

Univerzita Hradec Králové
Přírodovědecká fakulta

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Bc. Adéla Vlková



Zadání diplomové práce

Autor: Adéla Vlková

Studium: S20BI006NP

Studijní program: N0588A030001 Biologie a ekologie

Studijní obor: Biologie živočichů

Název diplomové práce: **Fenologie hnízdění a produktivita u rákosníků (*Acrocephalus* sp.) na základě analýzy kroužkovacích dat**

Název diplomové práce AJ: Trends in nesting phenology and productivity in *Acrocephalus* sp. warblers based on analysis of ringing data

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Účinnost snah o zmírnění negativních vlivů změn v krajině na populace ptáků závisí na lepším pochopení vlivu hnízdního stanoviště a biotických interakcí na úspěšnost hnízdění. Diplomová práce se zaměří na analýzu trendů a vlivu mikrohabitatu na časování hnízdění a populační produktivitu u blízce příbuzných rákosníků (*Acrocephalus* sp.). Jednotlivé druhy rákosníků hnízdí vlivem interspecifické kompetice v různých typech mikrohabitatů a jsou pro dané téma vhodnou modelovou skupinou. Načasování hnízdění a produktivita mláďat bude studována s využitím kroužkovacích údajů z několika vybraných lokalit a stejného časového období. Tento přístup umožní testovat, zda se trendy v časování hnízdění a produktivitě liší mezi blízce příbuznými druhy, mezi lokalitami a mezi mikrohabitaty v rámci stejné lokality. Kroužkovací údaje z vybraných lokalit budou přepsány do programu Rings a k analýze budou použity příslušné statistické metody.

Catchpole C. K. (1973) Conditions of co-existence in sympatric breeding populations of *Acrocephalus* warblers. *J. Anim. Ecol.* 42(3): 623-635
Svensson S. (1978) Territorial exclusion of *Acrocephalus schoenobaenus* by *A. scirpaceus* in reedbeds. *Oikos* 30(3): 467-474
Murray B. G. (1988) Interspecific territoriality in *Acrocephalus*: A critical review. *Ornis Scand.* 19(4): 309-313
Hoi H., Eichler T. & Dittami J. (1991) Territorial spacing and interspecific competition in three species of reed warblers. *Oecologia* 87(3): 443-448
Honza M. & Literák I. (1997) Spatial distribution of four *Acrocephalus* warblers in reedbeds during the post-breeding migration. *Ring and Migration* 18 (2): 79-83
Nur N. & Geupel G.R. (1993). Evaluation of mist-netting, nest-searching and other methods for monitoring demographic processes in landbird populations. In Finch D.M. & Stangel P.W. (eds.) Status and management of neotropical migratory birds. 1992 September 21-25, Estes Park, Co. Gen. Tech. Rep. RM-229. Fort Collins. Pages 237-244.
https://play.google.com/books/reader?id=0XeK7Jz7_SQC&pg=GBS.PA236&hl=cs
Peach W.J., Buckland S.T. & Baillie S.R. (1996) The use of constant effort mist-netting to measure between-year changes in the abundance and productivity of common passerines. *Bird Study* 43(2): 142-156
Robinson, R. A., Julliard R. & Saracco J. F. (2009) Constant effort: Studying avian population processes using standardised ringing. *Ring and Migration* 24(3): 199-204

Zadávající pracoviště: Katedra biologie,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Jan Hušek, Ph.D.

Oponent: Mgr. Petr Klvaňa, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 23.1.2020

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

Fenologie hnízdění a produktivita u rákosníků
(*Acrocephalus sp.*) na základě analýzy
kroužkovacích dat

Diplomová práce

Autor: Bc. Adéla Vlková

Studijní program: S20BI006NP, Biologie a ekologie

Studijní obor: Biologie a ekologie - spec. biologie živočichů

Vedoucí práce: RNDr. Jan Hušek, Ph.D.

