovaly výrazný a konzistentní vliv na přežívání. Tato zjištění naznačují, že ačkoliv se morfologické znaky často považují za indikátory kvality jedince, jejich role ve vztahu k meziročnímu přežívání může být v případě tohoto druhu omezená. Práce přispívá k lepšímu pochopení demografických faktorů ovlivňujících životní strategii tažných ptáků v měnícím se prostředí.

KLÍČOVÁ SLOVA

Fidelita, filopatrie, kroužkovací data, přesídlení, populační změny

ABSTRACT

The barn swallow (*Hirundo rustica*) is a migratory passerine species whose annual migration between nesting sites in Europe and wintering grounds in Africa represents a significant ecological challenge. The long-distance migration, variable climatic conditions, and varying availability of resources can affect not only the behaviour and physiology of individuals, but above all their survival between seasons. Due to these pressures, it is assumed that the survival of migratory birds may be influenced by both sex and individual morphological traits that reflect overall body condition, aerodynamic properties, and energetic efficiency during long-distance movements.

This study focused on testing the relationship between swallow survival and several selected morphological traits (wing length, tail length, tarsus length, and throat coloration) with regard to sex differences. Data were obtained from long-term population monitoring in southern and eastern Bohemia, where more than four thousand individuals were monitored. The results show that survival varies significantly between years, likely due to external factors related to migration and conditions in wintering grounds. In contrast, individual morphology and sex did not show a significant and consistent effect on survival. These findings suggest that although morphological traits are often considered indicators of individual quality, their role in relation to interannual survival may be limited in this species. The study contributes to a better understanding of the demographic factors influencing the life strategy of migratory birds in a changing environment.

KEYWORDS

Fidelity; philopatry; ringing data; short-scale movements; population fluctuations

OBSAH

1.	Úvod.....	8
1.1.	Modely značení a zpětného odchyty pro odhad demografických parametrů	11
1.1.1.	Cormack-Jolly-Seber (CJS) model.....	12
1.2.	Vlaštovka obecná (<i>Hirundo rustica</i>).....	15
1.2.1.	Morfologické znaky vlaštovky obecné.....	17
1.2.2.	Početnost vlaštovky obecné.....	18
2.	Cíle práce.....	20
3.	Metody	21
3.1.	Lokality	21
3.2.	Odchyt a měření	24
3.3.	Zpracování datasetu.....	26
3.4.	Statická analýza.....	28
4.	Výsledky.....	30
4.1.	Početnost vlaštovky obecné	30
4.2.	Závislost přežívání na pohlaví.....	31
4.2.1.	Vidlatá Seč a Chotovice.....	31
4.2.2.	Třeboňsko	33
4.3.	Závislost přežívání na délce křídla.....	34
4.3.1.	Vidlatá Seč a Chotovice.....	34
4.3.2.	Třeboňsko	36
4.4.	Závislost přežívání na věku.....	38
4.4.1.	Vidlatá Seč a Chotovice.....	39
4.4.2.	Třeboňsko	41
4.5.	Závislost přežívání na délce ocasních per	43
4.5.1.	Vidlatá Seč a Chotovice.....	43
4.5.2.	Třeboňsko	44

4.6.	Závislost přežívání na délce tarsu	46
4.6.1.	Třeboňsko	46
4.7.	Závislost přežívání na sytosti a jasů hrdla.....	47
4.7.1.	Třeboňsko sytost hrdla	47
4.7.2.	Třeboňsko jas hrdla	49
5.	Diskuse	52
6.	Závěr.....	56
7.	Seznam použité literatury	58
8.	Bibliografie ke statistickým metodám.....	68

1. ÚVOD

V posledních desetiletích dochází na celosvětové úrovni k výraznému poklesu početnosti mnoha živočišných druhů napříč různými taxonomickými skupinami. Tento globální trend je výsledkem kombinace různých negativních vlivů. Mezi hlavní příčiny patří úbytek přirozených stanovišť, změny klimatu, znečištění prostředí, šíření invazních druhů a nadměrné využívání přírodních zdrojů (Dulvy et al., 2014; Paleczny et al., 2015; Purcell et al., 2014). Ptáci, kteří patří mezi nejlépe sledované skupiny obratlovců, slouží jako důležitý indikátor stavu biodiverzity. Například v Severní Americe došlo od 70. let 20. století k úbytku přibližně tří miliard jedinců (Rosenberg et al., 2019). Pro efektivní ochranu ptactva je nezbytné porozumět hlavním příčinám populačních poklesů. Zvláštní pozornost je třeba věnovat těm demografickým parametrům, které mají největší vliv na populační dynamiku. U mnoha druhů tažných pěvců bylo prokázáno, že právě přežití dospělých jedinců je klíčovým faktorem ovlivňujícím dlouhodobé trendy početnosti (Baillie and Peach, 1992; Buehler et al., 2008; Fletcher et al., 2006; Kramer et al., 2017; Murphy, 2001). Nižší míra přežití dospělců vede k okamžitému poklesu počtu jedinců schopných rozmnožování, což může výrazně narušit dlouhodobou stabilitu a životaschopnost populace (Buehler et al., 2008). Jelikož přežití může být ovlivňováno různými nepříznivými faktory v průběhu celého ročního cyklu, je klíčové tyto vlivy v jednotlivých fázích života identifikovat a porozumět jejich působení, abychom lépe pochopili příčiny negativních populačních trendů a mohli jim účinně předcházet (Marra et al., 2015).

U populací volně žijících živočichů je obtížné odhadnout míru přežití, jelikož načasování a příčiny úmrtnosti nejsou u těchto zvířat obvykle známy a zpětný odchyt je také velice obtížný (Kellner and Swihart, 2014). Tato problematika je ještě složitější u stěhovavých ptáků, jejichž životní cyklus zahrnuje prostorově oddělená místa – hnízdiště, zimoviště a zastávky během migrace, a každá z těchto fází životního cyklu je vystavena odlišným ekologickým podmínkám. Tyto podmínky, spolu s faktory souvisejícími s velikostí populace, mohou významně ovlivňovat demografické parametry, jako je přežívání a reprodukce, a tím i dlouhodobou stabilitu a vývoj populací (Newton, 1995; Webster et al., 2002).

Migrace a přežívání ptáků je dlouhodobým předmětem intenzivního výzkumu, přičemž klíčovým zdrojem informací jsou data získaná pomocí různých metod značení a sledování. Mezi nejčastěji používané metody patří kroužkování a telemetrická zařízení (Hobson, 2007). Použití pokročilých sledovacích zařízení je však často limitováno velikostí těla, a proto

u menších druhů ptáků zůstává nejvhodnější metodou tradiční kroužkování (Musitelli et al., 2019).

Přežití ptáků může být negativně ovlivněno neobvykle nízkými teplotami, silnými srážkami a povětrnostními jevy, které mohou mít za následek masivní úmrtnost (Blake et al., 1994). Pro stěhovavé vzdušné hmyzožravce, jako jsou vlaštovky, jsou povětrnostní podmínky zvláště důležité pro přežití a reprodukci, protože jsou téměř zcela závislé na létajícím hmyzu (Ligon, 1968) a před přesuny na zimoviště potřebují tyto ptáci výrazně zvýšit tělesnou hmotnost až o 30-40 % a akumulovat tukové zásoby, které slouží jako hlavní energetický zdroj během dlouhých migračních cest (Pilastro and Magnani, 1997).

Úspěšné zvládnutí migrace přes rozsáhlé geografické útvary je ovlivňováno řadou vnějších i vnitřních faktorů. Mezi vnější faktory patří zejména počasí, zatímco vnitřní faktory zahrnují věk, pohlaví a tukové zásoby jedince (Deppe et al., 2015; Strandberg et al., 2010). Jedním z klíčových vnitřních faktorů jsou tukové zásoby, které si ptáci vytvářejí před odletem. Tyto zásoby nejen určují délku mezipřistání, ale ovlivňují i rozhodnutí o načasování odletu a schopnost zvládnout delší migrační lety (Deppe et al., 2015; Lindstrom and Alerstam, 1992; Moore et al., 2017; Pennycuik, 2008; Schaub et al., 2008). Významnou roli sehrává také věk (Woodrey and Moore, 1997; Zenzal and Moore, 2016). Mladí jedinci, především v prvním roce života, mají obecně nižší schopnost efektivně získávat potravu. (Burger, 1988; Gauthreaux, 1978; Woodrey, 2000; Wunderle Jr, 1991). Výsledky kroužkovacích studií potvrzují, že mladí ptáci mívají menší tukové zásoby, nižší tělesnou hmotnost a delší dobu pobytu na mezipřistáních (Morris et al., 1996; Woodrey, 2000; Woodrey and Moore, 1997). Ačkoli mladí jedinci obvykle vykazují nižší energetické rezervy a horší tělesnou kondici než dospělci, aktuální dostupnost zdrojů může být výrazně ovlivněna momentálním fyziologickým stavem jednotlivce bez ohledu na jeho věk (Moore et al., 2003). Pohlaví rovněž ovlivňuje přežití během migrace, a to kvůli rozdílům v tělesné stavbě i chování (Chandler and Mulvihill, 1992; Diehl et al., 2014; Lind et al., 1999). Navíc se u některých druhů (např. červenka obecná *Erithacus rubecula*) vyskytuje tzv. diferenční migrace, kdy samci a samice migrují v různých časech nebo po odlišných trasách. Tím jsou vystaveni různým rizikům, což může vést i k nerovnoměrnému pohlavnímu zastoupení mezi uhynulými jedinci (Diehl et al., 2014).

Dalším významným evolučním procesem, který ovlivňuje morfologii, chování i přežívání živočichů, je pohlavní výběr. Rozdíly v reprodukčním úspěchu mezi pohlavími jsou zásadním faktorem určujícím intenzitu pohlavního výběru a následný vývoj pohlavně dimorfních znaků. U druhů, kde samci vykazují vyšší variabilitu v reprodukčním úspěchu (např. polygynní druhy), dochází k silné konkurenci o přístup k samicím. Tato soutěž vede

k selekčnímu tlaku na vznik znaků spojených s atraktivitou či dominancí, jako je výrazné zbarvení, specifická vokalizace, chocholky nebo extrémní tělesné rozměry. Pohlavní výběr však hraje významnou roli i u sociálně monogamních druhů, kde může docházet ke skrytému mimopárovému páření a konkurenci spermií, čímž se vytváří selekční tlak na rozvoj sekundárních pohlavních znaků (Birkhead and Møller, 1998). Ačkoli tyto znaky mohou zvyšovat reprodukční úspěch jedince, jejich vývoj a udržování bývá energeticky náročné a může negativně ovlivnit přežívání (Clutton-Brock, 1988; Darwin, 2008).

Fyziologické náklady spojené s pohlavním výběrem zahrnují zvýšený metabolismus, oxidační stres, hladovění a vyšší energetické nároky (Nicola Saino et al., 1997; N. Saino et al., 1997; Schantz et al., 1999). Tyto náklady mohou být dále umocněny zhoršenou efektivitou pohybu během sběru potravy, například v důsledku prodloužených ocasních per nebo jiných ornamentů, které zvyšují odpor vzduchu a snižují manévrovatelnost (Pape Møller, 1989) a zvýšeným rizikem predace v důsledku nápadného vzhledu (Endler, 1980; Zuk and Kolluru, 1998). Navíc pohlavní výběr může zvyšovat náchylnost k parazitům v důsledku zvýšené fyzické aktivity samců a oslabení imunitního systému (Folstad and Karter, 1992; Møller and Saino, 1994).

Přežívání představuje klíčový demografický parametr, který zásadně ovlivňuje populační dynamiku a dlouhodobou životaschopnost druhů. Jeho hodnota je výsledkem působení celé řady vnějších i vnitřních faktorů, jejichž vliv se může lišit v závislosti na životní fázi, prostředí i biologických vlastnostech jednotlivých populací. Přesná kvantifikace přežívání je však možná pouze u druhů, pro které jsou k dispozici dostatečně rozsáhlá a kvalitní data. Tato data lze získávat zejména pomocí dlouhodobého značení a zpětného odchyty jedinců, případně pomocí moderních sledovacích technologií, které umožňují detailní rekonstrukci pohybu a chování v průběhu celého ročního cyklu (Sandercock, 2006). Porozumění faktorům ovlivňujícím přežívání je proto nezbytným předpokladem pro efektivní ochranu ohrožených druhů i predikci budoucího vývoje jejich populací.

1.1. MODELÝ ZNAČENÍ A ZPĚTNÉHO ODCHYTU PRO ODHAD DEMOGRAFICKÝCH PARAMETRŮ

Odhad demografických parametrů je zásadní pro populační biologii volně žijících druhů. Hraje klíčovou roli při porozumění ekologie populační dynamiky, evoluci životních strategií i při rozhodování v oblasti ochrany přírody a řízení populací (Kellner and Swihart, 2014). Přežívání je často považováno za nejdůležitější demografický parametr ovlivňující míru populační změny (λ) (Doherty et al., 2004; Schorcht et al., 2009). U dlouhověkých obratlovců nebo u populací s klesajícím trendem hraje zásadní roli přežívání dospělců, zatímco u krátkověkých druhů nebo rostoucích populací má větší význam přežívání mláďat (Oli and Dobson, 2003; Stahl and Oli, 2006; Vélez-Espino et al., 2006).

Přes svůj zásadní význam je přežívání velmi obtížně měřitelným demografickým parametrem, jelikož u volně žijících zvířat většinou není znám přesný čas ani příčina úhynu. V terénní studii je proto běžné, že detekce jedinců je nedokonalá (Kellner and Swihart, 2014). Značení a zpětný odchyt/odečet (mark-recapture) je nejčastěji používanou metodou odhadu přežívání, ale její účinnost může být omezena mnoha faktory jakými jsou nízká hustota populace, rozsáhlý pohyb zvířat nebo jejich skryté chování (Mazerolle, 2015).

Odhad míry přežívání a dalších demografických parametrů u volně žijících živočichů je závislý na typu dostupných dat, která lze rozdělit do dvou základních kategorií: informace získané od neznačených jedinců a data pocházející od značených jedinců (Sandercock, 2006; Williams et al., 2002).

U neznačených populací lze základní demografické informace odvodit z věkových kohort získaných při odchytu nebo pozorování. Tyto věkové kohorty umožňují hrubý odhad přežívání v rámci populace, avšak vyžadují splnění několika předpokladů – například stabilní populační věkovou strukturu a stejnou detekovatelnost napříč věkovými třídami. V praxi jsou tyto předpoklady často porušeny, což výrazně snižuje přesnost výsledků (Conn et al., 2005; Hernández-Matías et al., 2011).

U značených jedinců lze využít tři hlavní zdroje dat:

- Živá setkání – Data z opakovaných odchytů nebo odechtů značených jedinců jsou nejběžnějším zdrojem informací o přežívání a pohybu v populacích. Slouží jako základ pro *mark-recapture* modely, které umožňují odhad nejen míry přežívání, ale i dalších parametrů, jako je pravděpodobnost zpětného odchytu (Sandercock, 2006).
- Nálezy mrtvých jedinců – Data jsou založena na nálezech značených jedinců, kteří uhynuli (např. po predaci, nehodách či jako úlovky). Jsou hojně využívána u lovných

druhů, avšak jejich význam je omezen u nelovných či vzácných druhů kvůli nízké pravděpodobnosti nálezu a nahlášení značky (Arnold et al., 2016; Robinson et al., 2009).

- Radiotelemetrie a další aktivní sledování – Umožňuje podrobné sledování pohybu, chování a přežívání jednotlivců v reálném čase. Jejich nevýhodou jsou logistické nároky – velikost vysílače omezuje životnost baterie, způsob upevnění nesmí negativně ovlivnit přežívání jedince a vysoké finanční náklady na zařízení omezují velikost vzorku (Murray, 2006; Zens and Peart, 2003).

Nejčastěji používaným zdrojem dat pro odhad přežívání a dalších demografických parametrů u volně žijících populací jsou tak opakované záznamy značených jedinců (Arnold et al., 2016; Robinson et al., 2009).

1.1.1. CORMACK-JOLLY-SEBER (CJS) MODEL

Pro odhad přežívání se nejčastěji využívají údaje z opakovaných záznamů značených jedinců. K analýze těchto dat se používají modely Cormack-Jolly-Seber (CJS), které byly vyvinuty v 60. letech minulého století (Cormack, 1964; Jolly, 1965; Lebreton et al., 1992; Seber, 1965).

Model CJS slouží ke sledování označených zvířat, která jsou nejprve odchycena a následně vypuštěna zpět do populace (White and Burnham, 1999). Pro správné použití modelu je nutné splnění několika předpokladů: každé zvíře v populaci má stejnou pravděpodobnost odchyty, každé zvíře má stejnou pravděpodobnost přežití, značky zvířata neztrácejí, krátce po odchyty jsou zvířata vypuštěna zpět (Pledger et al., 2003; Pryde et al., 2005; White and Burnham, 1999). Parametry modelu, tedy pravděpodobnost přežití (ϕ) a pravděpodobnost zpětného odchyty (p), jsou považovány za společné pro všechna sledovaná zvířata, bez ohledu na jejich věk, pohlaví nebo historii odchyty (Pradel et al., 2007). Pokud jsou však jedinci označeni jako mláďata, tento předpoklad není splněn, protože tyto jedinci obvykle vykazují nižší pravděpodobnost přežití než dospělci. Z tohoto důvodu se jedinci označení v prvním roce života z analýz často vyřazují (Sanz-Aguilar et al., 2019).

Modely CJS umožňují odhad dvou hlavních parametrů:

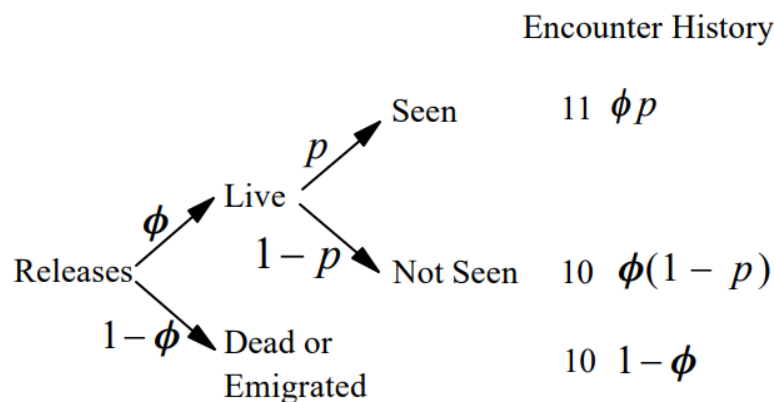
- Zdánlivé přežití (Φ , Phi) – pravděpodobnost, že jedinec přežije z roku i do roku $i+1$.
- Pravděpodobnost zpětného odchyty (p) – pravděpodobnost, že jedinec, který v populaci přežil, bude v roce i znovu odchycen (Witkowska et al., 2024).

Je důležité si uvědomit, že absence jedince v datech z odchyty neznamena automaticky jeho úhyn. Jedinec mohl přežít a vyskytovat se v dané lokalitě, ale z různých důvodů nemusel být znovu zaznamenán. Parametr p tedy reprezentuje pouze pravděpodobnost detekce

přeživšího jedince, nikoli samotné přežití. Tento koncept tzv. nezachycené přítomnosti je klíčový pro správnou interpretaci výstupů modelu. Pokud by byl každý nezaznamenaný jedinec považován za mrtvého, docházelo by k systematickému podhodnocení pravděpodobnosti přežití a k významnému zkreslení demografických odhadů (Lebreton et al., 1992).

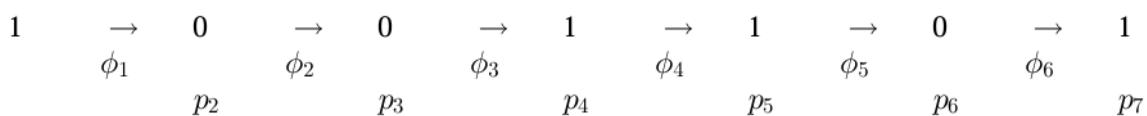
Oddělení pravděpodobnosti přežití od pravděpodobnosti zpětného odchyty tak umožňuje modelům CJS zohlednit proces detekce nezávisle na biologickém procesu přežívání. Tento přístup činí modely značení a zpětného odchyty robustními nástroji pro analýzu dynamiky volně žijících populací, zejména v případech, kdy nelze zaručit úplnou detekci všech jedinců (Witkowska et al., 2024).

Základem analýzy je vytvoření tzv. matici historie pozorování jedinců, přičemž 1 označuje první odchyt jedince nebo jeho opětovný odchyt či pozorování v následujícím časovém období. 0 pak označuje období, kdy jedinec odchycen, či pozorován nebyl (viz obr. 1 podle – White and Burnham, 1999).



Obr. 1: Obrázek znázorňuje tři možné výsledky pro jedince, kteří byli zachyceni v předchozím časovém bodě v rámci CJS modelu. První možností je, že jedinec přežil a byl znovu pozorován, což nastává s pravděpodobností ϕp , kde ϕ je pravděpodobnost přežití a p pravděpodobnost záchytu. Druhou možností je, že jedinec přežil, ale nebyl pozorován, což má pravděpodobnost $\phi(1-p)$. Třetí možností je, že jedinec nepřežil nebo emigroval, což nastává s pravděpodobností $(1-\phi)$. Tyto tři scénáře tvoří základní strukturu pravděpodobnostního modelu, který umožňuje oddělit úhyn od nezachycení a tím přesněji odhadnout demografické parametry populace. Zdroj: (White and Burnham, 1999)

Například jedinec s historií pozorování 1001101 byl poprvé chycen při první příležitosti (v prvním časovém období), nebyl zachycen při druhé a třetí, poté byl znovu odchycen či pozorován při čtvrté a páté. Během šestého časového období pozorován nebyl, ale v sedmém období pozorován opět byl (viz obr. 2).



Obr. 2: Obrázek znázorňuje model přechodů stavů v rámci Cormack–Jolly–Seber (CJS) modelu. Každý řádek představuje možný přechod jedince mezi dvěma po sobě jdoucími časovými body. Zdroj: <https://sites.warnercnr.colostate.edu/wp-content/uploads/sites/73/2017/04/lecture8.pdf>

Při sedmiletém sledování lze odhadnout pouze šest parametrů přežití (Φ), neboť tyto popisují přechody mezi časovými obdobími (většinou roky). Stejně tak lze odhadnout šest parametrů zpětného odchyty (p), protože v prvním roce nelze hodnotit zpětný odchyt (Pryde, 2003).

Po sestavení historie pozorování jednotlivých jedinců následuje výběr proměnných, které budou zahrnuty do počátečního globálního modelu. Tyto proměnné slouží k vysvětlení variability v pravděpodobnosti přežití a pravděpodobnosti zpětného odchyty. Zahrnuty mohou být zejména biologické charakteristiky jedinců, jako je pohlaví, věk, tělesná velikost nebo morfometrické znaky, které mohou ovlivňovat jak schopnost přežít, tak pravděpodobnost, že bude jedinec znovu zaznamenán (Frederiksen et al., 2014; Grosbois et al., 2008). Zařazením těchto proměnných do modelu je možné testovat jejich vliv na přežívání a detekci a zlepšit tak přesnost i interpretovatelnost odhadů demografických parametrů. Výběr vhodných proměnných a struktury modelu se obvykle provádí v rámci modelové selekce, nejčastěji pomocí informačních kritérií, jako je Akaikeho informační kritérium (AIC), které umožňuje porovnat konkurující modely na základě jejich rovnováhy mezi přesností a složitostí (Burnham and Anderson, 2003; Frederiksen et al., 2014).