Hradec Králové

březen 2023

Poděkování

Chtěla bych poděkovat RNDr. Janu Huškovi, Ph.D. za vedení mé diplomové práce, jeho odborný dohled, cenné rady, trpělivost a ochotu, kterou mi v průběhu zpracování práce věnoval. Mé poděkování za poskytnutí kroužkovacích dat patří Kroužkovací stanici Národního muzea. Tato práce by nemohla vzniknout bez celoživotního kroužkovacího úsilí Ladislava a Františka Štanclových (Bohdanečsko), Karla Pecla a Jiřího Šebestiana (Řežabinec), Lubora Urbánka, Václava a Miroslava Jelínkových (Žehuňský rybník),... (Nesyt) a dalších.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne 08.05.2023

Bc. Adéla Vlková

Anotace

VLKOVÁ, A. *Fenologie hnízdění a produktivita u rákosníků (Acrocephalus sp.) na základě analýzy kroužkovacích dat v letech 1999–2021*. Hradec Králové, 2023. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce RNDr. Jan Hušek, Ph.D. 51 s.

Diplomová práce se zaměřuje na analýzu trendů a změn ve fenologii hnízdění a populační produktivitě u blízce příbuzných druhů rákosníka velkého *Acrocephalus arundinaceus*, rákosníka proužkovaného *Acrocephalus schoenobaenus*, rákosníka obecného *Acrocephalus scirpaceus* a rákosníka zpěvného *Acrocephalus palustris*. Fenologie hnízdění byla studována s využitím kroužkovacích dat z Bohdanečska z období 1960–2015. Produktivita juvenilů byla studována s využitím kroužkovacích dat z Bohdanečska z období 1999–2015, Žehuňského rybníka, rybníka Řežabinec a rybníka Nesyt z období 1999–2021. Změny ve fenologii byly analyzovány pomocí logistické regrese na základě meziročních změn v sezonním časování výskytu juvenilů v populaci. Posun k dřívějšímu datu první snůšky byl prokázán u rákosníka obecného a rákosníka zpěvného. Posun k pozdějšímu datu první snůšky byl prokázán u rákosníka proužkovaného a rákosníka velkého. Změny v produktivitě jednotlivých druhů a vliv data, roku a lokality byly analyzovány pomocí logistické a Poissonovy regrese na základě podílu a denního počtu okroužkovaných juvenilů. Tento přístup umožnil také otestovat, zda se trendy liší mezi blízce příbuznými druhy a mezi lokalitami. U rákosníka zpěvného, rákosníka obecného a rákosníka proužkovaného byl prokázán meziroční pokles podílu juvenilních ptáků. U rákosníka velkého byl meziroční podíl juvenilních ptáků stabilní. U rákosníka velkého a rákosníka proužkovaného byl prokázán meziroční nárůst počtu juvenilních ptáků. U rákosníka zpěvného a rákosníka obecného byl prokázán meziroční pokles počtu juvenilních ptáků. Důležitost této práce spočívá v poskytnutí údajů o změnách v hnízdění a populační produktivitě. Dalším přínosem práce je hlubší pochopení těchto změn na mezidruhové úrovni a v rámci různých typů habitatu vybraných lokalit, což představuje významnou roli v účinnosti snah o zmírnění negativních vlivů změn v krajině na populaci ptáků.

Klíčová slova

Bohdanečsko, fenologie hnízdění, habitat, kroužkování ptáků, meziroční trend, produktivita, rákosníci, rybník Řežabinec, rybník Nesyt, Žehuňský rybník

Annotation

VLKOVÁ, A. *Nesting phenology and productivity in reeds (Acrocephalus sp.) based on ringing data analysis during the years 1999–2021*. Hradec Králové, 2023. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Diploma Thesis Supervisor RNDr. Jan Hušek, Ph.D. 51 p.

The diploma thesis focuses on the analysis of trends and changes in nesting phenology and population productivity in the closely related species of the Great Reed Warbler *Acrocephalus arundinaceus*, Sedge Warbler *Acrocephalus schoenobaenus*, Reed Warbler *Acrocephalus scirpaceus* and Marsh Warbler *Acrocephalus palustris*. Nesting phenology was studied using ringing data from the Bohdaneč region in the period 1960–2015. Juvenile productivity was studied using ringing data from the Bohdaneč region in the period 1960–2015, Žehuň pond, Řežabinec pond and Nesyt pond in the period 1999–2021. Changes in phenology were analyzed using logistic regression based on seasonality and the possible effect of year on the proportion of juvenile birds in the population. A shift to an earlier date of the first clutch was detected for the Reed Warbler and the Marsh Warbler. A shift to a later date of first clutch was detected for the Sedge Warbler and the Great Reed Warbler. Changes in the productivity of individual species and the effect of date, year and location were analyzed using logistic and Poisson regression based on the proportion and daily number of ringed juveniles. This approach also tests whether trends differ between closely related species and between localities. A decrease in the interannual proportion of juvenile birds has been detected for the Marsh Warbler, Reed Warbler, Sedge Warbler. In the Great Reed Warbler, the interannual proportion of juvenile birds was stable. An increase in the interannual number of juvenile birds has been detected for the Great Reed Warbler and the Sedge Warbler. A decrease in the interannual number of juvenile birds has been detected for the Marsh Warbler and the Reed Warbler. The importance of this work lies in providing data on the change in nesting and population productivity. Another benefit of the work is a deeper understanding of these changes at the interspecies level and within different types of biotopes of selected localities, which represents a role in efforts to mitigate the negative effects of changes in the landscape on bird populations.

Keywords

bird ringing, Bohdaneč region, habitat, nesting timing, Nesyt pond, population productivity, population trend, reed warblers, Řežabinec pond, Žehuň pond

Obsah

Úvod.....	9
Materiál a metodika	12
Studovaná území.....	12
Počasí.....	14
Studované druhy.....	14
Rákosník velký <i>Acrocephalus arundinaceus</i> (Linnaeus, 1758).....	14
Rákosník zpěvný <i>Acrocephalus palustris</i> (Bechstein, 1798).....	15
Rákosník obecný <i>Acrocephalus scirpaceus</i> (Hermann, 1804)	16
Rákosník proužkovaný <i>Acrocephalus schoenobaenus</i> (Linnaeus, 1758).....	16
Kroužkovací data	17
Statistická analýza	17
Výsledky.....	19
Časový průběh kroužkování.....	19
Fenologie	25
Produktivita	29
Diskuse.....	38
Závěr	42
Literatura.....	44

1 Úvod

Zemské klima se v průběhu 20. století výrazně změnilo, což se projevuje zvýšením průměrných teplot, změnami v dešťových vzorcích, výskytem extrémních povětrnostních jevů a dalších jevů (Houghton 1998). Globální průměrná teplota se během tohoto období zvýšila asi o $0,6 \pm 0,2^\circ\text{C}$. K většině oteplování došlo během dvou období, 1910–1945 a 1976–2000 (Houghton et al. 2001). V této souvislosti se mění podmínky, které ptáci zažívají na svých hnízdištích (Jylhä et al. 2010).

Klimatické změny významně ovlivňují ekologické procesy (Stenseth et al. 2003). Jedná se mimo jiné i o posuny v časování životních cyklů rostlin a zvířat, zejména vlivem průběhu počasí a klimatu (Lieth 1974, Root et al. 2003). Obecně došlo ve středních zeměpisných šířkách vlivem zvýšení průměrné teploty a měnícímu se vzorci srážek k dřívějšímu vývoji vegetace a hmyzu a mnoho ptáků pokročilo v načasování migrace a datu kladení vajec (Marra et al. 2005, Cleland et al. 2007, Dunn & Winkler 2010, Forrest 2016). Některé druhy, jako např. suchozemští obratlovci, postavené výše v potravním řetězci pokročily ve své fenologii méně než druhy postavené v potravním řetězci níže, jako např. rostliny a bezobratlí (Thackeray et al. 2010). V důsledku toho ptáci a druhy, se kterými interagují (včetně jejich zdrojů potravy, predátorů a konkurentů), nereagují na oteplování stejně (Both et al. 2006, Møller et al. 2008). Sezonní aktivita u ptáků je řízena endogenní cirkanuální rytmitou a exogenními faktory, jako je fotoperioda a teplota (Berthold 1996, Gwinner 2003). Tyto endogenní procesy mají silnější vliv na migranty na velké vzdálenosti a omezují jejich schopnost přizpůsobit se důležitým místním povětrnostním signálům ve srovnání s migranty na krátké vzdálenosti, kteří jsou schopni lépe posoudit místní podmínky (Both & Visser 2001, Swanson & Palmer 2009). Proto u migrantů na krátkou vzdálenost dochází k nárůstu početnosti z důvodu získání kvalitnějšího teritoria, využití potravních zdrojů, odchovu více snůšek a vyšší hnízdní úspěšnosti (Salido et al. 2012, Visser et al. 2012, Halupka & Halupka 2017). Naopak druhy migrující na dlouhou vzdálenost jsou vystaveni riziku nedostatečného přizpůsobení souběžnosti načasování hnízdění a vrcholu hojnosti potravních zdrojů nebo nástupu olistění vegetace (Both et al. 2006, Møller et al. 2008). Pulido & Berthold (2004) zkoumali mikroevoluční reakci na změnu klimatu, kdy vysoká úroveň genetické variability, příznivé genetické korelace, kogradientní variace a adaptivní plasticita mohou umožnit rychlé reakce na současné změny prostředí. Tuto evoluční změnu potvrdily studie načasování jarní migrace a reprodukce lejsků černohlavých *Ficedula hypoleuca*, u kterých došlo k posunu data migrace v letech 1980–2002 o deset dní k dřívějšímu datu (Both 2010) a data reprodukce v letech 1981–2002 o 11 dní k dřívějšímu datu u volně žijících ptáků (Helm et al. 2019).