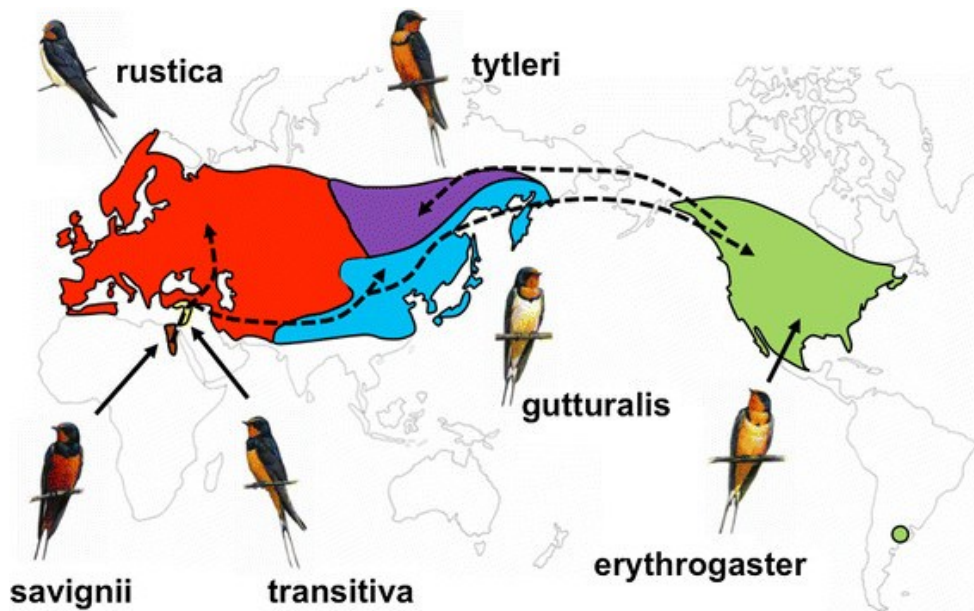
1.2. VLAŠTOVKA OBECNÁ (*HIRUNDO RUSTICA*)

Pro tuto studii jsme si jako modelový druh zvolili vlaštovku obecnou (*Hirundo rustica*), která je široce rozšířeným tažným ptákem obývajícím otevřenou krajinu a často hnízdícím v blízkosti lidských sídel. Díky své vysoké věrnosti k hnízdištím a snadné detekovatelnosti představuje ideální objekt pro dlouhodobé sledování přežívání a další demografické parametry (Kim et al., 2023).

Tato práce se zaměřuje na analýzu přežívání vlaštovky obecné, přičemž jako proměnné budou zahrnuty faktory, které mohou ovlivnit přežití, především pohlaví, lokalita (vesnice) a fyziologické vlastnosti jednotlivců, konkrétně délka křídla, tarsu, rýdovacích per a zbarvení hrdla. Pohlaví a velikost těla jsou známé faktory ovlivňující přežití u mnoha druhů ptáků, přičemž samci a samice mohou vykazovat rozdílné vzorce přežití kvůli rozdílům v reprodukčních strategiích, migraci nebo rozmanitosti ekologických preferencí. Délka křídla, tarsu a rýdovacích per, které jsou ukazateli fyziologického stavu a adaptivních schopností jedinců, mohou sloužit jako ukazatel přežití u vlaštovek, přičemž dlouhá křídla mohou naznačovat lepší letové schopnosti a větší šance na přežití během migrace.

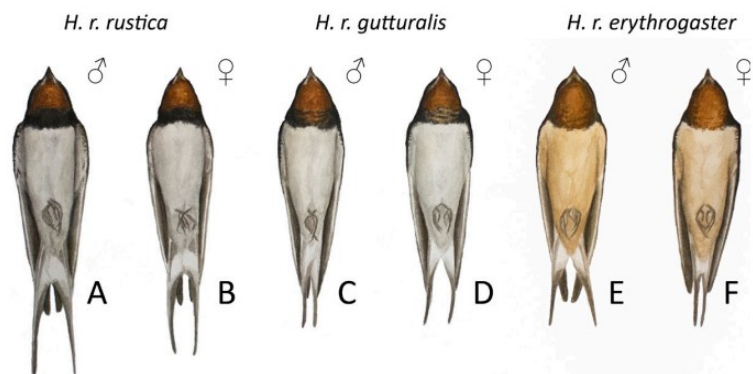
Vlaštovka obecná (*Hirundo rustica*) je malý (cca 20 g), hmyzožravý, monogamní pěvec rozšířený téměř po celém světě. Hnízdí především v mírném klimatickém pásu a na zimu migruje do tropických oblastí nebo na jižní polokouli (Turner, 2010).

V současnosti je rozlišováno šest poddruhů, které se liší zejména ve zbarvení ventrální části těla, délce ocasních per a migračním chování. Každý z těchto poddruhů má specifické hnízdní oblasti, které pokrývají rozsáhlá území Evropy, Asie, severní Afriky a Severní Ameriky (viz obr. 3) (Scordato and Safran, 2014).



Obr. 3: Hnízdiště poddruhů vlaštovky obecné. Zdroj: (Scordato and Safran, 2014)

Poddruh vlaštovka obecná evropská (*H. r. rustica*), rozšířený v Evropě, se vyznačuje světlým, bělavým ventrálním zbarvením, dlouhými ocasními pery a výraznými migračními přesuny mezi Evropou a subsaharskou Afrikou, zejména do savan a otevřených krajín jižní části kontinentu (Dor et al., 2012; Turner, 2010). Z Evropy odlétá během září a vrací se koncem března až začátkem dubna, kdy se prodlužuje den a zvyšuje se dostupnost hmyzí potravy (Turner and Rose, 2010). Oproti tomu poddruh *H. r. transitiva*, vyskytující se ve východním Středomoří, má tmavší, načervenalé břišní opeření, kratší ocasní pera a je převážně usedlý nebo podniká jen krátké migrační trasy (Dor et al., 2010; Turbek et al., 2022).



Obr. 4: Hlavní rozdíly v určování vlaštovky obecné. Zdroj: (Robinson et al., 2017)

Vlaštovky obecné běžně hnízdí v blízkosti lidských staveb, jako jsou stodoly, mosty či domy, zejména pokud se nacházejí poblíž vodních ploch a otevřených polí. Zemědělství jim

zároveň poskytuje bohatý zdroj potravy v podobě hmyzu vázaného na hospodářská zvířata. Tato blízkost k člověku přispěla k tomu, že se vlaštovka obecná stala široce známým a snadno rozpoznatelným druhem v rurálních oblastech celého světa (Šťastný and Hudec, 2016). Od počátku 20. století je také předmětem rozsáhlého výzkumu v oblasti chování, ekologie a evoluce (Møller, 1994; Turner, 2006).

Období rozmnožování v mírném pásu severní polokoule trvá od dubna do srpna (Saino et al., 2004). Samci přilétají na hnízdiště ze zimovišť dříve než samice a obvykle si vybírají hnízdo, u kterého se snaží přilákat partnerku. Hnízdo si pár může postavit nové, ale častěji obsazuje již postavené. Samice následně klade snůšku o 3–6 vajec, které inkubuje výhradně sama, zatímco o mláďata po vylíhnutí pečují oba rodiče (Pape Møller and Szép, 2002).

1.2.1. MORFOLOGICKÉ ZNAKY VLAŠTOVKY OBECNÉ

Pro migrující druhy jsou typická dlouhá a špičatá křídla, která zvyšují rychlost letu a zlepšují aerodynamickou efektivitu. Tím snižují energetické nároky na let, což umožňuje efektivní překonávání dlouhých vzdáleností (Lockwood et al., 1998; Mönkkönen, 1995; Rayner, 1988). Variabilita v morfologii křídel hraje klíčovou roli v efektivitě letu, přičemž určité vlastnosti křídel mohou zlepšit využívání energie a zvýšit šance na úspěšný návrat na hnízdiště (Farner and King, 2013; Norberg, 1990).

Vlaštovky obecné jsou typickými dálkovými migranty, kteří zimují v subsaharské Africe. V tomto období většina jedinců podstupuje úplné pelichání, což je klíčové období pro obnovu letek (Jenni and Winkler, 2020; Turner, 2006). Velikost a tvar křídel jsou zásadní pro letové schopnosti a vykazují značnou variabilitu, přičemž v rámci populace existují morfologické rozdíly spojené s pohlavím (Saino et al., 2017b). Samci mívají delší a špičatější křídla než samice, což může souviset s pohlavním výběrem a přežíváním (Turner, 2006).

Ocasní pera vlaštovky obecné tvoří prodloužená krajní rýdovací pera, která se vyvíjejí během každoroční výměny peří. Tato pera mají vidlicovitý tvar, přičemž asymetrie v jejich délce mezi pravou a levou stranou je běžná a vzniká v důsledku náhodných odchylek během růstu (Møller, 1997). Každé pero roste postupně pomocí denních růstových přírůstků, tzv. růstových proužků, které lze použít jako indikátor výživového stavu jedince. Tyto růstové proužky jsou často asymetrické, což přispívá k celkové asymetrii délky ocasních per (Grubb, 1989; Møller, 1997). Tvar a délka krajních ocasních per vykazují pohlavní dimorfismus – samci mají delší pera než samice a samice si vybírají partnery na základě délky a symetrie těchto per. Samci s delšími a symetričtějšími pery získávají partnery rychleji, jejich partnerky začínají dříve klást vejce a mají vyšší reprodukční úspěšnost (Møller, 1994; Møller, 1993; Møller, 1988;

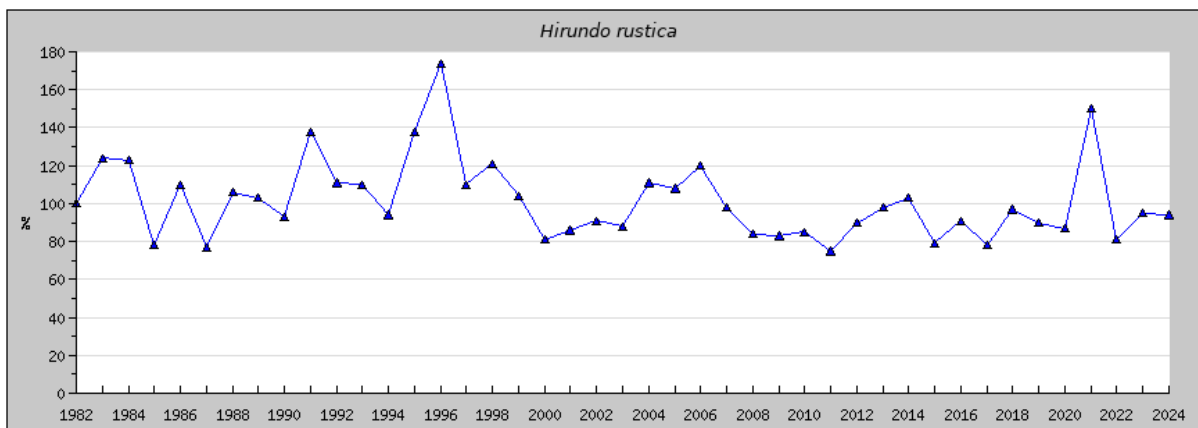
Møller, 1997). V několika evropských populacích vlaštovek se ukázalo, že jedinci s delšími ocasními pery přilétají na hnízdiště dříve a také dříve začínají hnízdit (Møller et al., 2006). Tito jedinci mají zároveň vyšší šanci získat partnerku a zahnízdit (Møller, 1988), dosahují většího reprodukčního úspěchu jak ve vztahu se svou partnerkou, tak i mimo něj (Møller and Tegelström, 1997) a jejich samice investují více energie do péče o potomstvo (Møller, 1994; Møller 1988). Délka ocasních per navíc souvisí s ukazateli celkové kondice – jedinci s delšími pery vykazují vyšší životaschopnost a pravděpodobnost přežití (Møller, 1991).

Samci vlaštovky obecné s větší a tmavší skvrnou na hrdle mají v některých populacích výraznou výhodu při výběru partnerky. Tmavší zbarvení hrdla je navíc spojeno s vyšší pravděpodobností přežití a s obsazováním kvalitnějších hnízdních teritorií, i když tito samci zároveň poskytují méně rodičovské péče (Galván and Møller, 2013; Hasegawa et al., 2014a, 2014b). Zbarvení hrdla je dědičné, což naznačuje, že může sloužit jako spolehlivý ukazatel genetické kvality samce (Nicola Saino et al., 2013).

1.2.2. POČETNOST VLAŠTOVKY OBECNÉ

Vlaštovka obecná je příkladem dříve běžného a široce rozšířeného druhu s téměř kosmopolitním výskytem. Během 20. století však došlo v mnoha částech jejího areálu k postupnému poklesu početnosti (Inger et al., 2015; Michel et al., 2016; Nebel et al., 2010). Prudký pokles populace byl zaznamenán například v Kanadě, kde činil 76 % mezi lety 1969 a 2009 (Canada, 2011). Tento úbytek je spojován především se změnami ve způsobu zemědělského hospodaření, ztrátou vhodných hnízdních stanovišť a sníženou dostupností létajícího hmyzu, který tvoří hlavní složku potravy vlaštovek (Reif and Vermouzek, 1982).

Na území České republiky však nedošlo k výraznému poklesu početnosti. Dlouhodobý trend ukazuje spíše na stabilní populaci, jak vyplývá z dat Jednotného programu sčítání ptáků (viz obr. 5).



Obr. 5: Graf ukazuje vývoj populace vlaštovky obecné v letech 1982–2024, přičemž data vykazují výrazné výkyvy – s vrcholy v letech 1996 a 2021 – avšak celkový trend zůstává stabilní, což naznačuje, že dlouhodobě se velikost populace výrazně nemění. Zdroj: Jednotný program sčítání ptáků – JPSP

2. CÍLE PRÁCE

Cílem této studie bylo podrobně prozkoumat faktory ovlivňující pravděpodobnost přežívání vlaštovky obecné v populaci hnízdicí na Třeboňsku a ve východních Čechách.

1. Zatímco celková početnost vlaštovky obecné v České republice je od 80. let považována za stabilní, lokální trendy se mohou lišit v závislosti na specifických podmínkách prostředí a změnách v krajině.

Cíl 1: Zhodnotit vývoj početnosti vlaštovky obecné v lokalitách na Třeboňsku a ve východních Čechách v dlouhodobém časovém horizontu. Porovnat lokální trendy s celostátním vývojem a posoudit, zda jsou tyto populace stabilní, rostoucí nebo klesající.

2. Rozdíly mezi samci a samicemi mohou ovlivňovat přežívání v důsledku odlišného chování, fyziologie nebo ekologických tlaků.

Cíl 2: Ověřit, zda se pravděpodobnost přežívání liší mezi pohlavími a určit, zda některé pohlaví vykazuje vyšší míru přežití.

3. Věk jedince může ovlivňovat jeho zkušenosti, fyzickou kondici i riziko úhynu.

Cíl 3: Zkoumat závislost přežívání na věku jedince pomocí lineárních i nelineárních (kvadratických) modelů, s cílem identifikovat případné věkově specifické změny v přežívání.

4. Tělesná velikost může odrážet celkovou kondici jedince a jeho schopnost zvládat náročné životní fáze, jako je migrace.

Cíl 4: Zhodnotit vztah mezi tělesnou velikostí (délka křídla, vnějších ocasních per a délka tarzu) a pravděpodobností přežití. Ověřit, zda jedinci s většími rozměry vykazují vyšší míru přežití než jedinci menší.

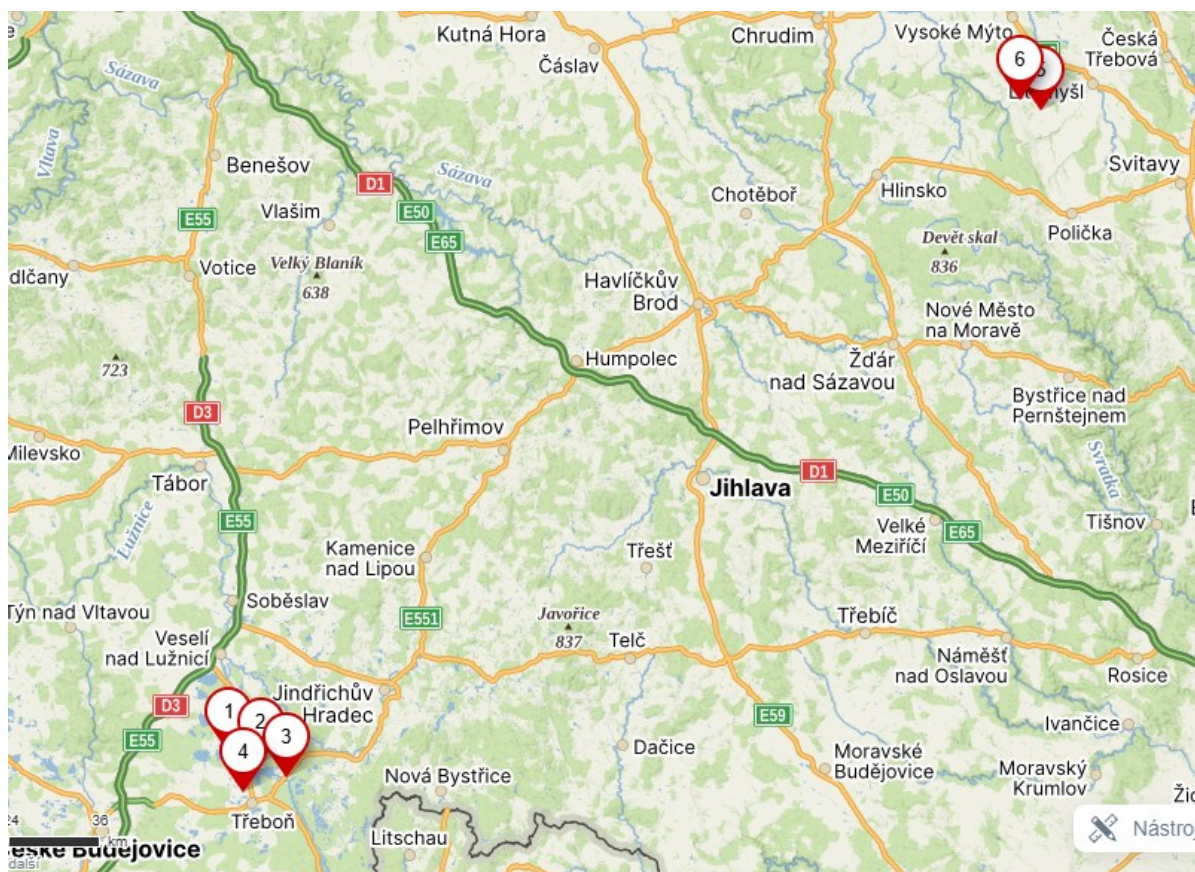
5. Ornamenty, jako je červená skvrna na hrdle, mohou hrát roli v pohlavním výběru a být indikátorem kvality jedince.

Cíl 5: Analyzovat vztah mezi ornamentálními znaky (sytost a jas červené skvrny na hrdle) a přežíváním. Zjistit, zda ornamentálně výraznější jedinci mají vyšší pravděpodobnost přežití.

3. METODY

3.1. LOKALITY

Diplomová práce je postavena na souboru dat získaných během dlouhodobého výzkumu vlaštovky obecné, který probíhá od roku 2010 ve dvou oblastech České republiky a stále pokračuje. První oblast se nachází v jižních Čechách v okolí Třeboně, konkrétně na lokalitách Šaloun (Lomnice nad Lužnicí - 49° 04' N, 14° 42' E), Hamr (Lužnice - 49° 03' N, 14° 46' E), Břilice (49° 01' N, 14° 44' E) a Stará Hlína (49° 02' N, 14° 49' E) a druhá ve východních Čechách ve vesnicích Vidlatá Seč (49° 50' N, 16° 12' E) a Chotovice (49° 51' N, 16° 10' E).



Obr. 6: Hnízdiště vlaštovky obecné. Lokalita 1 Lomnice nad Lužnicí (Šaloun), lokalita 2 Lužnice (Hamr), lokalita 3 Břilice, lokalita 4 Stará Hlína, lokalita 5 Vidlatá Seč, lokalita 6 Chotovice. Zdroj: Mapy.cz

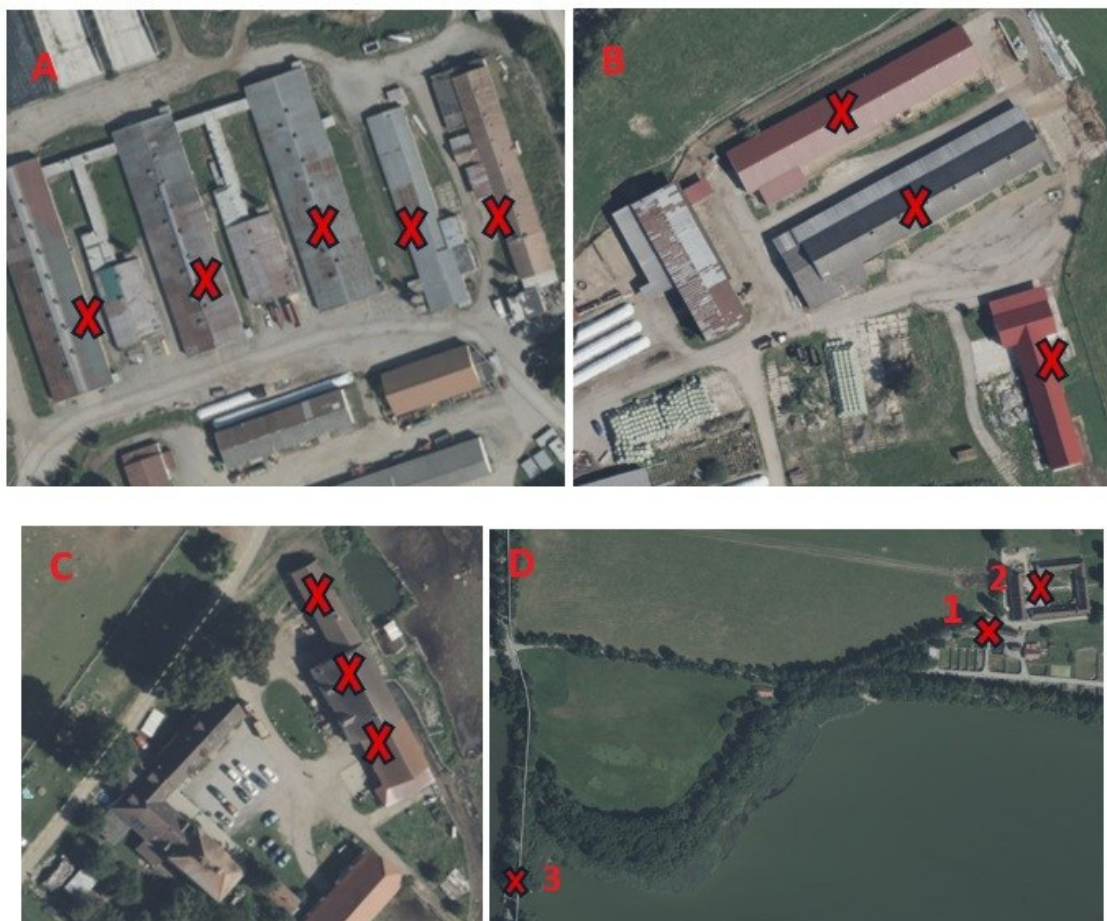
Lokality v jižních Čechách se liší jak rozlohou a strukturou hospodářských objektů, tak počtem hnízdicích párů. Nejrozsáhlejší z nich je Břilice, která byla zařazena do výzkumu v roce 2016. Skládá se ze tří velkých a jedné menší stáje, které tvoří hlavní hnízdní prostředí. Většina párů hnízdí právě v těchto objektech, menší část využívá přilehlé prostory, jako jsou dílny, chodby, sklady a opuštěné budovy. V roce 2024 zde bylo zaznamenáno více než 50 hnízdicích párů. V průběhu let 2016 až 2024 došlo k výrazným změnám ve využívání tří hlavních stájí a současně i v počtu hnízdicích párů. Počty se v jednotlivých letech pohybovaly od 22 párů

v roce 2020 až po maximální hodnotu 75 párů v roce 2017, přičemž v dalších letech kolísaly v rozmezí 31 až 65 párů. První stáj, kde původně hnízdila většina párů, sloužila do roku 2018 k ustájení dojných krav. Po ukončení chovu a odstranění vnitřního vybavení byla přeměněna na seník a vlašťovky zde téměř přestaly hnízdit. Druhá stáj fungovala do roku 2018 jako seník a v tomto období nebyla obsazována. Na konci roku 2018 byla přestavěna na stáj pro výkrm skotu a v roce 2019 zde zahnízdil první pár. Třetí stáj byla po celé sledované období využívána ke krmení býků a její vnitřní uspořádání zůstalo beze změny. Vlašťovky zde hnízdily po celou dobu v podobných počtech.

Lokalita Stará Hlína je sledována od roku 2019. Většina párů zde původně hnízdila ve ventilačních průduších pod střechou první stáje. V roce 2022 však došlo z důvodu havarijního stavu k její kompletní rekonstrukci, při níž byla vyměněna střecha a zlikvidovány všechny průduchy. Tím se stáj stala pro hnízdění nevhodnou a od té doby zde hnízdí jen několik párů. Část populace se přesunula do druhé stáje, která však poskytuje méně vhodné podmínky. V letech 2019–2021 se počet hnízdících párů pohyboval stabilně mezi 24 a 31, po přestavbě první stáje v roce 2022 však došlo k poklesu a v posledních letech kolísá kolem 18–20 párů.

Součástí města Lomnice nad Lužnicí je lokalita Šaloun, která zahrnuje několik samostatných objektů využívaných vlašťovkou obecnou k hnízdění. Hlavním místem jsou sádky Rybářství Třeboň u rybníka Velký Tisý. Ve stodole o rozměrech přibližně 5 × 8 m, kde jsou ustájeny ovce, hnízdí významná část zdejší populace. Další součástí lokality je farma rodiny Krausových, kde se dříve chovaly kozy. Po ukončení chovu došlo k poklesu počtu hnízdících párů vlašťovek, které zde dříve hnízdily ve vyšším počtu. Počet hnízdících párů v těchto dvou objektech se v letech 2010–2024 pohyboval přibližně mezi 20 a 60, přičemž nejvyšších hodnot bylo zaznamenáno v roce 2011 a nejnižších v roce 2017. V posledních letech dochází opět k mírnému nárůstu a v roce 2024 zde hnízdilo téměř 50 párů. Součástí lokality je také malá dřevěná bouda o rozměrech přibližně 2 × 3 m, která slouží k ochraně stavidel mezi rybníky Velký Tisý a Koclířov. Vlašťovky zde hnízdí na dřevěných trámech sedlové střechy a do objektu vlétají malým oknem. Přestože zde byla hnízda zaznamenána již dříve, pravidelný monitoring byl umožněn až od roku 2022. V této malé boudě hnízdí 10–20 párů vlašťovek.

Lokalita Hamr je zemědělský areál, ve kterém chovají prasata a skot. Vlašťovky zde hnízdí v několika objektech určených pro ustájení zvířat, celkem zde bylo během posledních let registrováno kolem 60 hnízdících párů. Během sledovaných let nedošlo v areálu k zásadním změnám, které by ovlivnily početnost hnízdní populace.



Obr. 7: Znárodnění jednotlivých studovaných lokalit s přesným označením hnízdišť. Písmena označují hlavní lokality: A – Břilice, B – Stará Hlína, C – Lužnice (dvůr Hamr), D – Lomnice nad Lužnicí (Šaloun). Na lokalitě Šaloun jsou dále číselně vyznačena konkrétní hnízdní místa: 1 – sádky Rybářství Třeboň, 2 – farma rodiny Krausových, 3 – dřevěná bouda mezi rybníky Velký Tisý a Koclířov.

Ve východních Čechách hnízdí vlaštovky obecné převážně v zemědělských usedlostech, zejména ve stodolách, chlévech a dalších hospodářských objektech, které poskytují vhodné podmínky pro vznik hnízdních kolonií. Nejvyšší počty hnízdicích párů se pravidelně vyskytují právě na těchto typech objektů. Nižší počet párů byl zaznamenán také u rodinných domů, kde ptáci využívají různé přístavky, jako jsou garáže, kůlny, uhelny či kurníky.

Ve Vidlaté Seči byla největší hnízdní kolonie dlouhodobě soustředěna v areálu zemědělského družstva, kde během sledovaného období hnízdilo v průměru přibližně 22 párů. Tento objekt představoval hlavní hnízdní lokalitu v rámci obce. Odchyty ve Vidlaté Seči byly prováděny pouze na většině vhodných objektů, nikoli však na všech dostupných hnízdních stanovištích. Lokalita Chotovice je specifická tím, že zde byli ptáci odchyťováni na všech známých hnízdních objektech, které byly každoročně systematicky kontrolovány. V období 2010–2024 se počet hnízdicích párů pohyboval mezi 10 a 47, přičemž nejnižší počet byl

zaznamenán v roce 2010 a nejvyšší v roce 2021. V posledních letech se počet stabilizoval kolem 30–35 párů.



Obr. 8: Znázornění jednotlivých studovaných lokalit s přesným označením hnízdišť. Písmena označují hlavní lokality: A – Chotovice, B – 1. část Vidlaté Seče, C – 2. část Vidlaté Seče. Zdroj: Václav Jelínek

3.2. ODCHYT A MĚŘENÍ

Odchyty jedinců vlaštovky obecné byly prováděny na všech sledovaných lokalitách v průběhu několika po sobě jdoucích let, vždy v předem stanovených obdobích během hnízdní sezóny. Probíhaly za použití jemných ornitologických sítí umístovaných ke vstupním otvorům budov, jako jsou okna, vrata, dveře či jiné přístupové otvory využívané ptáky při výletech z hnízdních prostor. Postupy odchyty se lišily podle oblasti.

Na Třeboňsku se odchyty uskutečňovaly převážně v časných ranních hodinách, přibližně 3–5krát za sezónu na každé lokalitě. Byly rozloženy v přibližně třítydenních intervalech mezi začátkem května a začátkem července, tedy během období aktivního hnízdění.

Tento přístup umožnil sledovat průběžné změny v hnízdní struktuře a zvyšoval pravděpodobnost odchyty všech hnízdicích jedinců.

Ve východních Čechách byly odchyty prováděny zpravidla jednou ročně na každé lokalitě, nejčastěji v období od konce května do konce června, kdy se na lokalitách vyskytovalo nejvíce hnízdicích párů. V případě výskytu nových párů nebo výrazného nárůstu početnosti byly odchyty opakovány. Na rozdíl od Třebońska zde odchyty probíhaly převážně během dne. Tento způsob opakovaných odchytů umožnil spolehlivou identifikaci věku dospělých jedinců a poskytl cenné údaje pro analýzu věkové struktury a dalších demografických charakteristik sledovaných populací.

V obou oblastech jižních a východních Čech byly neoznačení jedinci okroužkováni ornitologickým hliníkovým kroužkem s unikátním identifikačním kódem Kroužkovací stanice Národního muzea v Praze. Kromě toho byli všichni jedinci z Třebońska označeni unikátní barevnou kombinací plastových rozlišovacích kroužků. Tyto barevné kroužky výrazně usnadňují identifikaci ptáků přímo na hnízdištích a umožňují přesnější určování hnízdních párů.

Označeným jedincům byly odebrány vzorky krve a peří z boků, hrudi, hrdla, zad, ventrální oblasti a střední ocasní pera. Dále byli jedinci zváženi pomocí digitální váhy a bylo provedeno měření několika tělesných parametrů, včetně délky tarzu, hlavy (pomocí digitálního posuvného měřítka), křídla a krajních rýdovacích per. Měření křídel a krajních ocasních per bylo prováděno pomocí speciálního pravítka se zarážkou, které umožňuje přesné a standardizované určení velikosti jejich délky (viz obr. 9).



Obr. 9: Měření krajních rýdovacích per, tarsu a křídla pomocí speciálních měřitek. Foto: Josefina Záleská

Pro stanovení barevnosti per v oblasti hrdla byla použita reflektanční spektrometrie. Z každého jedince bylo odebráno deset per z příslušné tělesné oblasti, která byla následně

srovnána na kartičku z tvrdého papíru a fixována pomocí lepicí pásky přes sebe tak, aby vytvořila souvislý, homogenní povrch odpovídající přirozené poloze per na těle. Měření byla prováděna pomocí reflexního spektrofotometru (USB 2000, Ocean Optics) s deuterovým a halogenovým světelným zdrojem a křemenným optickým vláknem. Všechna měření prováděla stejná osoba za standardních světelných podmínek, pod úhlem 45° a ze stejné vzdálenosti od peří. Měření byla relativní, vztažená k bílé referenci a k tmnému pozadí. Kalibrace byla provedena před každým měřením. Data byla zpracována v softwaru OOIBase 32 a pro analýzy byl použit průměr ze tří opakovaných měření každého vzorku.

3.3. ZPRACOVÁNÍ DATASETU

Pro pozorování bylo nezbytné vytvořit několik různých datasetů, protože některé proměnné nebyly shromažďovány ve všech letech, případně nejsou ještě pro všechny roky dostupné (barevnost hrdla). Informace o přežívání a pohlaví jedinců byly shromažďovány od roku 2010 do roku 2024. Biometrická data, zahrnující měření tělesných rozměrů, byla na Třeboňsku sledována v celém období 2010–2024, zatímco ve východních Čechách jsou tyto údaje dostupné pro období 2014–2024. Měření délky tarsu byla prováděna výhradně na lokalitách Třeboňska. Stejně tak barevnost hrdla byla zaznamenávána pouze na Třeboňsku a pouze v letech 2010–2023. Ze všech analýz byli vyloučeni jedinci, u nichž nebylo možné určit pohlaví na základě morfologických znaků nebo genetických testů, stejně jako jedinci, pro něž nebyly dostupné konkrétní biometrické údaje.

Do analýzy závislosti přežívání na pohlaví byli zahrnuti všichni jedinci z daného období, jelikož pohlaví je u dospělých jedinců biologicky neměnná vlastnost, která není ovlivněna věkem ani jinými proměnnými.

Dataset použitý pro analýzu závislosti přežívání na délce křídla a tarsu nebylo nutné věkově omezovat, neboť tyto tělesné rozměry se u vlaštovky obecné prodlužují pouze během prvního kalendářního roku života, zatímco u dospělých jedinců zůstávají tyto hodnoty stabilní (Møller, 1994; Turner, 2006). Pro každého jedince byl následně použit průměr délky křídla a tarsu vypočtený ze všech dostupných let jeho odchyty, čímž se snížil vliv náhodné odchylky jednotlivých měření a zvýšila se přesnost individuální tělesné velikosti.

Pro analýzu závislosti přežívání v závislosti na věku, délce krajních rýdovacích per a sytosti i jasu hrdla byli zahrnuti pouze jedinci s jistým nebo s vysokou pravděpodobností potvrzeným prvním hnízdním rokem. Jedinci, u nichž byl znám pouze minimální věk, byli z analýzy vyloučeni, neboť u nich nelze s jistotou určit přesný věk. Dalším kritériem pro zařazení do analýzy byla neporušenost ocasních per, která se vyznačují zaoblenými špičkami

(Pape Møller and Szép, 2002). Jedinci s oběma zlomenými nebo jinak poškozenými pery byli z analýzy vyloučeni. V případech, kdy se délka levého a pravého pera lišila, byl pro další zpracování zvolen delší z obou rozměrů.

Přehled počtu jedinců zahrnutých do jednotlivých analýz uvádí tabulka (viz tabulka 1).

Tabulka 1: Přehled počtu jedinců zahrnutých do jednotlivých analýz přežívání podle sledovaných proměnných v různých geografických oblastech a časových obdobích.

OBLAST	ZÁVISLOST PŘEŽÍVÁNÍ	OBDOBÍ	POČET		
	NA:		JEDINCŮ	SAMCŮ	SAMIC
TŘEBOŇSKO	pohlaví	2010-2024	2784	1523	1261
	délka křídla	2010-2024	2750	1516	1234
	věk	2010-2024	2450	1334	1116
	délka krajních rýdovacích per	2010-2024	2395	1315	1080
	tarsus	2010-2024	2743	1513	1230
	syťost a jas hrdla	2010-2023	816	470	346
VÝCHODNÍ ČECHY	pohlaví	2010-2024	1802	933	869
	délka křídla	2014-2024	1581	825	756
	věk	2010-2024	1619	831	788
	délka krajních rýdovacích per	2014-2024	1373	695	678

Veškerá data byla zpracována pomocí programu MARK verze 10.1 (White, 2018), který slouží k analýze dat označených jedinců na základě historie setkání a individuálních proměnných. Pro účely analýzy byl vytvořen vstupní textový soubor ve formátu .inp, který odpovídá požadavkům programu MARK.

Každý řádek vstupního souboru reprezentoval jednoho jedince a obsahoval historii setkání (tzv. *capture history*), která zaznamenávala přítomnost nebo nepřítomnost jedince v jednotlivých obdobích sledování pomocí binárního kódu (např. 1010), počet jedinců (vždy 1, protože každý jedinec byl uveden samostatně) a individuální proměnné, které byly měřeny při odchytu nebo pozdější analýzou v laboratoři.

Použité proměnné zahrnovaly pohlaví (samec, samice), délku křídla, barevnost hrdla, délku krajních rýdovacích per a délku tarsu. Tato struktura umožnila modelování vlivu biologických charakteristik jedinců na pravděpodobnosti přežití a zpětného odchytu v rámci zvoleného modelu.

3.4. STATICKÁ ANALÝZA

Při výběru optimálního modelu pro analýzu dat byla zohledněna schopnost modelu co nejlépe vystihnout skutečnou strukturu dat, přičemž zároveň bylo důležité minimalizovat riziko overfittingu, tedy nadměrného přizpůsobení modelu specifickému souboru dat, což by mohlo snižovat jeho zobecňující schopnost (García-Pérez et al., 2014). K tomuto účelu bylo využito Akaikeho informační kritérium (AIC), které vyvažuje míru přesnosti modelu a jeho složitost.

Nejprve byly vytvořeny konstantní modely, v nichž byly parametry přežití (Φ) i pravděpodobnosti zpětného odchyту (p) považovány za časově neměnné. Tyto modely sloužily jako výchozí bod pro porovnání s komplexnějšími modely. Následně byly do modelů postupně zahrnuty efekty pohlaví (g) a roku (t). Efekt pohlaví byl testován jak v parametru přežití, tak v pravděpodobnosti odchytu, zatímco časový efekt (t) byl zahrnut pouze do pravděpodobnosti odchytu.

Modely byly seřazeny a porovnány pomocí hodnot ΔAIC_c a vah $AIC_c (w_i)$. Kritérium ΔAIC_c sloužilo ke kvantifikaci relativního rozdílu mezi nejlépe hodnoceným modelem a ostatními, zatímco w_i (normalizované na součet 1) vyjadřovalo relativní pravděpodobnost, že daný model je nejlepší v rámci srovnávaného souboru. Model s nejnižší AIC_c a nejvyšší vahou w_i byl považován za nejlepší pro interpretaci dat. Modely s $\Delta AIC_c \leq 2$ byly hodnoceny jako statisticky rovnocenné (White and Burnham, 1999).

Model s nejnižší hodnotou AIC_c a nejvyšší vahou w_i byl dále porovnán s jeho vnořenými variantami, tedy jednoduššími modely s méně parametry, pomocí likelihood ratio testu (LRT), aby bylo možné identifikovat hlavní efekty a interakce faktorů ovlivňujících přežití a míru zpětného odchytu (Lebreton et al., 1992; Pape Møller and Szép, 2002).

V případech, kdy byla v datech detekována „overdispersion“, odhadnuta na základě testu dobré shody (GOF test) z nejjednoduššího modelu $\{\Phi(\cdot) p(\cdot)\}$, byly použity upravené verze informačního kritéria (QAIC a QAICc), přičemž QAICc zahrnuje navíc i korekci na velikost vzorku. Tyto modifikace poskytují vhodnější základ pro výběr modelů, protože penalizují složitost i s ohledem na dodatečnou variabilitu způsobenou overdispersioní. Standardní AIC může v takových případech nadhodnocovat kvalitu komplexních modelů a vést k jejich neopodstatněné preferenci (Burnham and Anderson, 2003).

Míra overdispersiony byla kvantifikována pomocí parametru \hat{c} (c -hat), definovaného jako poměr reziduální deviance modelu a počtu stupňů volnosti. Hodnoty \hat{c} vyšší než 1 indikují přítomnost overdispersiony. Na základě těchto hodnot pak bylo přistoupeno k výpočtu QAICc (Corrected Akaike Information Criterion for overdispersion), který umožňuje konzervativnější

a realističtější výběr modelu s lepší schopností reflektovat skutečnou strukturu variability v datech (White and Burnham, 1999).

Veškeré grafy a základní vizualizace modelových výstupů byly primárně vytvořeny v prostředí programovacího jazyka R (verze 4.3.1). Pro grafickou prezentaci dat byl využit balíček ggplot2, který umožňuje tvorbu přehledných a esteticky kvalitních vizualizací pomocí systému vrstvené grafiky. Balíček readxl byl použit pro import dat z tabulek aplikace Microsoft Excel a jejich základní předzpracování. Pro efektivní manipulaci s daty, jejich filtrování, seskupování a transformaci byl klíčový balíček dplyr, který poskytuje přehlednou a intuitivní syntaxi pro práci s datovými rámci v R (Posit, PBC, 2024; R Core Team, 2023; Wickham, 2024; Wickham a Bryan, 2023; Wickham a François, 2023).

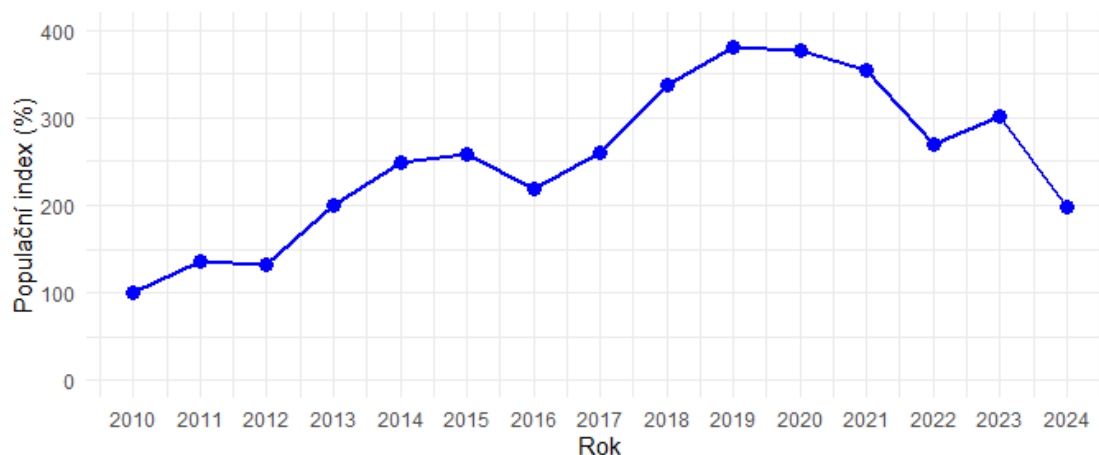
V některých případech byla pro tabulkové zpracování a tvorbu jednoduchých grafů použita také aplikace Microsoft Excel (Microsoft, 2021).

4. VÝSLEDKY

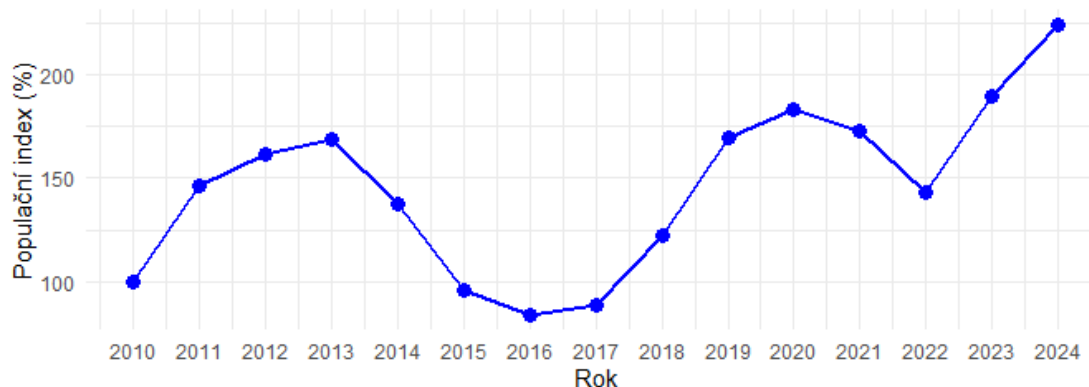
4.1. POČETNOST VLAŠTOVKY OBEČNÉ

Na základě zjištění z Jednotného programu sčítání ptáků (JPSP), podle kterého je populace vlaštovky obecné hodnocena jako stabilní, byla provedena vlastní analýza dlouhodobě sbíraných dat z jižních a východních Čech s cílem ověřit vývoj početnosti tohoto druhu v konkrétních oblastech (obr.10, obr. 11).

Ze studie, která probíhala v letech 2010-2024, byli odebráni jedinci z lokalit Břilice, Stará Hlína a některá místa z Vidlaté Seče, ve kterých se začalo s odchytom později než v roce 2010. Bylo odchyceno celkem 5928 dospělých jedinců vlaštovek obecných. Poměr mezi samci a samicemi byl 1,18 : 1. Z celkového počtu bylo odchyceno 3181 samců a 2691 samic, přičemž u 56 jedinců nebylo možné pohlaví určit. Největší počet odchycených jedinců byl zaznamenán v oblasti Třebońska, kde bylo celkově odchyceno 3605 jedinců, což ukazuje na vysokou koncentraci tohoto druhu v této lokalitě.



Obr. 10: Graf znázorňuje vývoj relativního populačního indexu v Chotovicích a Vidlaté Seči v jednotlivých letech, přičemž hodnoty jsou vyjádřeny jako procento vzhledem k výchozímu roku 2010, který byl stanoven jako referenční (100 %). Modré body představují jednotlivé roční hodnoty, tedy relativní počet odchytů v daném roce ve srovnání s rokem 2010. Hodnota 100 % odpovídá 64 jedincům odchyceným v roce 2010 na sledovaných lokalitách.



Obr. 11: Graf znázorňuje vývoj relativního populačního indexu na Třebońska v jednotlivých letech, přičemž hodnoty jsou vyjádřeny jako procento vzhledem k výchozímu roku 2010. Modré body představují jednotlivé roční hodnoty, tedy relativní počet odchytů v daném roce ve srovnání s rokem 2010. Hodnota 100 % odpovídá 140 jedincům odchyceným v roce 2010 na sledované lokalitě

V oblasti východních Čech byl zaznamenán výrazný nárůst početnosti od roku 2010, kdy populace postupně rostla až do období 2018–2020, kdy dosáhla svého maxima. Po tomto vrcholu došlo k postupnému poklesu, avšak populační index zůstal výrazně nad úrovní referenčního roku.

V jižních Čechách se počet párů vyvíjel s větším proměnlivým trendem. Početnost vzrostla do roku 2013, následoval pokles až do roku 2016, po kterém nastal opětovný růst. V posledních letech byl zaznamenán kontinuální nárůst, který vyvrcholil v roce 2024 nejvyšší hodnotou populačního indexu za celé sledované období.

4.2. ZÁVISLOST PŘEŽÍVÁNÍ NA POHLAVÍ

4.2.1. VIDLATÁ SEČ A CHOTOVICE

Zjištěná hodnota $\hat{c} = 2,45$ poukazuje na zvýšenou variabilitu v datech, která byla při analýze zohledněna (viz tabulka 2).

Tabulka 2: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežívání a zpětných odchytů Chotovic a Vidlaté Seče v závislosti na pohlaví (QAICc – korekce informačního kritéria pro overdispersi; Num. Par – počet parametrů).

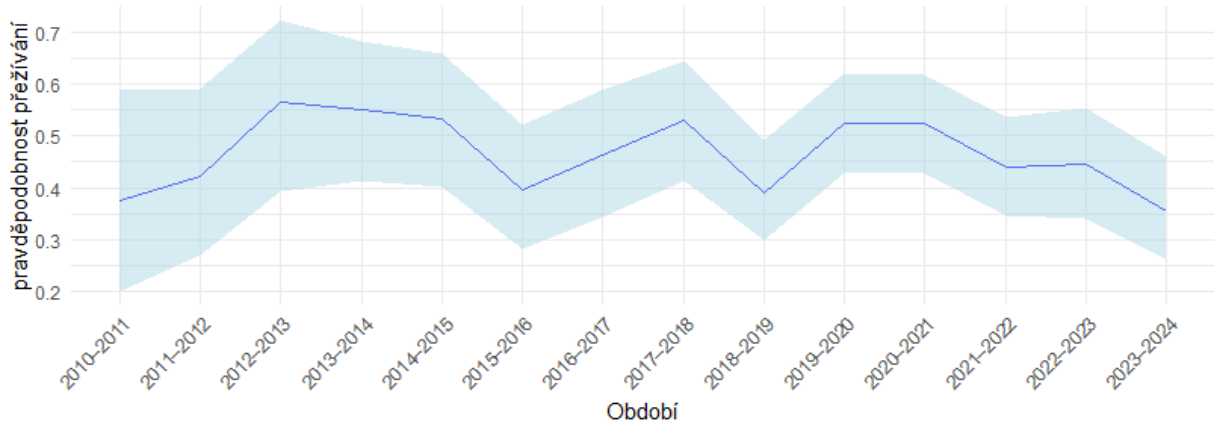
Model	QAICc	Delta QAICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	QDeviance
{Phi(.) p(.) PIM}	1769,364	0	0,33071	1	2	163,6919
{Phi(.) p(g) PIM}	1769,757	0,3926	0,27176	0,8218	3	162,0802
{Phi(g) p(g) PIM}	1770,255	0,8909	0,21183	0,6405	4	160,5726
{Phi(g) p(.) PIM}	1770,789	1,4246	0,16222	0,4905	3	163,1121
{Phi(.) p(t) PIM}	1775,994	6,6298	0,01202	0,0363	15	144,1501
{Phi(g) p(t) PIM}	1777,472	8,1079	0,00574	0,0174	16	143,6047
{Phi(t) p(.) PIM}	1778,712	9,3478	0,00309	0,0093	15	146,8682
{Phi(t) p(g) PIM}	1779,037	9,673	0,00262	0,0079	16	145,1698
{Phi(t) p(t) PIM}	1789,59	20,2256	0,00001	0	27	133,3652

Model {Phi(.) p(.)} vykazoval nejnižší hodnotu QAICc (1769,36) a zároveň nejvyšší AICc váhu (0,33), což z něj činí nejlépe podporovaný model podle dostupných dat. Modely {Phi(.) p(g)} a {Phi(g) p(g)} měly srovnatelně nízké hodnoty QAICc (1769,76 a 1770,25) a relativně vysoké AICc váhy (0,27 a 0,21). Protože rozdíly mezi těmito modely a nejlepším modelem byly menší než 2, byly mezi nimi provedeny testy poměru věrohodnosti (LR testy).

Výsledky LR testů ukázaly, že rozdíly mezi jednoduššími a složitějšími modely nebyly statisticky významné ($p > 0,05$). To naznačuje, že jednodušší modely s konstantními nebo méně komplexními strukturami parametrů dostatečně popisují dostupná data a že pohlaví nemá statisticky významný vliv na přežívání.

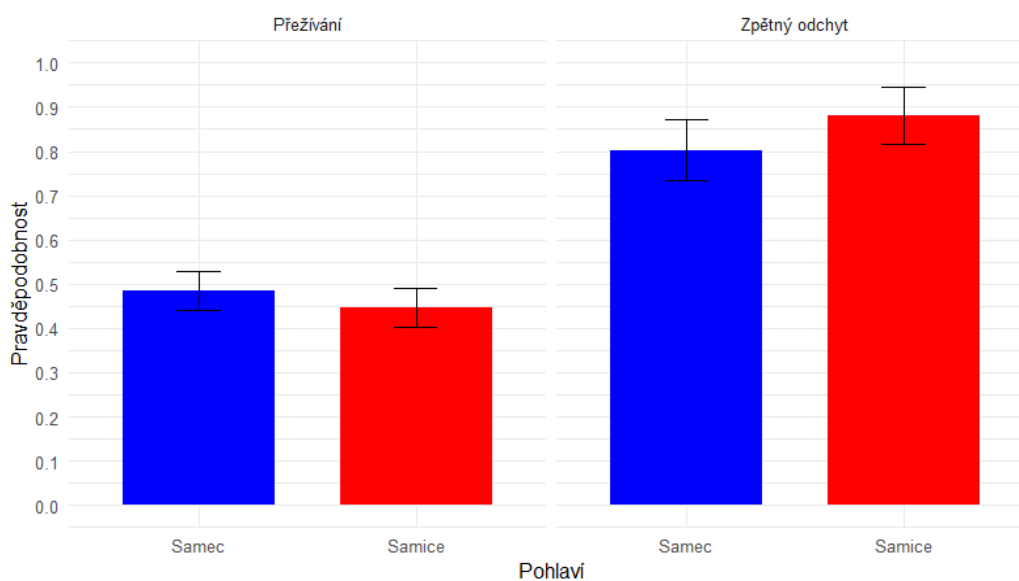
Ačkoli modely zahrnující efekt pohlaví (např. $\{\Phi(g) p(g)\}$) neposkytly lepší přizpůsobení než model s konstantním přežíváním a pravděpodobností odchyty, odhadované rozdíly mezi pohlavími byly biologicky zajímavé. Samci vykazovali vyšší pravděpodobnost přežití ($\Phi = 0,485$; 95% CI: 0,442–0,528) než samice ($\Phi = 0,446$; 95% CI: 0,403–0,491).

Model s časově proměnným přežíváním sice nebyl vyhodnocen jako nejlepší podle kritéria QAICc, avšak sledování vývoje odhadů v čase poskytlo zajímavý pohled na dynamiku přežívání v rámci sledované populace (viz obr. 12).



Obr. 12: Obrázek znázorňuje pravděpodobnost přežívání vlaštovky obecné bez ohledu na pohlaví v oblasti východních Čech v jednotlivých obdobích mezi lety 2010 až 2024. Modrá čára představuje střední odhad pravděpodobnosti přežívání pro každé období, zatímco světle modré stínování označuje 95% intervaly spolehlivosti.

Pravděpodobnost zpětného odchyty byla celkově vysoká – 81 % (95% CI: 0,738–0,867) u samců a 87,0 % (95% CI: 0,788–0,924) u samic.



Obr. 13: Obrázek znázorňuje porovnání pravděpodobnosti přežívání a zpětného odchyty vlaštovek obecných podle pohlaví ve východních Čechách s vyznačenými 95% intervaly spolehlivosti. V grafu přežívání mají samci vyšší pravděpodobnost než samice, zatímco v grafu zpětného odchyty je tomu naopak – samice mají vyšší pravděpodobnost zpětného odchyty než samci.

4.2.2. TŘEBOŇSKO

Na základě dat z oblasti Třeboňska, byla provedena analýza přežívání a pravděpodobnosti zpětných odchytů (viz tabulka 3). Pro hodnocení modelů bylo použito QAICc, upravené na základě parametru $\hat{c} = 1,98$, odhadnutého z nejjednoduššího modelu $\{\Phi(\cdot) p(\cdot)\}$.

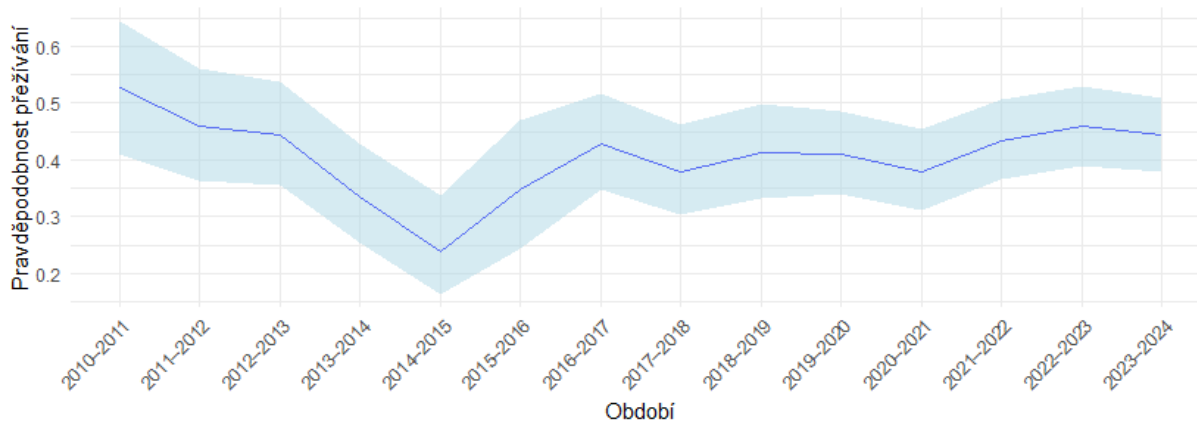
Tabulka 3: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežívání a zpětných odchytů z Třeboňska v závislosti na pohlaví (QAICc – korekce informačního kritéria pro overdispersi; Num. Par – počet parametrů).

Model	QAICc	Delta QAICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	QDeviance
{Phi(.) p(.) PIM}	2755,632	0	0,18214	1	2	142,045
{Phi(.) p(g) PIM}	2755,648	0,016	0,18069	0,992	3	140,0579
{Phi(t) p(.) PIM}	2755,706	0,0741	0,17552	0,9636	15	115,9985
{Phi(g) p(g) PIM}	2755,783	0,1508	0,16892	0,9274	4	138,1886
{Phi(t) p(g) PIM}	2755,828	0,1956	0,16517	0,9068	16	114,1035
{Phi(g) p(.) PIM}	2756,351	0,7187	0,12716	0,6981	3	140,7605
{Phi(.) p(t) PIM}	2769,46	13,8284	0,00018	0,001	15	129,7528
{Phi(g) p(t) PIM}	2770,127	14,4949	0,00013	0,0007	16	128,4027
{Phi(t) p(t) PIM}	2771,102	15,4699	0,00008	0,0004	27	107,1272

Nejnižší hodnotu QAICc vykazoval nejjednodušší model $\{\Phi(\cdot) p(\cdot)\}$, nicméně rozdíly mezi ním a modely zahrnujícími pohlaví a čas byly minimální ($\Delta QAICc < 2$), což znamená, že jsou statisticky srovnatelné. Výsledky LR testů rovněž neprokázaly statisticky významné rozdíly mezi srovnávanými modely (všechny $p > 0,05$). Pohlaví se tak v rámci této analýzy neukázalo jako důležitý faktor ovlivňující přežívání nebo pravděpodobnost zpětného odchytu.

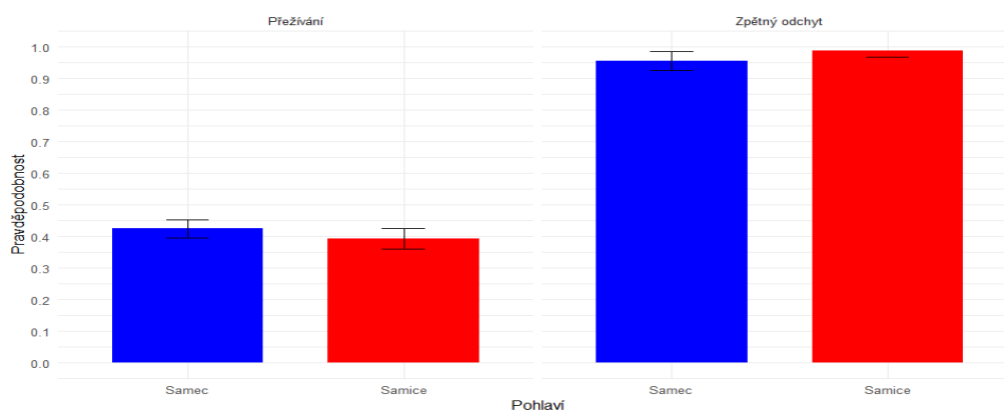
Detailnější pohled na model $\{\Phi(g) p(g)\}$, který však nebyl vyhodnocen jako nejlepší, ukázal, že samci vykazovali mírně vyšší pravděpodobnost přežívání ($\Phi = 0,425$; 95% CI: 0,395–0,455) než samice ($\Phi = 0,394$; 95% CI: 0,362–0,427).

Také model s časově proměnným přežíváním nebyl preferován dle AICc, ale umožnil detailní sledování meziroční variability (viz obr. 14). V průběhu sledovaného období došlo ke zlepšení přežívání jedinců v populaci. V počátečních letech (2010–2015) míra přežívání klesla až na 24 %, zatímco později docházelo k postupnému zvyšování. Výrazné vrcholy byly zaznamenány mezi roky 2016–2017 (43,21 %) a 2022–2023 (46,16 %).



Obr. 14: Obrázek znázorňuje pravděpodobnost přežívání vlaštovky obecné v oblasti jižních Čech bez závislosti na pohlaví v jednotlivých obdobích mezi lety 2010 až 2024 s 95% intervalem spolehlivosti. Modrá čára představuje střední odhad pravděpodobnosti přežívání pro každé období, zatímco světle modré stínování označuje 95% intervaly spolehlivosti.

Vedle přežívání byla odhadnuta i pravděpodobnost zpětného odchyty, která byla mimořádně vysoká: u samců dosahovala 96 % (95% CI: 0,918–0,979), u samic dokonce 98 % (95% CI: 0,935–0,997).



Obr. 15: Obrázek znázorňuje porovnání pravděpodobnosti přežívání a zpětného odchyty vlaštovek obecných podle pohlaví v jižních Čechách s vyznačenými 95% intervaly spolehlivosti. V grafu přežívání mají samci vyšší pravděpodobnost než samice, zatímco v grafu zpětného odchyty je tomu naopak – samice mají vyšší pravděpodobnost zpětného odchyty než samci.

4.3. ZÁVISLOST PŘEŽÍVÁNÍ NA DÉLCE KŘÍDLA

4.3.1. VIDLATÁ SEČ A CHOTOVICE

Celkem bylo zahrnuto 1581 ptáků ze dvou vesnic ve východních Čechách. Z Chotovic bylo sledováno 201 samic a 219 samců, zatímco z Vidlaté Seče pocházelo 606 samců a 555 samic a průměrná délka křídla samců činila 125,55 mm a samic 123,96 mm.

Tabulka 4: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežívání a zpětných odchyťů v závislosti na délce křídla v Chotovicích a Vidlaté Seči.

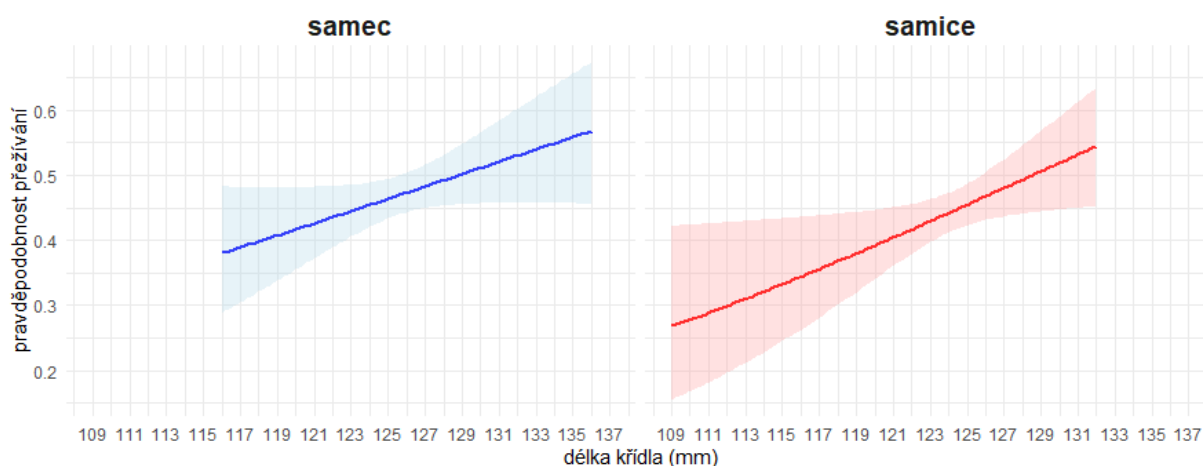
Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t) kridlo}	7177,838	0	0,99973	1	20	7137,6593
{Phi(t) p(g) kridlo}	7196,33	18,492	0,0001	0,0001	14	7168,241
{Phi(t) p(.) kridlo}	7196,452	18,6132	0,00009	0,0001	12	7172,3852
{Phi(t) p(t)}	7196,77	18,9317	0,00008	0,0001	19	7158,6081
{Phi(.) p(t) kridlo}	7202,419	24,5806	0	0	12	7178,3526
{Phi(g) p(t) kridlo}	7206,387	28,5481	0	0	14	7178,2971
{Phi(t) p(.)}	7212,277	34,439	0	0	11	7190,2212
{Phi(t) p(g)}	7213,067	35,2287	0	0	13	7186,9896
{Phi(.) p(t)}	7218,068	40,2298	0	0	11	7196,012
{Phi(g) p(t)}	7221,816	43,9774	0	0	13	7195,7383
{Phi(.) p(g) kridlo}	7244,386	66,5477	0	0	5	7234,3734
{Phi(.) p(.) kridlo}	7244,452	66,6137	0	0	3	7238,447
{Phi(g) p(g) kridlo}	7248,205	70,367	0	0	7	7234,1816
{Phi(g) p(.) kridlo}	7248,424	70,5857	0	0	5	7238,4114
{Phi(.) p(.)}	7259,238	81,3997	0	0	2	7255,2356
{Phi(.) p(g)}	7260,1	82,2615	0	0	4	7252,0914
{Phi(g) p(g)}	7262,773	84,935	0	0	6	7250,7555
{Phi(g) p(.)}	7262,936	85,0974	0	0	4	7254,9273

Z porovnání kandidátských modelů podle hodnoty AICc jednoznačně vyplývá, že nejvhodnějším modelem je {Phi(t) p(t) kridlo}, který zahrnuje časovou proměnlivost přežívání i pravděpodobnosti zpětného odchyťu a zároveň zohledňuje délku křídla jako individuální proměnnou. Tento model dosáhl nejnižší hodnoty AICc (7177,838) a téměř absolutní AICc váhu (0,999), což dokládá jeho jednoznačně nejlepší shodu s daty.

Regresní koeficient pro délku křídla byl kladný ($\beta = 0,053$) a jeho 95% interval spolehlivosti (0,030–0,075) nepřekračoval nulu, což potvrzuje statistickou významnost tohoto vlivu. Relativně nízká standardní chyba odhadu ($SE = 0,01$) dále zvyšuje důvěryhodnost výsledků. Zjištěné parametry naznačují, že vliv křídla má vliv na přežívání.

Ostatní modely, které délku křídla nezahrnovaly, vykazovaly podstatně horší přizpůsobení datům. Například model {Phi(t) p(t)}, který rovněž počítá s časovou proměnlivostí, ale nezahrnuje délku křídla, dosáhl o téměř 19 jednotek vyšší hodnoty AICc ($\Delta AICc = 18,93$). Podobně modely, které zohledňují pouze pohlaví nebo konstantní parametry přežívání a odchyťu (např. {Phi(.) p(.)} nebo {Phi(g) p(g)}), byly výrazně méně vhodné ($\Delta AICc > 65$).

Ačkoli model zohledňující pohlaví nebyl vyhodnocen jako nejvhodnější dle AICc, byla provedena doplňující vizualizace vztahu mezi délkou křídla a pravděpodobností přežívání samců a samic (viz obr. 16). U obou pohlaví se ukázal pozitivní trend – s rostoucí délkou křídel se zvyšovala pravděpodobnost přežívání. Tento trend byl navíc doprovázen poklesem rozptylu hodnot, což může naznačovat určitou stabilizaci morfologických znaků. U samic byl odhadnut regresní koeficient $\beta = 0,052$ (95% CI: 0,006 až 0,098), což ukazuje na statisticky významný pozitivní vztah. U samců byl koeficient $\beta = 0,038$ (95% CI: –0,004 až 0,079), přičemž interval spolehlivosti zahrnuje nulu, a tedy není průkazný na hladině významnosti 95 %.



Obr. 16: Závislost pravděpodobnosti přežívání vlaštovky obecné na délce křídla ve východních Čechách v letech 2014–2024. Barevné čáry znázorňují odhad přežívání samostatně pro samce (modře) a samice (červeně), stínované oblasti představují 95% intervaly spolehlivosti.

V této lokalitě bylo zpětně odchyceno 86,65 % (95% CI: 0,843 až 0,887) jedinců, přičemž samci vykazovali míru odchyty 83% (95% CI: 0,79 až 0,878) a samice 90% (95% CI: 0,852 až 0,934).

4.3.2. TŘEBOŇSKO

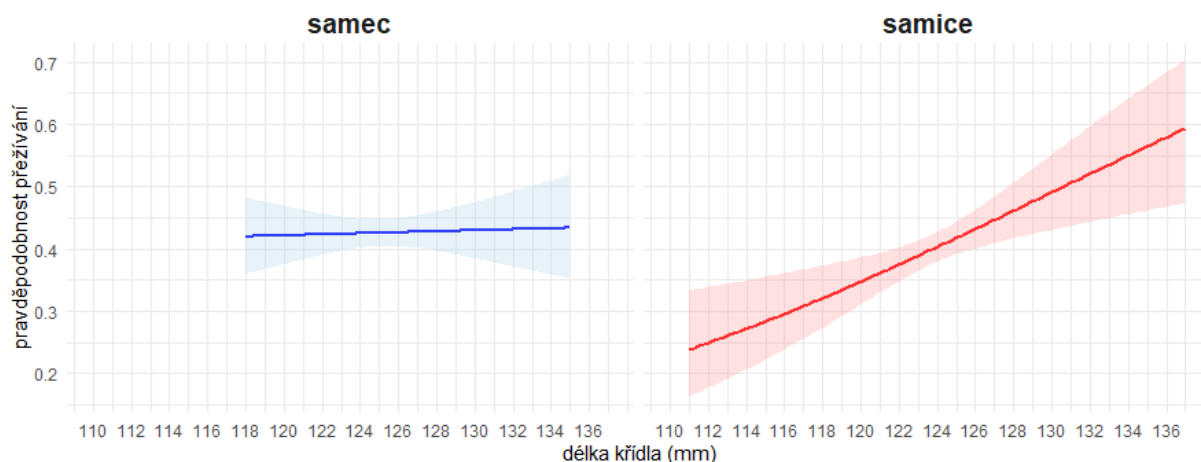
Dataset byl tvořen mírně vyšším počtem samců oproti samicím. Konkrétně bylo zaznamenáno 1516 samců (55,12 %) a 1234 samic (44,88 %). Průměrná délka křídla samců v dané lokalitě činila 125,13 mm a samic 123,57 mm.

Tabulka 5: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežívání a zpětných odchytů v závislosti na délce křídla na Třeboňsku.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood od	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t) kridlo}	10713,79	0	0,99824	1	23	10667,645
{Phi(t) p(t)}	10726,53	12,7441	0,00171	0,0017	22	10682,401
{Phi(t) p(g) kridlo}	10734,33	20,5395	0,00003	0	18	10698,239
{Phi(t) p(.) kridlo}	10735,02	21,2353	0,00002	0	16	10702,953
{Phi(t) p(g)}	10747,45	33,6602	0	0	17	10713,369
{Phi(t) p(.)}	10747,57	33,779	0	0	15	10717,505
{Phi(.) p(t) kridlo}	10787,76	73,969	0	0	11	10765,723
{Phi(g) p(t) kridlo}	10791,35	77,56	0	0	13	10765,301
{Phi(.) p(t)}	10799,65	85,8633	0	0	10	10779,623
{Phi(g) p(t)}	10801,88	88,0892	0	0	12	10777,837
{Phi(.) p(g) kridlo}	10819,48	105,6966	0	0	5	10809,477
{Phi(.) p(.) kridlo}	10820,22	106,4299	0	0	3	10814,215
{Phi(g) p(g) kridlo}	10822,59	108,8063	0	0	7	10808,58
{Phi(g) p(.) kridlo}	10823,84	110,0536	0	0	5	10813,834
{Phi(.) p(g)}	10831,73	117,943	0	0	4	10823,726
{Phi(.) p(.)}	10831,94	118,1484	0	0	2	10827,935
{Phi(g) p(g)}	10833,08	119,2887	0	0	6	10821,066
{Phi(g) p(.)}	10834,25	120,465	0	0	4	10826,248

Analýza přežívání v Třeboni odhalila komplexní dynamiku populace s klíčovým zjištěním. Nejlepší model dosahuje 99,8 % podpory a vysvětluje 100% variability dat. Křídlo vykazuje statisticky významný pozitivní vliv s koeficientem 0,033 a interval spolehlivosti je nad nulou (0,016 až 0,05), což prokazatelně ukazuje, že křídlo má vliv na přežívání.

Za účelem detailnějšího vyhodnocení byly vytvořeny samostatné datasety pro samce a samice. Výsledky odhalily pozitivní korelaci mezi délkou křídla a přežíváním samic, kdy s nárůstem délky křídla pravděpodobnost přežívání postupně stoupá z 0,2 na 0,6 (viz obr. 17). U samic je délka křídla významným prediktorem přežívání – čím delší křídlo, tím vyšší šance na přežití. Tento vztah byl potvrzen i modelem přežití, kde parametr pro délku křídla (Beta = 0,059) vykazoval statistickou významnost, neboť jeho 95% interval spolehlivosti (0,023 až 0,095) nezahrnoval nulu. To svědčí o robustním pozitivním vlivu délky křídla na přežití samic. U samců se pravděpodobnost přežívání mírně zvyšuje (viz obr. 17). Tento nárůst je však velmi malý. Navíc interval spolehlivosti pro tento koeficient je od -0,030 do 0,036, což zahrnuje nulu. To ukazuje, že vliv délky křídla na přežití samců není statisticky významný, tudíž přežívání se s délkou křídla u samců v průměru nijak výrazně nemění.

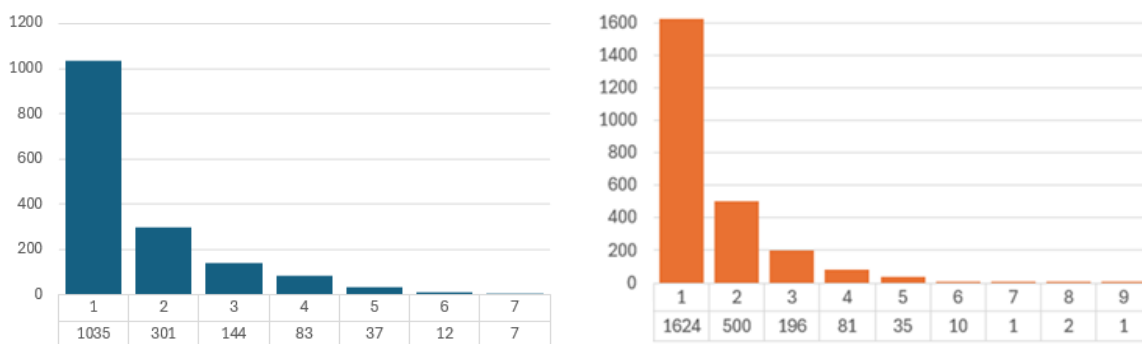


Obr. 17: Závislost pravděpodobnosti přežívání vlaštovky obecné na délce křídla na Třeboňsku v letech 2010–2024. Barevné čáry znázorňují odhad přežívání samostatně pro samce (modře) a samice (červeně), stínované oblasti představují 95% intervaly spolehlivosti.

V rámci pozorování byl rovněž sledován zpětný odchyt, který činil 97 % (95% CI: 0,956 až 0,977) pro všechny jedince, přičemž pro samce byl zpětný odchyt na úrovni 96 % (95% CI: 0,93 až 0,973) a pro samice dokonce 98 % (95% CI: 0,96 až 0,996).

4.4. ZÁVISLOST PŘEŽÍVÁNÍ NA VĚKU

Všichni jedinci do jednoho roku věku mají obvykle nižší pravděpodobnost přežití ve srovnání s dospělými jedinci. Tento nižší stupeň přežití u mladších jedinců je často způsoben vyšším rizikem úmrtí v raných fázích života, což může být způsobeno různými faktory, jako je např. nižší zkušenost při vyhledávání potravy, zvýšená náchylnost k predaci. Z tohoto důvodu byla pro analýzu vybrána data, která neobsahují první juvenilní rok života a zaměřila se na přežití jedinců po této fázi vývoje (Sanz-Aguilar et al., 2019).



Obr. 18: Početnost vlaštovky obecné podle věku v jednotlivých oblastech České republiky, vlevo východní Čechy, vpravo Třeboňsko. Nejvyšší početnost byla zaznamenána u jedinců s věkem 1 rok, přičemž počet jedinců rapidně klesá s rostoucím věkem.

4.4.1. VIDLATÁ SEČ A CHOTOVICE

Průměrná délka života dospělého jedince byla 1,67 roku. Maximální délka života dospělého byla stanovena na 7 let, tedy 8 kalendářních let od vylíhnutí jedince. Taková délka života byla sledována u sedmi jedinců ve studované populaci.

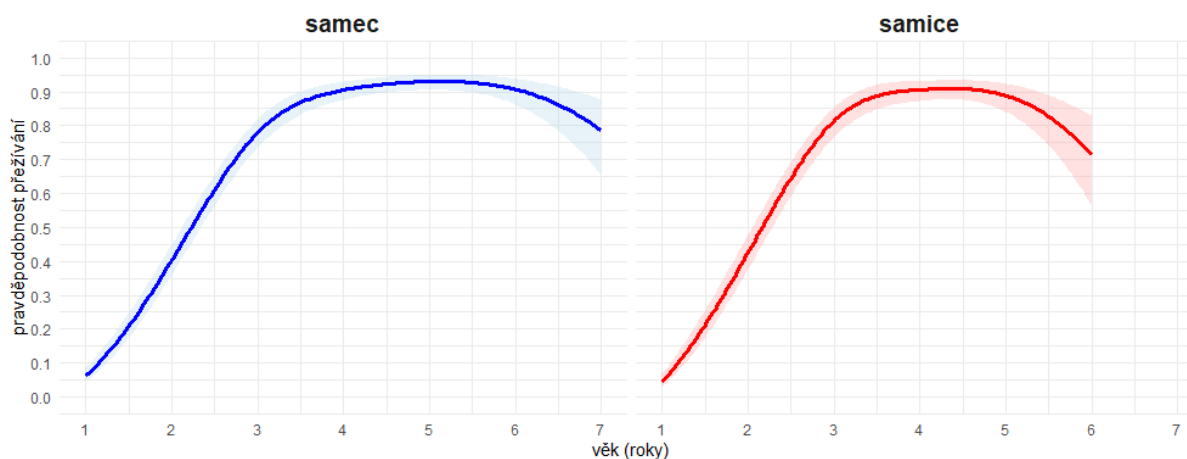
Pro testování vlivu věku na přežívání vlaštovky obecné byly porovnány různé modely lišící se strukturou parametrů přežívání a pravděpodobnosti zpětného odchyty. Největší podporu v datech získal model $\{\Phi(t) p(t) \text{ věk} \text{ věk}^2\}$, který předpokládá časově proměnlivou pravděpodobnost přežívání a zpětného odchyty a zahrnuje jak lineární, tak kvadratický efekt věku. Tento model dosáhl nejnižší hodnoty AICc (4893,07) a zároveň nejvyšší AICc váhy (1,0), což jej jednoznačně identifikuje jako nejlepší ze srovnávaných kandidátských modelů (viz tabulka 6).

Podpora tohoto modelu byla výrazně vyšší než u všech ostatních testovaných variant. Například model zahrnující pouze lineární efekt věku ($\{\Phi(t) p(t) \text{ věk}\}$) měl hodnotu AICc vyšší o 389 jednotek, zatímco modely bez věkového efektu měly rozdíly v AICc přes 2622 jednotek. Přidání kvadratického efektu (věk²) tak výrazně zlepšilo vysvětlení variability v přežívání a naznačuje nelineární vztah mezi věkem a přežíváním.

Tabulka 6: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežití a zpětných odchytů v závislosti na věku v Chotovicích a Vidlaté Seči.

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t) vek vek2}	4893,072	0	1	1	28	4836,736
{Phi(t) p(.) vek vek2}	5004,925	111,8538	0	0	17	4970,799
{Phi(.) p(t) vek vek2}	5015,007	121,9355	0	0	16	4982,895
{Phi(g) p(t) vek vek2}	5018,512	125,4405	0	0	18	4982,371
{Phi(.) p(g) vek vek2}	5102,198	209,1268	0	0	6	5090,181
{Phi(g) p(g) vek vek2}	5104,046	210,9742	0	0	8	5088,016
{Phi(.) p(.) vek vek2}	5105,582	212,5108	0	0	4	5097,574
{Phi(t) p(t) vek}	5282,612	389,5406	0	0	27	5228,3
{Phi(.) p(t) vek}	5398,944	505,8722	0	0	15	5368,845
{Phi(.) p(g) vek}	5530,644	637,5723	0	0	5	5520,632
{Phi(.) p(t) vek2}	5850,278	957,2067	0	0	15	5820,18
{Phi(.) p(g) vek2}	6008,495	1115,424	0	0	5	5998,483
{Phi(t) p(t)}	7515,931	2622,859	0	0	26	7463,641
{Phi(.) p(t)}	7542,815	2649,743	0	0	14	7514,728
{Phi(g) p(t)}	7545,612	2652,541	0	0	16	7513,5
{Phi(t) p(g)}	7549,304	2656,233	0	0	17	7515,178
{Phi(t) p(.)}	7550,549	2657,478	0	0	15	7520,45
{Phi(.) p(g)}	7608,918	2715,846	0	0	4	7600,909
{Phi(g) p(g)}	7609,11	2716,038	0	0	6	7597,092
{Phi(.) p(.)}	7610,088	2717,016	0	0	2	7606,085
{Phi(g) p(.)}	7612,799	2719,727	0	0	4	7604,79

Pro účely analýzy pohlavně specifických rozdílů v přežívání byl vytvořen samostatný graf zobrazující pravděpodobnost přežívání zvlášť pro samce a samice (viz obr.19). Vizualizace umožňuje identifikovat případné odlišnosti mezi pohlavími v závislosti na věku.



Obr. 19: Graf znázorňuje závislost pravděpodobnosti přežívání na věku zvlášť pro samce (vlevo, modře) a samice (vpravo, červeně). Plné čáry představují odhadnutou pravděpodobnost přežívání, stínované plochy pak 95% interval spolehlivosti.

4.4.2. TŘEBOŇSKO

Dataset pro pozorování přežití byl vytvořen pro 2493 jedinců, 1334 samců, 1116 samic a 43 jedinců neurčeného pohlaví. Průměrný věk byl 1,55 let.

V rámci analýzy závislosti přežívání vlaštovky obecné na Třeboňsku podle věku byly zkoumány četnosti výskytu ptáků v jednotlivých věkových kategoriích. Nejvíce ptáků je v prvních dvou věkových kategoriích (věk 1 a 2), kde je zaznamenáno nejvyšší množství jedinců. S rostoucím věkem počet ptáků postupně klesá, přičemž v kategoriích starších než 6 let je zaznamenán pouze minimální počet ptáků (1 až 2 jedinci).

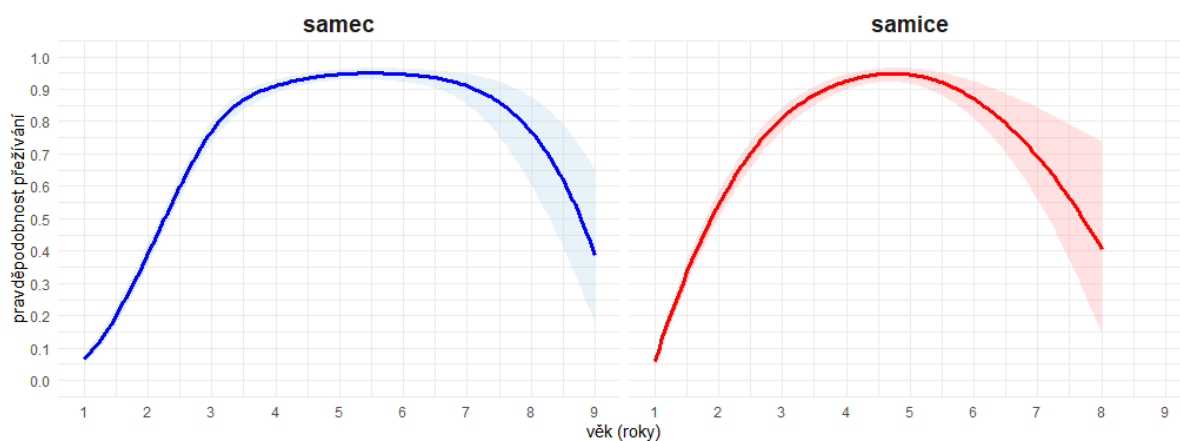
Pro analýzu vlivu věku na přežívání bylo použito několik modelů, které zahrnovaly různé formy závislosti mezi věkem a pravděpodobností přežití (viz tabulka 7). Byly použity modely s různými strukturami, včetně kvadratických vztahů. Výsledky ukázaly, že nejlepší model podle kritéria AICc zahrnoval interakci mezi věkem a jeho kvadratickým členem. Tento model vykázal nejnižší hodnotu AICc (5516,056) a zároveň dosáhl vysoké AICc váhy (1), čímž byl označen za nejlepší ze všech testovaných variant. Naproti tomu model obsahující pouze lineární věkový efekt (AICc = 5995,379) vykazoval výrazně nižší míru podpory. Zahrnutí kvadratického termínu a časových efektů tedy významně zlepšilo shodu modelu s daty a podpořilo hypotézu o nelineárním vztahu mezi věkem a přežíváním.

Analýza odhalila statisticky významný vliv věku ($\beta = 3,56$, 95% CI: 3,37–3,75) i jeho kvadrátu ($\beta = -0,33$; 95% CI: -0,35 až -0,31) na přežívání, což potvrzuje nelineární vztah mezi věkem a pravděpodobností přežití. Ta s přibývajícím věkem nejprve narůstala, avšak po dosažení určitého věku začala opět klesat.

Tabulka 7: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežívání a zpětných odchytů v závislosti na věku na Třeboňsku

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t) vek vek2}	5516,056	0	1	1	24	5467,875
{Phi(t) p(g) vek vek2}	5623,321	107,265	0	0	19	5585,207
{Phi(t) p(.) vek vek2}	5675,709	159,653	0	0	17	5641,617
{Phi(.) p(t) vek vek2}	5767,304	251,2476	0	0	12	5743,257
{Phi(g) p(t) vek vek2}	5771,128	255,072	0	0	14	5743,065
{Phi(.) p(.) vek vek2}	5800,747	284,6908	0	0	4	5792,741
{Phi(.) p(g) vek vek2}	5801,288	285,2319	0	0	6	5789,276
{Phi(g) p(.) vek vek2}	5804,656	288,5994	0	0	6	5792,643
{Phi(g) p(g) vek vek2}	5805,29	289,2334	0	0	8	5789,268
{Phi(t) p(t) vek}	5995,379	479,3227	0	0	23	5949,212
{Phi(t) p(.) vek}	6106,231	590,175	0	0	16	6074,149
{Phi(t) p(t)}	9200,93	3684,873	0	0	22	9156,777
{Phi(t) p(.)}	9217,326	3701,27	0	0	15	9187,254
{Phi(t) p(g)}	9218,431	3702,374	0	0	17	9184,338
{Phi(.) p(t)}	9273,133	3757,077	0	0	10	9253,1
{Phi(g) p(t)}	9274,329	3758,273	0	0	12	9250,282
{Phi(.) p(.)}	9301,792	3785,736	0	0	2	9297,79
{Phi(.) p(g)}	9302,682	3786,626	0	0	4	9294,676
{Phi(g) p(g)}	9302,805	3786,749	0	0	6	9290,792
{Phi(g) p(.)}	9303,125	3787,069	0	0	4	9295,119

Za účelem posouzení rozdílů v přežívání mezi pohlavími byla provedena vizualizace pravděpodobnosti přežívání samců a samic v samostatném grafu (viz obr. 20).



Obr. 20: Graf znázorňuje závislost pravděpodobnosti přežívání na věku zvlášť pro samce (vlevo, modře) a samice (vpravo, červeně). Plné čáry představují odhadnutou pravděpodobnost přežívání, stínované plochy pak 95% interval spolehlivosti.

4.5. ZÁVISLOST PŘEŽÍVÁNÍ NA DÉLCE OCASNÍCH PER

4.5.1. VIDLATÁ SEČ A CHOTOVICE

Průměrná délka ocasních per všech jedinců činila 99,6 mm (SD = 10,78 mm). U samců byla během jedenáctiletého sledovaného období průměrná délka 107,56 mm (SD = 8,31 mm), zatímco u samic dosahovala 91,44 mm (SD = 5,75 mm).

Bylo vytvořeno několik modelů s různými prediktory a strukturami pro odhad míry přežívání (viz tabulka 8). Cílem bylo zjistit, zda zahrnutí délky ocasu jako prediktoru v modelu přináší statisticky významné zlepšení v přežívání.

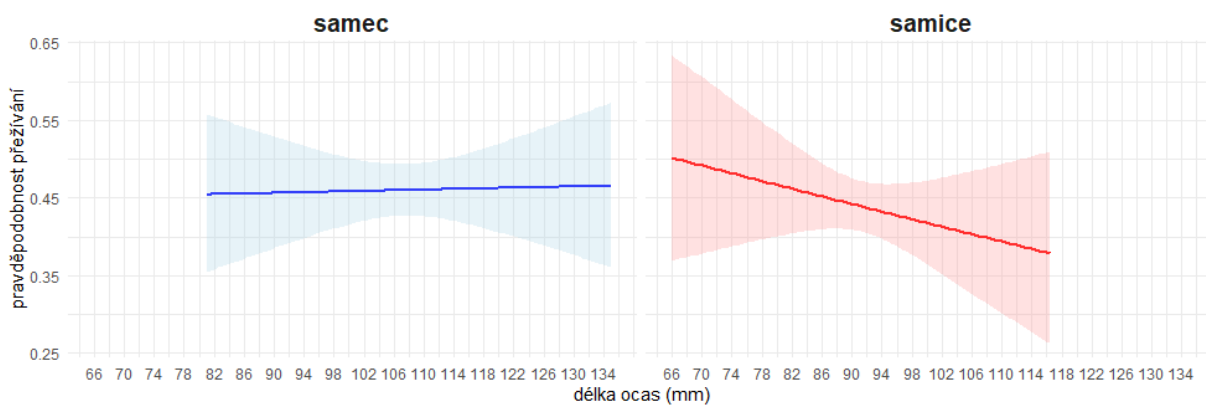
Tabulka 8: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežívání a zpětných odchytů v závislosti na délce krajních ocasních per v Chotovicích a Vidlaté Seči

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t)}	6020,876	0	0,73056	1	18	5984,7046
{Phi(t) p(t) ocas}	6022,89	2,0134	0,26696	0,3654	19	5984,6988
{Phi(t) p(.)}	6033,496	12,6194	0,00133	0,0018	11	6011,4296
{Phi(t) p(.) ocas}	6035,504	14,6278	0,00049	0,0007	12	6011,4259
{Phi(t) p(g)}	6035,573	14,6967	0,00047	0,0006	13	6009,4818
{Phi(t) p(g) ocas}	6037,513	16,6362	0,00018	0,0002	14	6009,4072
{Phi(.) p(t)}	6044,629	23,7528	0,00001	0	10	6024,574
{Phi(.) p(t) ocas}	6046,63	25,754	0	0	11	6024,5642
{Phi(g) p(t)}	6048,5	27,6236	0	0	12	6024,4217
{Phi(g) p(t) ocas}	6050,389	29,513	0	0	13	6024,2981
{Phi(.) p(.)}	6089,496	68,6193	0	0	2	6085,4927
{Phi(.) p(.) ocas}	6091,499	70,6222	0	0	3	6085,4926
{Phi(.) p(g)}	6091,523	70,6462	0	0	4	6083,5126
{Phi(g) p(.)}	6093,331	72,4545	0	0	4	6085,3209
{Phi(.) p(g) ocas}	6093,479	72,6026	0	0	5	6083,464
{Phi(g) p(g)}	6094,714	73,8376	0	0	6	6082,693
{Phi(g) p(.) ocas}	6095,267	74,3904	0	0	5	6085,2518
{Phi(g) p(g) ocas}	6096,65	75,7733	0	0	7	6082,6216

Vliv délky ocasu byl testován v rámci několika modelů zahrnujících pohlaví, čas a konstantu jako proměnnou. Na základě výsledku modelů byly porovnány modely {Phi(t) p(t)} s rozšířenými modely {Phi(t) p(t) ocas}, ukázalo se, že zahrnutí délky ocasu do modelu nevedlo ke statisticky významnému zlepšení. LR test mezi modely {Phi(t) p(t)} a {Phi(t) p(t) ocas} také neprokázal významné zlepšení po přidání lineárního členu ($\chi^2 = 0,006$; $df = 1$; $p = 0,939$). Tyto

výsledky ukazují, že morfologické znaky, jako je délka ocasu, nemusí být hlavním faktorem ovlivňujícím přežití v dané populaci.

Při vytvoření grafů z datasetů pouze pro samce a samice se ukázalo, že délka ocasních per u samců nemá statisticky významný vliv na přežívání a není klíčovým faktorem, který by ovlivňoval přežívání (viz obr. 21). Výsledky u samic naznačují, že delší ocasní pera mohou být spojena s nižší pravděpodobností přežití samic. Statistická analýza však ukazuje, že tento efekt není průkazný na běžně používané hladině významnosti 95 % (Beta = -0,01, s CI -0,031 do 0,011).



Obr. 21: V grafu je znázorněn vztah mezi délkou ocasu a pravděpodobností přežití samců a samic vlaštovky obecné ve východních Čechách. Modrá a červená přímka znázorňuje trend. Světle modrá a červená stínovaná oblast znázorňuje 95% interval spolehlivosti.

4.5.2. TŘEBOŇSKO

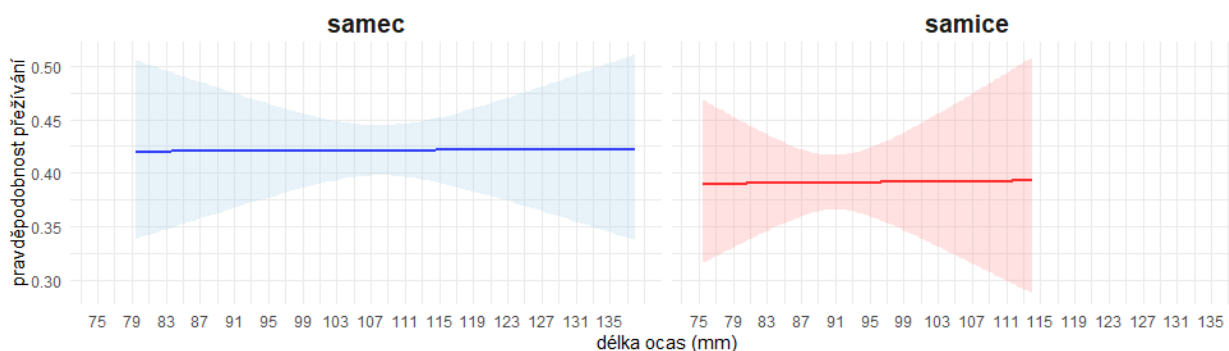
Do datasetu pro pozorování závislosti přežívání na délce ocasních per na Třeboňsku bylo zahrnuto 2395 (1315 samců a 1080 samic) jedinců vlaštovky obecné. Průměrná délka ocasu samců činila 108,1 mm (SD = 8,17 mm) a samic 91 mm (SD = 5,32 mm).

Tabulka 9: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežívání a zpětných odchytů v závislosti na délce krajních ocasních per na Třeboňsku

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t) ocas}	8988,937	0	0,56848	1	23	8942,7664
{Phi(t) p(t)}	8989,492	0,5545	0,43083	0,7579	22	8945,3352
{Phi(t) p(.) ocas}	9004,706	15,7691	0,00021	0,0004	16	8972,6223
{Phi(t) p(g) ocas}	9004,817	15,8792	0,0002	0,0004	18	8968,7107
{Phi(t) p(.)}	9005,244	16,3062	0,00016	0,0003	15	8975,1693
{Phi(t) p(g)}	9006,041	17,1033	0,00011	0,0002	17	8971,946
{Phi(.) p(t) ocas}	9049,698	60,7608	0	0	11	9027,6573
{Phi(.) p(t)}	9049,988	61,0503	0	0	10	9029,9536
{Phi(g) p(t)}	9052,082	63,1443	0	0	12	9028,0334
{Phi(g) p(t) ocas}	9053,27	64,333	0	0	13	9027,214
{Phi(.) p(.) ocas}	9075,137	86,2	0	0	3	9069,1336
{Phi(.) p(g) ocas}	9075,214	86,2771	0	0	5	9065,2051
{Phi(.) p(.)}	9075,415	86,4775	0	0	2	9071,4129
{Phi(.) p(g)}	9076,095	87,1575	0	0	4	9068,0886
{Phi(g) p(g)}	9077,195	88,2576	0	0	6	9065,1819
{Phi(g) p(.)}	9077,581	88,6435	0	0	4	9069,5746
{Phi(g) p(g) ocas}	9078,349	89,4115	0	0	7	9064,3315
{Phi(g) p(.) ocas}	9078,741	89,8035	0	0	5	9068,7315

Nejlépe hodnoceným modelem podle AICc byl {Phi(t) p(t) ocas}, který předpokládá časově proměnnou pravděpodobnost přežívání i zpětného odchytu a zároveň zohledňuje délku ocasu jako individuální faktor. Pro ověření významnosti této proměnné byl proveden LR test mezi modely {Phi(t) p(t)} a {Phi(t) p(t)ocas}. Výsledek testu ukázal, že přidání délky ocasu statisticky významně nezlepšuje model ($\chi^2 = 2,569$; $df = 1$; $p = 0,109$). Výpočtem regresního koeficientu ($\beta = 0,004$, CI $-0,001$ až $0,008$) bylo zjištěno, že délka ocasních per nemá vliv na přežívání u této populace.

Pro posouzení pohlavně specifických rozdílů ve vztahu mezi délkou ocasu a přežíváním byly provedeny samostatné analýzy pro obě pohlaví (viz obr. 22). Při pohledu na graf samců a samic se může zdát, že u samců se se zvětšující délkou ocasu přežívání snižuje a u samic zvyšuje, ale statistická analýza ukazuje, že tento efekt není průkazný na běžně používané hladině významnosti 95 % (samci $\beta = 0,0001$, CI $-0,011$ až $0,012$, samice $\beta = 0,0003$, CI $-0,019$ až $0,02$).



Obr. 22: V grafu je znázorněn vztah mezi délkou ocasu a pravděpodobností přežívání samců a samic vlaštovky obecné v jižních Čechách. Modrá a červená přímka znázorňuje trend. Světle modrá a červená stínovaná oblast znázorňuje 95% interval spolehlivosti.

4.6. ZÁVISLOST PŘEŽÍVÁNÍ NA DÉLCE TARSU

4.6.1. TŘEBOŇSKO

Ve výzkumu byla analyzována data z datasetu, který obsahoval 1503 samců s průměrnou délkou tarsu 11,14 mm (SD = 0,43) a 1231 samic s průměrnou délkou tarsu 11,24 mm (SD = 0,43).

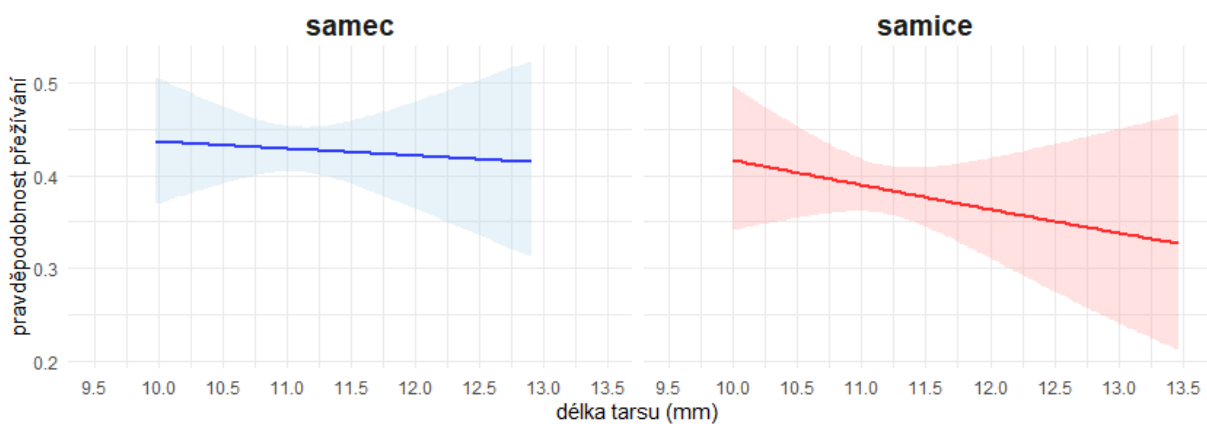
V této analýze byly zkoumány různé modely přežívání, které zahrnovaly časovou variabilitu t , délku tarsu a pohlaví jedince g (viz tabulka 10).

Tabulka 10: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežívání a zpětných odchyť v závislosti na délce tarsu na Třeboňsku

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t) tarsus}	10700,25	0	0,78063	1	23	10654,107
{Phi(t) p(t)}	10702,79	2,539	0,21934	0,281	22	10658,658
{Phi(t) p(g) tarsus}	10722,98	22,7283	0,00001	0	18	10686,89
{Phi(t) p(.) tarsus}	10723,3	23,0521	0,00001	0	16	10691,232
{Phi(t) p(g)}	10723,4	23,1509	0,00001	0	17	10689,322
{Phi(t) p(.)}	10723,61	23,3588	0,00001	0	15	10693,547
{Phi(.) p(t)}	10772,82	72,566	0	0	10	10752,788
{Phi(.) p(t) tarsus}	10773,24	72,9857	0	0	11	10751,202
{Phi(g) p(t)}	10775,26	75,0109	0	0	12	10751,221
{Phi(g) p(t) tarsus}	10775,93	75,6827	0	0	13	10749,886
{Phi(.) p(g)}	10803,95	103,7006	0	0	4	10795,946
{Phi(.) p(.)}	10804,24	103,987	0	0	2	10800,236
{Phi(.) p(g) tarsus}	10804,33	104,0792	0	0	5	10794,322
{Phi(.) p(.) tarsus}	10804,7	104,4445	0	0	3	10798,692
{Phi(g) p(g)}	10805,55	105,2973	0	0	6	10793,537
{Phi(g) p(g) tarsus}	10806,24	105,9849	0	0	7	10792,221
{Phi(g) p(.)}	10806,76	106,5126	0	0	4	10798,758
{Phi(g) p(.) tarsus}	10807,46	107,2092	0	0	5	10797,452

Na základě modelového výběru byl jako nejlepší vyhodnocen model $\{\Phi(t) p(t) \text{ tarsus}\}$, který zahrnuje časově proměnlivou závislost přežívání a pravděpodobnost zpětného odchyty. Tento model dosáhl nejnižší hodnoty AICc (10700,25) a měl nejvyšší váhu (0,78), což naznačuje, že nejlépe vysvětluje pozorovaná data. V modelu $\{\Phi(t) p(t) \text{ tarsus}\}$ byl odhadnut negativní vliv délky tarsu na přežívání ($\beta = -0,129$), ale interval spolehlivosti zahrnoval nulu ($-0,248$ až $0,010$), což znamená, že efekt nebyl statisticky průkazný.

V rámci analýzy vlivu morfologických znaků na přežívání byla testována závislost mezi délkou tarsu a pravděpodobností přežití zvláště pro samce a samice. U samců byl odhadnut regresní koeficient $\beta = -0,049$ s 95% intervalem spolehlivosti $-0,253$ až $0,154$, což ukazuje na neprůkazný efekt. Podobně u samic byl koeficient $\beta = -0,067$ s intervalem $-0,291$ až $0,157$, který rovněž zahrnuje nulu.



Obr. 23: V grafu je znázorněn vztah mezi délkou tarsu a pravděpodobností přežívání samců a samic vlaštovky obecné v jižních Čechách. Modrá a červená přímka znázorňuje trend. Světle modrá a červená stínovaná oblast znázorňuje 95% interval spolehlivosti

4.7. ZÁVISLOST PŘEŽÍVÁNÍ NA SYTOSTI A JASU HRDLA

4.7.1. TŘEBOŇSKO SYTOST HRDLA

Cílem této analýzy bylo posoudit vliv sytosti zbarvení hrdla na pravděpodobnost přežití a zpětného odchyty vlaštovky obecné v populaci na Třeboňsku. Testovány byly různé modely zahrnující konstantní i skupinově (podle pohlaví) či časově proměnlivé parametry přežití a detekce (viz tabulka 11). Níže uvedená tabulka shrnuje výsledky modelového výběru na základě kritéria AICc.

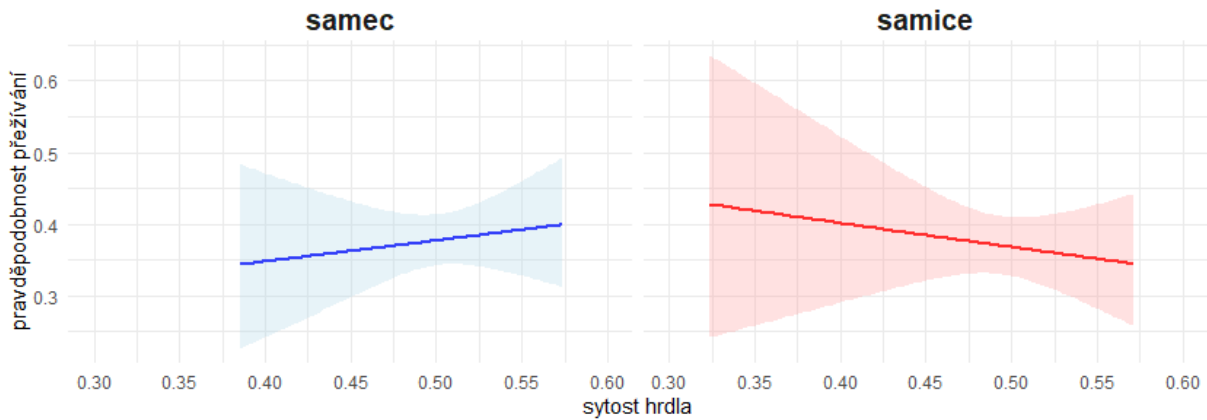
Tabulka 11: Souhrn kandidátských modelů pravděpodobnosti přežití a zpětných odchytů v závislosti na sytosti hrdla na Třeboňsku

Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t)}	3452,603	0	0,68896	1	17	3418,364
{Phi(t) p(t) sytost}	3454,193	1,5905	0,31104	0,4515	18	3417,926
{Phi(t) p(.)}	3480,08	27,4776	0	0	14	3451,916
{Phi(t) p(.) sytost}	3481,582	28,9796	0	0	15	3451,395
{Phi(t) p(g)}	3482,321	29,7182	0	0	16	3450,109
{Phi(t) p(g) sytost}	3483,808	31,2057	0	0	17	3449,569
{Phi(.) p(t)}	3487,682	35,0789	0	0	6	3475,649
{Phi(.) p(t) sytost}	3489,692	37,0894	0	0	7	3475,649
{Phi(g) p(t)}	3491,69	39,0869	0	0	8	3475,634
{Phi(g) p(t) sytost}	3493,703	41,1007	0	0	9	3475,633
{Phi(.) p(.)}	3519,782	67,1791	0	0	2	3515,777
{Phi(.) p(.) sytost}	3521,786	69,1828	0	0	3	3515,776
{Phi(.) p(g)}	3522,079	69,4765	0	0	4	3514,064
{Phi(g) p(.)}	3523,782	71,179	0	0	4	3515,766
{Phi(.) p(g) sytost}	3524,087	71,4839	0	0	5	3514,063
{Phi(g) p(.) sytost}	3525,788	73,1855	0	0	5	3515,765
{Phi(g) p(g)}	3526,01	73,4073	0	0	6	3513,977
{Phi(g) p(g)sytost}	3528,019	75,4167	0	0	7	3513,976

Nejlépe podporovaný model na základě hodnoty AICc byl {Phi(t) p(t)}, tedy model s časově proměnlivou pravděpodobností přežití a pravděpodobností zpětného odchytu. Tento model měl nejnižší AICc (3452,6) a nejvyšší váhu AICc (0,69), což naznačuje, že byl daty nejlépe podpořen. Model {Phi(t) p(t) sytost}, který navíc zahrnoval proměnnou sytosti hrdla, vykazoval o něco vyšší AICc (3454,193) a nižší váhu (0,31). Rozdíl $\Delta AICc = 1,6$ ukazuje na mírně nižší podporu tohoto modelu, přesto však nelze vliv sytosti hrdla z analýzy jednoznačně vyloučit. Porovnání těchto dvou modelů pomocí LR testu ukázalo, že přidání proměnné sytosti hrdla nezlepšilo model v statisticky významné míře ($\chi^2 = 0,438$, $df = 1$, $p = 0,508$). To naznačuje, že sytost hrdla není významným prediktorem pravděpodobnosti přežití u analyzovaných jedinců.

U samců vlaštoky obecné byl odhad parametru pro sytost hrdla pozitivní ($\beta = 1,26$), což by mohlo naznačovat, že sytější zbarvení hrdla je spojeno s vyšší pravděpodobností přežívání (viz obr. 24). Nicméně široký interval spolehlivosti (95% CI: $-3,56$ až $6,09$), který zahrnuje nulu, ukazuje na vysokou nejistotu tohoto odhadu, a tedy na statistickou neprůkaznost efektu.

U samic byl naopak odhad efektu sytosti hrdla záporný ($\beta = -1,41$), což by mohlo naznačovat, že sytější zbarvení hrdla je spojeno s nižší pravděpodobností přežití. Také zde však interval spolehlivosti (95% CI: $-6,27$ až $3,45$) zahrnuje nulu, což znamená, že tento efekt není statisticky významný.



Obr. 24: V grafu je znázorněn vztah mezi sytostí hrdla a pravděpodobností přežívání samců a samic vlaštovky obecné v jižních Čechách. Modrá a červená přímka znázorňuje trend. Světle modrá a červená stínovaná oblast znázorňuje 95% interval spolehlivosti

4.7.2. TŘEBOŇSKO JAS HRDLA

Za účelem posouzení vlivu jasu hrdla na přežívání u vlaštovky obecné byly porovnány různé modely pomocí kritéria AICc. Výsledky modelového výběru jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12: Porovnání modelů přežívání a pravděpodobnosti zpětných odchytů se zahrnutím proměnné jas hrdla. Modely jsou seřazeny podle hodnoty AICc.

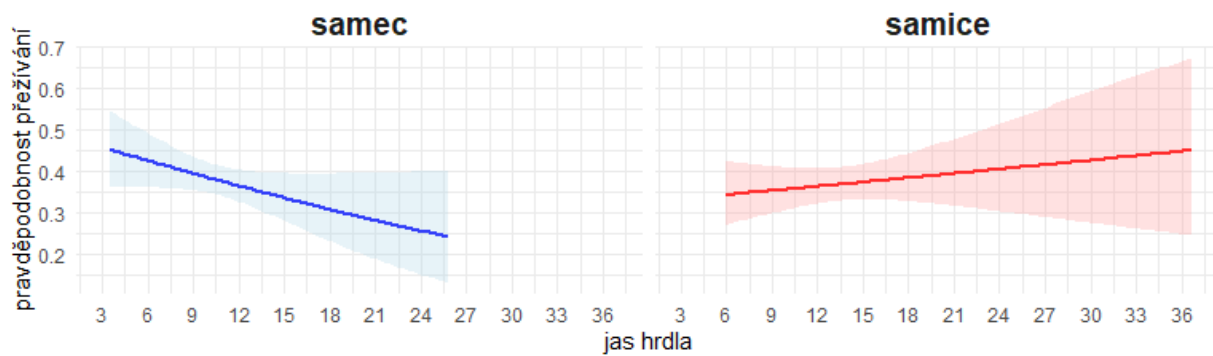
Model	AICc	Delta AICc	AICc Weights	Model Likelihood	Num. Par	Deviance
{Phi(t) p(t)}	3452,603	0	0,67278	1	17	3418,364
{Phi(t) p(t) lesk}	3454,044	1,4416	0,32722	0,4864	18	3417,777
{Phi(t) p(.)}	3480,08	27,4776	0	0	14	3451,916
{Phi(t) p(.) lesk}	3481,502	28,8997	0	0	15	3451,315
{Phi(t) p(g)}	3482,321	29,7182	0	0	16	3450,109
{Phi(t) p(g) lesk}	3483,669	31,0658	0	0	17	3449,429
{Phi(.) p(t)}	3487,682	35,0789	0	0	6	3475,649
{Phi(.) p(t) lesk}	3489,072	36,4688	0	0	7	3475,028
{Phi(g) p(t)}	3491,69	39,0869	0	0	8	3475,634
{Phi(g) p(t) lesk}	3493,095	40,4921	0	0	9	3475,025
{Phi(.) p(.)}	3519,782	67,1791	0	0	2	3515,777
{Phi(.) p(.) lesk}	3521,151	68,5478	0	0	3	3515,141
{Phi(.) p(g)}	3522,079	69,4765	0	0	4	3514,064
{Phi(.) p(g) lesk}	3523,389	70,7862	0	0	5	3513,366
{Phi(g) p(.)}	3523,782	71,179	0	0	4	3515,766
{Phi(g) p(.) lesk}	3525,158	72,5555	0	0	5	3515,135
{Phi(g) p(g)}	3526,01	73,4073	0	0	6	3513,977
{Phi(g) p(g) lesk}	3527,397	74,7947	0	0	7	3513,354

Nejnižší hodnota AICc byla dosažena u modelu s časově proměnlivou pravděpodobností přežívání a zpětného odchytu, který nezahrnoval proměnnou jas hrdla. Tento model měl zároveň nejvyšší AICc váhu (0,673), což naznačuje, že byl daty nejlépe podpořen. Model {Phi(t) p(t) jas}, který navíc zahrnoval proměnnou jas hrdla, vykazoval pouze mírně vyšší hodnotu AICc (3489,07), přičemž rozdíl $\Delta AICc < 2$ ukazuje na srovnatelnou míru podporu. LR test však ukázal, že přidání proměnné jas hrdla nevedlo ke statisticky významnému zlepšení modelu ($\chi^2 = 0,587$, $df = 1$, $p = 0,444$). Z toho vyplývá, že efekt jas hrdla na pravděpodobnost přežívání nebyl daty podpořen.

Vizualizace samostatné analýzy pro samce ukazuje vztah mezi jasnem hrdla a pravděpodobností přežívání (viz obr. 25). Ačkoli je patrný mírně klesající trend, který odpovídá zápornému odhadu parametru β (-0,042), intervaly spolehlivosti jsou široké a překrývají nulu. To potvrzuje, že efekt jas hrdla na pravděpodobnost přežívání samců není statisticky významný.

U samic byl vliv jas hrdla na pravděpodobnost přežívání rovněž nevýznamný. Graf ukazuje mírně rostoucí trend, který odpovídá kladnému odhadu parametru β (0,015), avšak 95%

interval spolehlivosti opět zahrnoval nulu ($-0,024$ až $0,054$). To naznačuje, že ani u samic nebyl zjištěn statisticky významný vztah mezi jasem hrdla a pravděpodobností přežívání.



Obr. 25: V grafu je znázorněn vztah mezi jasem hrdla a pravděpodobností přežívání samců a samic vlaštovky obecné v jižních Čechách. Modrá a červená přímka znázorňuje trend. Světle modrá a červená stínovaná oblast znázorňuje 95% interval spolehlivosti

5. DISKUSE

Studium přežívání volně žijících ptáků představuje klíčový krok k pochopení populační dynamiky, ekologických strategií a evolučních tlaků, kterým jsou jednotlivé druhy vystaveny (Turner, 2006). Vlaštovka obecná (*Hirundo rustica*) je díky své vysoké věrnosti k hnízdištím, snadné detekovatelnosti a bohaté historii výzkumu ideálním modelem pro studium těchto procesů (Kim et al., 2023; Møller, 1994). Tato diplomová práce je zaměřena na analýzu faktorů ovlivňujících přežívání vlaštovky obecné ve dvou geograficky odlišných populacích – v jižních a východních Čechách. Pomocí modelů značení a zpětného odchyty (CJS) byly analyzovány vlivy pohlaví, věku, morfologických znaků (délka křídla, tarsu, ocasních per) a ornamentálních znaků (barevnost hrdla) na pravděpodobnost přežívání.

Analýza dlouhodobých dat z let 2010–2024 ukázala, že početnost vlaštovky obecné v obou sledovaných oblastech nevykazuje výrazný pokles. Naopak, v některých letech byl zaznamenán mírný nárůst, zejména ve východních Čechách, zatímco na Třeboňsku byly hodnoty početnosti proměnlivější s výraznými výkyvy mezi jednotlivými roky. Tento vývoj je v souladu s celostátním trendem v České republice, kde je populace vlaštovky obecné považována za stabilní (viz JPSP). Nejvyšší počet odchycených jedinců byl zaznamenán na Třeboňsku, kde bylo během sledovaného období odchyceno více než 3600 dospělých ptáků. To může být důsledkem vyšší hustoty hnízdních stanovišť, přítomnosti hospodářských objektů a intenzivnějšího monitoringu.

Přestože statistické modely neprokázaly významný vliv pohlaví na přežívání, byly patrné biologicky zajímavé rozdíly. Ve východních Čechách byla pravděpodobnost přežívání samců odhadnuta na 0,485, zatímco u samic na 0,446. Na Třeboňsku byly hodnoty obdobné – 0,425 u samců a 0,394 u samic. Tento trend může souviset s rozdílnými investicemi do reprodukce, kdy samice nesou větší energetickou zátěž spojenou s inkubací a péčí o mláďata (Newton, 1995; Webster et al., 2002). Podobné výsledky byly zaznamenány i v jiných studiích, kde se ukazuje, že samci mohou mít výhodu v přežívání díky nižší reprodukční zátěži, ale zároveň vyšší variabilitě v reprodukčním úspěchu (Pape Møller and Szép, 2002; Saino et al., 1999). Zajímavým zjištěním byla vyšší pravděpodobnost zpětného odchyty u samic (východní Čechy 88,0 %, jižní Čechy 98 %) oproti samcům (východní Čechy 80,2 %, jižní Čechy 96 %), což může souviset s vyšší věrností hnízdištím nebo rozdílným chováním během hnízdní sezóny. Rozdíly v pravděpodobnosti zpětného odchyty mezi regiony mohou být do značné míry ovlivněny rozdílnou metodikou sběru dat. Na lokalitách ve východních Čechách, kde byly odchyty realizovány převážně během dne, dochází pravděpodobně k nižší úspěšnosti odchyty

jedinců. Mnozí ptáci se naučí vyhýbat sítím, a tudíž se je nedaří opakovaně odchytit, čímž se snižuje celková pravděpodobnost zpětného odchytu. Naopak na lokalitách na Třeboňsku, kde byl odchyt realizován v časných ranních hodinách, dochází k zachycení většího podílu místní populace, často již při prvním odchytu. V důsledku toho je pravděpodobnost zpětného odchytu v tomto regionu výrazně vyšší.

Studie vlivu věku na přežívání vlaštovky obecné po prvním roce života ukázala, že věk hraje významnou roli, přičemž vztah mezi věkem a přežíváním je nelineární — přežívání se s věkem nejprve zvyšuje a poté klesá. Kvadratický efekt byl testován pouze u přežívání v závislosti na věku, a to na základě předchozích studií, které takový průběh opakovaně prokázaly u různých ptačích druhů (Frederiksen and Bregnballe, 2000; Newton and Rothery, 1997; Robertson and Rendell, 2001). U samců ve východních Čechách mezi prvním a druhým rokem života činí pravděpodobnost přežití zhruba 6 %, přičemž úzký interval spolehlivosti svědčí o relativně vysoké přesnosti tohoto nízkého odhadu. Mezi 2. a 5. rokem dochází k prudkému nárůstu přežití. V tomto období se pravděpodobnost zvyšuje až na více než 90 % a intervaly spolehlivosti se zároveň zužují. Od 6. do 7. roku lze pozorovat mírný pokles pravděpodobnosti přežití, která klesá přibližně na 78 %. U samic se vliv věku na pravděpodobnost přežívání trochu lišila. Nejnižší pravděpodobnost přežití (4,5 %) je mezi prvním a druhým rokem života. S přibývajícím věkem přežívání prudce roste a vrcholí okolo 4. roku života, kdy dosahuje až 90 %. Poté dochází k mírnému poklesu, přičemž šestiletí ptáci přežívají kolem 71 %, což může naznačovat začínající stárnutí. Z dat u samců na Třeboňsku je patrné, že mezi 1. a 3. rokem života přežívání výrazně roste. Mezi 4. a 7. rokem se přežívání stabilizuje na vysoké úrovni a po 7. roce věku začíná pravděpodobnost přežití klesat. U samic je přežívání mezi prvním a druhým rokem velmi nízké, přibližně 6 %. Ve věku 3 až 5 let se přežívání výrazně zvyšuje a dosahuje hodnot přes 90 %. U osmiletých samic pravděpodobnost přežití výrazně klesá na zhruba 41 %, přičemž široký interval spolehlivosti naznačuje vyšší nejistotu odhadu zřejmě způsobenou malým počtem samic v tomto věku. Je však třeba upozornit, že výsledný grafický výstup může být do určité míry zkreslený v důsledku předpokladu kvadratického vztahu mezi věkem a pravděpodobností přežívání. Tento typ modelu zahrnuje symetrickou parabolickou křivku, což nemusí plně odpovídat skutečnému biologickému průběhu tohoto vztahu. Ve skutečnosti může být průběh asymetrický, což nedokáže kvadratický model zachytit.

Tento kvadratický vztah mezi věkem a pravděpodobností přežívání odpovídá obecně známé demografické křivce u ptáků (Newton, 1995), kdy mladí jedinci čelí vyšší mortalitě kvůli nižší zkušenosti, horší kondici a horšímu přístupu ke zdrojům (Woodrey and Moore, 1997;

Wunderle Jr, 1991). Naopak pokles přežívání u starších jedinců může být důsledkem fyziologického opotřebení, kumulace stresu a snížené schopnosti zvládat náročné fáze ročního cyklu (Cox et al., 2014). Tento výsledek odpovídá poznatkům z předchozích studií, které prokazují projevy senescence také u volně žijících ptáků (Sanz-Aguilar et al., 2019).

Délka křídla se ukázala jako významný prediktor přežívání. Při analýze dat byl zaznamenán pozitivní vztah mezi délkou křídla a pravděpodobností přežití v obou sledovaných populacích, což je v rozporu s předešlou studií (Matyjasiak et al., 2013). Při podrobnější analýze s ohledem na pohlaví se však tento vztah potvrdil jako statisticky průkazný pouze u samic. Vizualizace u samic ukázala rostoucí trend přežívání s narůstající délkou křídla. Naproti tomu u samců na Třeboňsku se pravděpodobnost přežívání s délkou křídla zvyšovala jen mírně, avšak tento vztah nebyl statisticky významný. Výsledky této studie podporují hypotézu, že morfologie křídel – zejména jejich délka – může ovlivňovat přežívání a reprodukční úspěch rozdílně u samců a samic. U samic může větší rozpětí křídel představovat výhodu při migraci a výběru vhodného zimoviště, což se následně odráží ve vyšší míře přežití i plodnosti (Saino et al., 2017a; Turner, 2010).

Na rozdíl od očekávání se délka ocasních per neprokázala jako významný prediktor přežívání ani ve východočeské, ani v jihočeské populaci vlaštovky obecné. Výsledky neodhalily žádný statisticky významný vztah mezi délkou ocasu a pravděpodobností přežívání, a to jak při analýze všech jedinců dohromady, tak po rozdělení podle pohlaví. Grafické znázornění navíc nenaznačilo žádný konzistentní trend – vztah mezi délkou ocasu a přežíváním byl nevýrazný a intervaly spolehlivosti ve všech případech zahrnovaly nulu. Tyto výsledky jsou v rozporu s některými předchozími studiemi, které popisovaly pozitivní selekci na delší ocas v souvislosti s přežíváním (Møller, 1991). Je možné, že vliv délky ocasu na přežití je výrazně podmíněn ekologickým kontextem a může být modulován dalšími faktory. Mezi tyto faktory patří například celková kvalita prostředí, dostupnost zdrojů, míra predace či parazitace, ale také intra a interspecifická kompetice nebo klimatické podmínky v průběhu migračního cyklu (Buchanan and Evans, 2000; Endler, 1980; Møller, 1988; Zuk and Kolluru, 1998).

Dalším sledovaným morfologickým znakem, který byl předmětem zkoumání pouze na Třeboňsku, je délka tarsu. Délka tarsu, jako ukazatel strukturální velikosti těla, nevykazovala statisticky významný vliv na přežívání. Přestože některé studie naznačují, že větší tělesná velikost může být výhodou při hájení teritoria nebo v kompetici o zdroje (Morbey & Ydenberg, 2001), a že délka tarsu může být spojena s přežíváním (Møller, 1994), v tomto případě nebyl tento vztah potvrzen. Výsledky naznačují, že přežívání vlaštovek není přímo ovlivněno velikostí tarsu.

Sytost hrdla se ukázala, že není statisticky významným prediktorem přežívání u vlaštovky obecné — a to ani u samců, ani u samic. U samců byl odhad parametru kladný, což by naznačovalo, že sytější hrdlo by mohlo souviset s vyšší pravděpodobností přežití, ale výsledek nebyl statisticky významný. Podobně i u samic byl efekt negativní, avšak opět statisticky neprůkazný. Tato zjištění nejsou v souladu s předchozími studii, které jednoznačně prokázaly významnou závislost přežívání vlaštovek obecních na sytosti zbarvení hrdla. Dřívější studie ukázaly, že jedinci s intenzivnějším zbarvením hrdla mají vyšší pravděpodobnost přežívání, pravděpodobně díky lepší kondici či vyšší schopnosti odolávat environmentálním stresům (Jenkins et al., 2013; Romero and Wikelski, 2010; N. Saino et al., 2013).

Jas hrdla se v této studii neukázal jako významný prediktor přežívání u vlaštovky obecné. Tento výsledek naznačuje, že tento znak pravděpodobně nehraje klíčovou roli v selekčních procesech spojených s přežíváním, a jeho význam může být spíše spojen s jinými aspekty životní historie, například s reprodukčním chováním nebo sociální komunikací (Costanzo et al., 2018).

Studium přežívání vlaštovky obecné v jižních a východních Čechách ukázalo, že početnost populace je relativně stabilní s mírnými oblastními rozdíly, přičemž vliv pohlaví na přežívání nebyl statisticky významný, i když samci obecně vykazovali mírně vyšší pravděpodobnost přežití. Věk se ukázal jako klíčový faktor s nelineárním vztahem, kdy přežívání roste po prvním roce života, dosahuje vrcholu ve středním věku a následně klesá v důsledku stárnutí. Délka křídla byla významným pozitivním prediktorem přežívání zejména u samic, zatímco délka ocasu a tarsu přežívání významně neovlivňovaly. Sytost a jas zbarvení hrdla se ukázaly jako nevýznamné pro přežívání, což je v rozporu s některými předchozími studii, které prokázaly pozitivní vztah mezi intenzitou zbarvení a přežitím. Výsledky tedy naznačují, že morfologické a ornamentální znaky ovlivňují přežívání vlaštovek rozdílně a že přežívání je podmíněno složitými ekologickými a biologickými procesy.

6. ZÁVĚR

1. Početnost vlaštovky obecné

Dlouhodobé sledování vlaštovky obecné ukázalo, že tento druh je v některých sledovaných lokalitách stále hojně zastoupen, přičemž nejvyšší početnost byla zaznamenána na Třeboňsku. Poměr mezi samci a samicemi zůstal relativně vyrovnaný. Populační trendy ukazují na stabilizaci a v posledních letech i na mírný nárůst početnosti. To naznačuje pozitivní vývoj a možnou obnovu populace v regionu.

2. Závislost přežívání na pohlaví

Analýza vlivu pohlaví na roční míry přežití a pravděpodobnosti zpětného odchyty ukázala, že jednodušší modely bez zahrnutí pohlaví poskytují dostatečné vysvětlení pozorovaných dat. Přestože samci v obou oblastech vykazovali mírně vyšší odhad přežívání než samice, rozdíly byly malé a intervaly spolehlivosti se překrývaly. Pravděpodobnosti zpětného odchyty byly u obou pohlaví velmi vysoké, což naznačuje dobrou detekovatelnost značených jedinců a spolehlivost dat. Celkově lze tedy konstatovat, že pohlaví nepředstavuje klíčový faktor ovlivňující přežívání ani detekovatelnost jedinců v analyzovaných populacích.

3. Závislost přežívání na věku

Analýza přežívání vlaštovky obecné v obou sledovaných populacích ukázala nelineární vztah mezi věkem a pravděpodobností přežití. Nejnižší přežívání bylo zaznamenáno u jednoletých ptáků, tedy v jejich prvním roce po dosažení dospělosti. Naopak nejvyšší pravděpodobnost přežití byla zjištěna u jedinců ve věku mezi třemi a pěti lety, kdy ptáci dosahují reprodukční zralosti a zároveň ještě nečelí senescenci. Po pátém roce věku začala pravděpodobnost přežití mírně klesat, u samic po sedmém až osmém roce života, což odpovídá biologickému očekávání spojenému se stárnutím. Tento průběh byl potvrzen jako statisticky významný modelem zahrnujícím kvadratický efekt věku, který byl nejlépe podpořen daty z obou oblastí. Zjištěné výsledky ukazují, že věk je klíčovým prediktorem přežívání po dosažení dospělosti a potvrzují typický demografický vzorec s vyšší mortalitou na začátku a na konci života.

4. Závislost přežívání na morfologických znacích

Výsledky analýzy ukazují, že délka křídla má významný pozitivní vliv na pravděpodobnost přežívání vlaštovky obecné, především u samic. Tento morfologický znak je důležitým prediktorem přežívání, což naznačuje, že jedinci s delšími křídly mají vyšší šanci úspěšně

překonat náročné podmínky prostředí. U samců nebyl vliv délky křídla na přežití tak jednoznačný a nebyl statisticky průkazný.

Délka ocasních per u vlaštovky obecné neměla statisticky průkazný vliv na přežívání. Ve východočeské ani jihočeské populaci se neprokázal významný vztah mezi délkou ocasu a pravděpodobností přežívání u samců ani u samic. Po rozdělení datasetů podle pohlaví se sice objevil mírně odlišný trend ve vztahu mezi délkou ocasu a přežíváním, avšak tyto rozdíly nebyly samostatně statisticky významné. Výsledky tak naznačují, že délka ocasu zřejmě nepředstavuje klíčový faktor ovlivňující přežívání a že větší roli mohou hrát jiné ekologické proměnné.

Délka tarsu nemá významný vliv na pravděpodobnost přežívání. Modely zahrnující délku tarsu sice nebyly zcela vyloučeny, jejich přínos však nebyl dostatečně silný na to, aby překonal základní model bez této proměnné. Regresní koeficienty pro délku tarsu u samců i samic byly negativní, ale statisticky neprůkazné vzhledem k širokým intervalům spolehlivosti. Výsledky tedy naznačují, že délka tarsu není klíčovým faktorem ovlivňujícím přežívání v této populaci.

5. Závislost přežívání na ornamentech

Analýza vlivu sytosti a jasu zbarvení hrdla na přežívání vlaštovky obecné na Třeboňsku neprokázala statisticky významný efekt těchto morfologických znaků. Ačkoliv byly pozorovány mírné rozdíly v trendech mezi samci a samicemi, široké intervaly spolehlivosti ukazují na vysokou nejistotu odhadů a nedostatek průkaznosti. Výsledky tedy naznačují, že sytost a jas hrdla nejsou klíčovými faktory ovlivňujícími přežití této populace.

7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Arnold, T.W., De Sobrino, C.N., Specht, H.M., 2016. Annual survival rates of migratory shore and upland game birds. *Wildlife Society Bulletin* 40, 470–476. <https://doi.org/10.1002/wsb.669>
- Baillie, S.R., Peach, W.J., 1992. Population limitation in Palaearctic-African migrant passerines. *Ibis* 134, 120–132. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1992.tb04742.x>
- Birkhead, T.R., Møller, A.P., 1998. *Sperm Competition and Sexual Selection*. Elsevier.
- Blake, J.G., Hanowski, J.M., Niemi, G.J., Collins, P.T., 1994. Annual Variation in Bird Populations of Mixed Conifer-Northern Hardwood Forests. *The Condor* 96, 381–399. <https://doi.org/10.2307/1369322>
- Buchanan, K.L., Evans, M.R., 2000. The effect of tail streamer length on aerodynamic performance in the barn swallow. *Behavioral Ecology* 11, 228–238. <https://doi.org/10.1093/beheco/11.2.228>
- Buehler, D.A., Giocomo, J.J., Jones, J., Hamel, P.B., Rogers, C.M., Beachy, T.A., Varble, D.W., Nicholson, C.P., Roth, K.L., Barg, J., Robertson, R.J., Robb, J.R., Islam, K., 2008. Cerulean Warbler Reproduction, Survival, and Models of Population Decline. *The Journal of Wildlife Management* 72, 646–653. <https://doi.org/10.2193/2006-339>
- Burger, J., 1988. Effects of age on foraging in birds, in: *Proceedings of the International Ornithological Congress*. pp. 1127–1140.
- Burnham, K.P., Anderson, D.R., 2003. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach*. Springer Science & Business Media.
- Canada, E. and C.C., 2011. Barn swallow (*Hirundo rustica*): COSEWIC assessment and status report 2011 [WWW Document]. URL <https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/species-risk-public-registry/cosewic-assessments-status-reports/barn-swallow-2011.html> (accessed 4.6.25).
- Chandler, C.R., Mulvihill, R.S., 1992. Effects of Age, Sex, and Fat Level on Wing Loading in Dark-Eyed Juncos. *The Auk* 109, 235–241. <https://doi.org/10.2307/4088191>
- Clutton-Brock, T.H., 1988. *Reproductive Success: Studies of Individual Variation in Contrasting Breeding Systems*. University of Chicago Press.
- Conn, P.B., Doherty, P.F., Nichols, J.D., 2005. Comparative Demography of New World Populations of Thrushes (*Turdus* spp.): Comment. *Ecology* 86, 2536–2541.
- Cormack, R.M., 1964. Estimates of Survival from the Sighting of Marked Animals. *Biometrika* 51, 429–438. <https://doi.org/10.2307/2334149>
- Costanzo, A., Romano, A., Ambrosini, R., Parolini, M., Rubolini, D., Caprioli, M., Corti, M., Canova, L., Saino, N., 2018. Barn swallow antipredator behavior covaries with melanic coloration and predicts survival. *Behav Ecol* 29, 1472–1480. <https://doi.org/10.1093/beheco/ary102>

Cox, W.A., Thompson III, F.R., Cox, A.S., Faaborg, J., 2014. Post-fledging survival in passerine birds and the value of post-fledging studies to conservation. *The Journal of Wildlife Management* 78, 183–193. <https://doi.org/10.1002/jwmg.670>

Darwin, C., 2008. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1515/9781400820061>

Deppe, J.L., Ward, M.P., Bolus, R.T., Diehl, R.H., Celis-Murillo, A., Zenzal, T.J., Moore, F.R., Benson, T.J., Smolinsky, J.A., Schofield, L.N., Enstrom, D.A., Paxton, E.H., Bohrer, G., Beveroth, T.A., Raim, A., Obringer, R.L., Delaney, D., Cochran, W.W., 2015. Fat, weather, and date affect migratory songbirds' departure decisions, routes, and time it takes to cross the Gulf of Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112, E6331–E6338. <https://doi.org/10.1073/pnas.1503381112>

Diehl, R.H., Bates, J.M., Willard, D.E., Gnoske, T.P., 2014. Bird Mortality During Nocturnal Migration Over Lake Michigan: A Case Study. *The Wilson Journal of Ornithology* 126, 19–29.

Doherty, P.F., Jr., Schreiber, E.A., Nichols, J.D., Hines, J.E., Link, W.A., Schenk, G.A., Schreiber, R.W., 2004. Testing life history predictions in a long-lived seabird: a population matrix approach with improved parameter estimation. *Oikos* 105, 606–618. <https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.13119.x>

Dor, R., Safran, R.J., Sheldon, F.H., Winkler, D.W., Lovette, I.J., 2010. Phylogeny of the genus *Hirundo* and the Barn Swallow subspecies complex. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 56, 409–418. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2010.02.008>

Dor, R., Safran, R.J., Vortman, Y., Lotem, A., McGowan, A., Evans, M.R., Lovette, I.J., 2012. Population Genetics and Morphological Comparisons of Migratory European (*Hirundo rustica rustica*) and Sedentary East-Mediterranean (*Hirundo rustica transitiva*) Barn Swallows. *Journal of Heredity* 103, 55–63. <https://doi.org/10.1093/jhered/esr114>

Dulvy, N.K., Fowler, S.L., Musick, J.A., Cavanagh, R.D., Kyne, P.M., Harrison, L.R., Carlson, J.K., Davidson, L.N., Fordham, S.V., Francis, M.P., Pollock, C.M., Simpfendorfer, C.A., Burgess, G.H., Carpenter, K.E., Compagno, L.J., Ebert, D.A., Gibson, C., Heupel, M.R., Livingstone, S.R., Sanciangco, J.C., Stevens, J.D., Valenti, S., White, W.T., 2014. Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *Elife* 3, e00590. <https://doi.org/10.7554/eLife.00590>

Endler, J.A., 1980. Natural Selection on Color Patterns in *Poecilia reticulata*. *Evolution* 34, 76–91. <https://doi.org/10.2307/2408316>

Farner, D.S., King, J.R., 2013. *Avian Biology: Volume V*. Academic Press.

Fletcher, R.J., Koford, R.R., Seaman, D.A., 2006. Critical Demographic Parameters for Declining Songbirds Breeding in Restored Grasslands. *The Journal of Wildlife Management* 70, 145–157.

Folstad, I., Karter, A.J., 1992. Parasites, Bright Males, and the Immunocompetence Handicap. *The American Naturalist* 139, 603–622. <https://doi.org/10.1086/285346>

- Frederiksen, M., Bregnballe, T., 2000. Evidence for density-dependent survival in adult cormorants from a combined analysis of recoveries and resightings. *Journal of Animal Ecology* 69, 737–752. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.2000.00435.x>
- Frederiksen, M., Lebreton, J.-D., Pradel, R., Choquet, R., Gimenez, O., 2014. REVIEW: Identifying links between vital rates and environment: a toolbox for the applied ecologist. *Journal of Applied Ecology* 51, 71–81. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12172>
- Galván, I., Møller, A.P., 2013. Pheomelanin-based plumage coloration predicts survival rates in birds. *Physiol Biochem Zool* 86, 184–192. <https://doi.org/10.1086/668871>
- García-Pérez, B., Hobson, K.A., Albrecht, G., Cadman, M.D., Salvadori, A., 2014. Influence of climate on annual survival of Barn Swallows (*Hirundo rustica*) breeding in North America. *The Auk* 131, 351–362.
- Gauthreaux, S.A., 1978. The Ecological Significance of Behavioral Dominance, in: Bateson, P.P.G., Klopfer, P.H. (Eds.), *Social Behavior*. Springer US, Boston, MA, pp. 17–54. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2901-5_2
- Grosbois, V., Gimenez, O., Gaillard, J.-M., Pradel, R., Barbraud, C., Clobert, J., Møller, A.P., Weimerskirch, H., 2008. Assessing the impact of climate variation on survival in vertebrate populations. *Biological Reviews* 83, 357–399. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2008.00047.x>
- Grubb, T.C., 1989. Ptilochronology: Feather Growth Bars as Indicators of Nutritional Status. *The Auk* 106, 314–320.
- Hasegawa, M., Arai, E., Watanabe, M., Nakamura, M., 2014a. Colourful males hold high quality territories but exhibit reduced paternal care in barn swallows. <https://doi.org/10.1163/1568539X-00003150>
- Hasegawa, M., Arai, E., Watanabe, M., Nakamura, M., 2014b. Male viability is positively related to multiple male ornaments in Asian Barn Swallows. *J Ornithol* 155, 389–397. <https://doi.org/10.1007/s10336-013-1019-3>
- Hernández-Matías, A., Real, J., Pradel, R., 2011. Quick methods for evaluating survival of age-characterizable long-lived territorial birds. *The Journal of Wildlife Management* 75, 856–866. <https://doi.org/10.1002/jwmg.102>
- Hobson, K.A., 2007. Isotopic Tracking of Migrant Wildlife, in: *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. pp. 155–175. <https://doi.org/10.1002/9780470691854.ch6>
- Inger, R., Gregory, R., Duffy, J.P., Stott, I., Voříšek, P., Gaston, K.J., 2015. Common European birds are declining rapidly while less abundant species' numbers are rising. *Ecology Letters* 18, 28–36. <https://doi.org/10.1111/ele.12387>
- Jenkins, B.R., Vitousek, M.N., Safran, R.J., 2013. Signaling stress? An analysis of pheomelanin-based plumage color and individual corticosterone levels at two temporal scales in North American barn swallows, *Hirundo rustica erythrogaster*. *Horm Behav* 64, 665–672. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2013.08.006>

- Jenni, L., Winkler, R., 2020. *Moult and Ageing of European Passerines: Second Edition*. Bloomsbury Publishing.
- Jolly, G.M., 1965. Explicit Estimates from Capture-Recapture Data with Both Death and Immigration-Stochastic Model. *Biometrika* 52, 225–247. <https://doi.org/10.2307/2333826>
- Kellner, K., Swihart, R., 2014. Accounting for Imperfect Detection in Ecology: A Quantitative Review. *PloS one* 9, e111436. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111436>
- Kim, M., Chung, O.-S., Lee, J.K., 2023. The relationship between nest location selection of Barn swallows (*Hirundo rustica*) and human activity and residence. *Sci Rep* 13, 23008. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50149-6>
- Kramer, G.R., Streby, H.M., Peterson, S.M., Lehman, J.A., Buehler, D.A., Wood, P.B., McNeil, D.J., Larkin, J.L., Andersen, D.E., 2017. Nonbreeding isolation and population-specific migration patterns among three populations of Golden-winged Warblers. *The Condor: Ornithological Applications* 119, 108–121. <https://doi.org/10.1650/CONDOR-16-143.1>
- Lebreton, J.-D., Burnham, K.P., Clobert, J., Anderson, D.R., 1992. Modeling Survival and Testing Biological Hypotheses Using Marked Animals: A Unified Approach with Case Studies. *Ecological Monographs* 62, 67–118. <https://doi.org/10.2307/2937171>
- Ligon, J.D., 1968. Starvation of Spring Migrants in the Chiricahua Mountains, Arizona. *The Condor* 70, 387–388. <https://doi.org/10.2307/1365936>
- Lind, J., Fransson, T., Jakobsson, S., Kullberg, C., 1999. Reduced Take-Off Ability in Robins (*Erithacus rubecula*) Due to Migratory Fuel Load. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 46, 65–70.
- Lindstrom, A., Alerstam, T., 1992. Optimal fat loads in migrating birds: a test of the time-minimization hypothesis. *Am Nat* 140, 477–491. <https://doi.org/10.1086/285422>
- Lockwood, R., Swaddle, J.P., Rayner, J.M.V., 1998. Avian Wingtip Shape Reconsidered: Wingtip Shape Indices and Morphological Adaptations to Migration. *Journal of Avian Biology* 29, 273–292. <https://doi.org/10.2307/3677110>
- Marra, P.P., Cohen, E.B., Loss, S.R., Rutter, J.E., Tonra, C.M., 2015. A call for full annual cycle research in animal ecology. *Biol. Lett.* 11, 20150552. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2015.0552>
- Matyjasiak, P., Olejniczak, I., Boniecki, P., Møller, A.P., 2013. Wing Characteristics and Spring Arrival Date in Barn Swallows *Hirundo rustica*. *aorn* 48, 81–92. <https://doi.org/10.3161/000164513X670025>
- Meller, A.P., 1994. Symmetrical male sexual ornaments, paternal care, and offspring quality. *Behavioral Ecology* 5, 188–194. <https://doi.org/10.1093/beheco/5.2.188>
- Michel, N.L., Smith, A.C., Clark, R.G., Morrissey, C.A., Hobson, K.A., 2016. Differences in spatial synchrony and interspecific concordance inform guild-level population trends for aerial insectivorous birds. *Ecography* 39, 774–786. <https://doi.org/10.1111/ecog.01798>

- Møller, A.P., 1994. Sexual Selection in the Barn Swallow (*Hirundo rustica*). IV. Patterns of Fluctuating Asymmetry and Selection against Asymmetry. *Evolution* 48, 658–670. <https://doi.org/10.2307/2410476>
- Møller, A.P., 1993. Female preference for apparently symmetrical male sexual ornaments in the barn swallow *Hirundo rustica*. *Behav Ecol Sociobiol* 32, 371–376. <https://doi.org/10.1007/BF00168820>
- Møller, A.P., 1991. Sexual Selection in the Monogamous Barn Swallow (*hirundo Rustica*). I. Determinants of Tail Ornament Size. *Evolution* 45, 1823–1836. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1991.tb02690.x>
- Møller, A.P., 1988. Female choice selects for male sexual tail ornaments in the monogamous swallow. *Nature* 332, 640–642. <https://doi.org/10.1038/332640a0>
- Møller, A.P. (Anders P., 1997. *Asymmetry, developmental stability, and evolution*. Oxford ; New York : Oxford University Press.
- Møller, A.P., Chabi, Y., Cuervo, J.J., DE Lope, F., Kilpimaa, J., Kose, M., Matyjasiak, P., Pap, P.L., Saino, N., Sakraoui, R., Schifferli, L., VON Hirschheydt, J., 2006. AN ANALYSIS OF CONTINENT-WIDE PATTERNS OF SEXUAL SELECTION IN A PASSERINE BIRD. *Evolution* 60, 856–868. <https://doi.org/10.1111/j.0014-3820.2006.tb01162.x>
- Møller, A.P., Saino, N., 1994. Parasites, immunology of hosts, and host sexual selection. *J Parasitol* 80, 850–858.
- Møller, A.P., Tegelström, H., 1997. Extra-pair paternity and tail ornamentation in the barn swallow *Hirundo rustica*. *Behav Ecol Sociobiol* 41, 353–360. <https://doi.org/10.1007/s002650050395>
- Mönkkönen, M., 1995. Do migrant birds have more pointed wings?: A comparative study. *Evol Ecol* 9, 520–528. <https://doi.org/10.1007/BF01237833>
- Moore, F., Mabey, S., Woodrey, M., 2003. Priority Access to Food in Migratory Birds: Age, Sex and Motivational Asymmetries, in: Berthold, P., Gwinner, E., Sonnenschein, E. (Eds.), *Avian Migration*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 281–292.
- Moore, F.R., Covino, K.M., Lewis, W.B., Zenzal Jr, T.J., Benson, T.J., 2017. Effect of fuel deposition rate on departure fuel load of migratory songbirds during spring stopover along the northern coast of the Gulf of Mexico. *Journal of Avian Biology* 48, 123–132. <https://doi.org/10.1111/jav.01335>
- Morris, S.R., Holmes, D.W., Richmond, M.E., 1996. A Ten-Year Study of the Stopover Patterns of Migratory Passerines during Fall Migration on Appledore Island, Maine. *The Condor: Ornithological Applications* 98, 395–409. <https://doi.org/10.2307/1369157>
- Murphy, M.T., 2001. Source-Sink Dynamics of a Declining Eastern Kingbird Population and the Value of Sink Habitats. *Conservation Biology* 15, 737–748.

- Murray, D.L., 2006. On Improving Telemetry-Based Survival Estimation. *The Journal of Wildlife Management* 70, 1530–1543. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2006\)70\[1530:OITSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2006)70[1530:OITSE]2.0.CO;2)
- Musitelli, F., Spina, F., Møller, A.P., Rubolini, D., Bairlein, F., Baillie, S.R., Clark, J.A., Nikolov, B.P., du Feu, C., Robinson, R.A., Saino, N., Ambrosini, R., 2019. Representing migration routes from re-encounter data: a new method applied to ring recoveries of Barn Swallows (*Hirundo rustica*) in Europe. *J Ornithol* 160, 249–264. <https://doi.org/10.1007/s10336-018-1612-6>
- Nebel, S., Mills, A., McCracken, J.D., Taylor, P.D., 2010. Declines of Aerial Insectivores in North America Follow a Geographic Gradient. *ACE* 5. <https://doi.org/10.5751/ace-00391-050201>
- Newton, I., 1995. Relationship between breeding and wintering ranges in Palaearctic-African migrants. *Ibis* 137, 241–249. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1995.tb03246.x>
- Newton, I., Rothery, P., 1997. Senescence and Reproductive Value in Sparrowhawks. *Ecology* 78, 1000–1008. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(1997\)078\[1000:SARVIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(1997)078[1000:SARVIS]2.0.CO;2)
- Norberg, U.M., 1990. *Vertebrate Flight, Zoophysiology*. Berlin: Springer-Verlag.
- Oli, M.K., Dobson, F.S., 2003. The Relative Importance of Life-History Variables to Population Growth Rate in Mammals: Cole’s Prediction Revisited. *The American Naturalist* 161, 422–440. <https://doi.org/10.1086/367591>
- Paleczny, M., Hammill, E., Karpouzi, V., Pauly, D., 2015. Population Trend of the World’s Monitored Seabirds, 1950-2010. *PLOS ONE* 10, e0129342. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129342>
- Pape Møller, A., 1989. Viability costs of male tail ornaments in a swallow. *Nature* 339, 132–135. <https://doi.org/10.1038/339132a0>
- Pape Møller, A., Szép, T., 2002. Survival Rate of Adult Barn Swallows *Hirundo Rustica* in Relation to Sexual Selection and Reproduction. *Ecology* 83, 2220–2228. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[2220:SROABS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[2220:SROABS]2.0.CO;2)
- Pennycuik, C.J., 2008. *Modelling the Flying Bird*. Elsevier.
- Pilastro, A., Magnani, A., 1997. Weather Conditions and Fat Accumulation Dynamics in Pre-Migratory Roosting Barn Swallows *Hirundo rustica*. *Journal of Avian Biology* 28, 338–344. <https://doi.org/10.2307/3676948>
- Pledger, S., Pollock, K.H., Norris, J.L., 2003. Open Capture-Recapture Models with Heterogeneity: I. Cormack-Jolly-Seber Model. *Biometrics* 59, 786–794. <https://doi.org/10.1111/j.0006-341X.2003.00092.x>
- Posit, PBC, 2024. *RStudio: Integrated Development Environment for R*.

Pradel, R., Giménez, O., Lebreton, J.-D., 2007. Principles and interest of GOF tests for multistate capture-recapture models. *Animal Biodiversity and Conservation* 28, 189–204. <https://doi.org/10.32800/abc.2005.28.0189>

Pryde, M.A., 2003. Using Program MARK for assessing survival in cryptic threatened species Case study using long-tailed bats (*Chalinolobus tuberculatus*).

Pryde, M.A., O'Donnell, C.F.J., Barker, R.J., 2005. Factors influencing survival and long-term population viability of New Zealand long-tailed bats (*Chalinolobus tuberculatus*): Implications for conservation. *Biological Conservation* 126, 175–185. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.05.006>

Purcell, S.W., Polidoro, B.A., Hamel, J.-F., Gamboa, R.U., Mercier, A., 2014. The cost of being valuable: predictors of extinction risk in marine invertebrates exploited as luxury seafood. *Proc Biol Sci* 281, 20133296. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.3296>

R Core Team, 2023. R: A language and environment for statistical computing.

Rayner, J.M.V., 1988. Form and Function in Avian Flight, in: Johnston, R.F. (Ed.), *Current Ornithology*. Springer US, Boston, MA, pp. 1–66. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6787-5_1

Robertson, R.J., Rendell, W.B., 2001. A long-term study of reproductive performance in tree swallows: the influence of age and senescence on output. *Journal of Animal Ecology* 70, 1014–1031. <https://doi.org/10.1046/j.0021-8790.2001.00555.x>

Robinson, R.A., Julliard, R., Saracco, J.F., 2009. Constant effort: Studying avian population processes using standardised ringing. *Ringing & Migration* 24, 199–204. <https://doi.org/10.1080/03078698.2009.9674392>

Romero, L.M., Wikelski, M., 2010. Stress physiology as a predictor of survival in Galapagos marine iguanas. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 277, 3157–3162. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0678>

Rosenberg, K.V., Dokter, A.M., Blancher, P.J., Sauer, J.R., Smith, A.C., Smith, P.A., Stanton, J.C., Panjabi, A., Helft, L., Parr, M., Marra, P.P., 2019. Decline of the North American avifauna. *Science* 366, 120–124. <https://doi.org/10.1126/science.aaw1313>

Saino, N., Ambrosini, R., Caprioli, M., Liechti, F., Romano, A., Rubolini, D., Scandolara, C., 2017a. Wing morphology, winter ecology, and fecundity selection: evidence for sex-dependence in barn swallows (*Hirundo rustica*). *Oecologia* 184, 799–812. <https://doi.org/10.1007/s00442-017-3918-0>

Saino, N., Ambrosini, R., Caprioli, M., Romano, A., Romano, M., Rubolini, D., Scandolara, C., Liechti, F., 2017b. Sex-dependent carry-over effects on timing of reproduction and fecundity of a migratory bird. *Journal of Animal Ecology* 86, 239–249. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.12625>

- Saino, N., Calza, S., Ninni, P., Møller, A.P., 1999. Barn swallows trade survival against offspring condition and immunocompetence. *Journal of Animal Ecology* 68, 999–1009. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2656.1999.00350.x>
- Saino, Nicola, Cuervo, J.J., Krivacek, M., de Lope, F., Møller, A.P., 1997. Experimental manipulation of tail ornament size affects the hematocrit of male barn swallows (*Hirundo rustica*). *Oecologia* 110, 186–190. <https://doi.org/10.1007/s004420050148>
- Saino, N., Cuervo, J.J., Ninni, P., De Lope, F., Møller, A.P., 1997. Haematocrit correlates with tail ornament size in three populations of the Barn Swallow (*Hirundo rustica*). *Functional Ecology* 11, 604–610. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.1997.00131.x>
- Saino, N., Romano, M., Rubolini, D., Ambrosini, R., Caprioli, M., Milzani, A., Costanzo, A., Colombo, G., Canova, L., Wakamatsu, K., 2013. Viability is associated with melanin-based coloration in the barn swallow (*Hirundo rustica*). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060426>
- Saino, Nicola, Romano, M., Rubolini, D., Teplitsky, C., Ambrosini, R., Caprioli, M., Canova, L., Wakamatsu, K., 2013. Sexual Dimorphism in Melanin Pigmentation, Feather Coloration and Its Heritability in the Barn Swallow (*Hirundo rustica*). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058024>
- Saino, N., Szép, T., Romano, M., Rubolini, D., Spina, F., Møller, A.P., 2004. Ecological conditions during winter predict arrival date at the breeding quarters in a trans-Saharan migratory bird. *Ecology Letters* 7, 21–25. <https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2003.00553.x>
- Sandercock, B.K., 2006. Estimation of Demographic Parameters from Live-Encounter Data: a Summary Review. *The Journal of Wildlife Management* 70, 1504–1520. [https://doi.org/10.2193/0022-541X\(2006\)70\[1504:EODPFL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2193/0022-541X(2006)70[1504:EODPFL]2.0.CO;2)
- Sanz-Aguilar, A., Pradel, R., Tavecchia, G., 2019. Age-dependent capture-recapture models and unequal time intervals. *Animal Biodiversity and Conservation* 42, 91–98. <https://doi.org/10.32800/abc.2019.42.0091>
- Schantz, T. von, Bensch, S., Grahn, M., Hasselquist, D., Wittzell, H., 1999. Good genes, oxidative stress and condition-dependent sexual signals. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. <https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0597>
- Schaub, M., Jenni, L., Bairlein, F., 2008. Fuel stores, fuel accumulation, and the decision to depart from a migration stopover site. *Behavioral Ecology* 19, 657–666. <https://doi.org/10.1093/beheco/arn023>
- Schorcht, W., Bontadina, F., Schaub, M., 2009. Variation of adult survival drives population dynamics in a migrating forest bat. *Journal of Animal Ecology* 78, 1182–1190. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01577.x>
- Scordato, E., Safran, R., 2014. Geographic variation in sexual selection and implications for speciation in the Barn Swallow. *Avian Research* 5. <https://doi.org/10.1186/s40657-014-0008-4>
- Seber, G.A.F., 1965. A note on the multiple-recapture census. *Biometrika* 52, 249–260. <https://doi.org/10.1093/biomet/52.1-2.249>

Stahl, J.T., Oli, M.K., 2006. Relative importance of avian life-history variables to population growth rate. *Ecological Modelling* 198, 23–39. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.04.001>

Štátný, K., Hudec, K. (Eds.), 2016. Ptáci =: Aves, 3., přepracované a doplněné vydání. ed, Fauna ČR. Academia, Praha.

Strandberg, R., Klaassen, R., Hake, M., Alerstam, T., 2010. How hazardous is the Sahara Desert crossing for migratory birds? Indications from satellite tracking of raptors. *Biology Letters* 6. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0785>

Turbek, S.P., Schield, D.R., Scordato, E.S.C., Contina, A., Da, X.-W., Liu, Yang, Liu, Yu, Pagani-Núñez, E., Ren, Q.-M., Smith, C.C.R., Stricker, C.A., Wunder, M., Zonana, D.M., Safran, R.J., 2022. A migratory divide spanning two continents is associated with genomic and ecological divergence. *Evolution* 76, 722–736. <https://doi.org/10.1111/evo.14448>

Turner, A., 2010. *The Barn Swallow*. Bloomsbury Publishing.

Turner, A., Rose, C., 2010. *A Handbook to the Swallows and Martins of the World*. A&C Black.

Turner, A.K., 2006. *The barn swallow*. A&C Black.

Vélez-Espino, L.A., Fox, M.G., McLaughlin, R.L., 2006. Characterization of elasticity patterns of North American freshwater fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 63, 2050–2066. <https://doi.org/10.1139/f06-093>

Webster, M.S., Marra, P.P., Haig, S.M., Bensch, S., Holmes, R.T., 2002. Links between worlds: unraveling migratory connectivity. *Trends in Ecology & Evolution* 17, 76–83. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02380-1](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02380-1)

White, G.C., 2018. Program MARK: A software for analysis of data from marked individuals.

White, G.C., Burnham, K.P., 1999. Program MARK: survival estimation from populations of marked animals. *Bird Study* 46, S120–S139. <https://doi.org/10.1080/00063659909477239>

Wickham, H., 2024. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*.

Wickham, H., Bryan, J., 2023. *readxl: Read Excel Files*.

Wickham, H., François, R., 2023. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*.

Williams, B.K., Nichols, J.D., Conroy, M.J., 2002. *Analysis and Management of Animal Populations*. Academic Press.

Witkowska, M., Pinchuk, P., Meissner, W., Karlionova, N., 2024. Body size constrains the annual apparent survival of lekking Great Snipe *Gallinago media* males of eastern, lowland population. *J Ornithol* 165, 169–178. <https://doi.org/10.1007/s10336-023-02091-7>

Woodrey, M.S., 2000. Age-dependent Aspects of Stopover Biology of Passerine Migrants 20.

Woodrey, M.S., Moore, F.R., 1997. Age-Related Differences in the Stopover of Fall Landbird Migrants on the Coast of Alabama. *The Auk* 114, 695–707. <https://doi.org/10.2307/4089289>

Wunderle Jr, J., 1991. Age-specific foraging proficiency in birds. *Current ornithology* 8, 273–324.

Zens, M.S., Peart, D.R., 2003. Dealing with death data: individual hazards, mortality and bias. *Trends in Ecology & Evolution* 18, 366–373. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(03\)00096-X](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(03)00096-X)

Zenzal, T.J., Jr., Moore, F.R., 2016. Stopover biology of Ruby-throated Hummingbirds (*Archilochus colubris*) during autumn migration. *The Auk* 133, 237–250. <https://doi.org/10.1642/AUK-15-160.1>

Zuk, M., Kolluru, G.R., 1998. Exploitation of Sexual Signals by Predators and Parasitoids. *The Quarterly Review of Biology*. <https://doi.org/10.1086/420412>

8. BIBLIOGRAFIE KE STATISTICKÝM METODÁM

Microsoft Corporation. 2021. *Microsoft Excel*. Microsoft 365.

<https://www.microsoft.com/excel>

Posit, PBC. 2024. RStudio: Integrated Development Environment for R. <https://posit.co/>

R Core Team. 2023. R: A language and environment for statistical computing. <https://www.r-project.org/>

White, G.C. 2018. Program MARK: A software for analysis of data from marked individuals.

<https://www.phidot.org/software/mark/>

Wickham, H. 2024. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis.

<https://ggplot2.tidyverse.org/>

Wickham, H., a J. Bryan. 2023. readxl: Read Excel Files. [https://cran.r-](https://cran.r-project.org/package=readxl)

[project.org/package=readxl](https://cran.r-project.org/package=readxl)

Wickham, H., a R. François. 2023. dplyr: A Grammar of Data Manipulation. [https://cran.r-](https://cran.r-project.org/package=dplyr)

[project.org/package=dplyr](https://cran.r-project.org/package=dplyr)