Oteplování klimatu má vliv na produktivitu a velikost populace (Orsholm 2019). Větší produktivitu během teplých let lze vysvětlit zvýšenou potravní dostupností, sníženými termoregulačními nároky nebo možností dřívějšího hnízdění (Tinbergen

& Dietz 1994, Halupka & Halupka 2017, Meller et al. 2018). Změny v načasování hnízdění mají průkazný vliv na trvání hnízdní sezony, což může mít vliv na její prodloužení nebo zkrácení, a to má za následek změny v produktivitě (Halupka & Halupka 2017). Bylo prokázáno, že druhy s více snůškami posouvají období rozmnožování více než druhy s jednou snůškou, čímž se prodlužuje období rozmnožování a umožňuje více snůšek (Møller et al. 2010, Dunn et al. 2014, Halupka & Halupka 2017). Halupka & Halupka (2017) uvedli, že ptáci s více snůškami (ze 34 druhů např. pěnice pokřovní *Sylvia curruca*, kukačka obecná *Cuculus canorus*, rákosník obecný) prodloužili své hnízdní sezony v průměru o 4 dny za desetiletí, zatímco ptáci s jednou snůškou (ze 31 druhů např. budníček lesní *Phylloscopus sibilatrix*, rákosník velký, bramborníček hnědý *Saxicola rubetra*) zkrátili hnízdní sezonu v průměru o 2 dny. Jelikož reprodukční úspěšnost obvykle v průběhu sezony klesá, časněji hnízdící jedinci kladou větší snůšky (Verhulst & Nilsson 2008). Důvodem může být zvýšená dostupnost potravy, lepší časové rozestupy mezi snůškami, a tedy zvýšená investice rodičů do prvních i dalších snůšek (Jiguet et al. 2007, Halupka et al. 2008, Møller et al. 2010). Møller et al. (2008) studoval populace 100 evropských ptačích druhů a zjistil, že došlo k poklesu početnosti populací u druhů, které dostatečně nepokročily ve své jarní migraci, což představovaly především populace migrantů na dlouhou vzdálenost. Hlavní příčina spočívá v neschopnosti přizpůsobit se pokročilé jarní fenologii z důvodu různého načasování migrace (Saino et al. 2011). Meller et al. (2018) ve své studii 20-ti nejhojnějších druhů pěvců zaznamenal pozitivní vliv teploty na produktivitu u migrantů na krátkou (např. červenka obecná *Erithacus rubecula*, sýkora koňadra *Parus major*) i dlouhou vzdálenost (např. rákosník obecný, pěnice hnědokřídlá *Sylvia communis*, pěnice černohlavá *Sylvia atricapilla*). Pozitivní vliv teploty na produktivitu zaznamenal také Orsholm (2019) ve své studii o 50-ti běžných druzích pěvců (např. rákosník obecný, rákosník zpěvný, pěnice pokřovní). Vyšší srážky mohou zvýšit biomasu rostlin, což pak může vést k větší velikosti snůšky a vyššímu úspěchu hnízdění (Morrison & Bolger 2002). Naopak nedostatek srážek může vést k nedostatku potravy, což vede k vyšší intenzitě shánění potravy a nižší obraně hnízda před predátory (Schmidt 1999). Extrémní hodnoty počasí (chladné nebo horké podmínky, vydatné srážky nebo dlouhotrvající sucha) během časného období rozmnožování mohou být spojeny s nižší mírou úspěšnosti hnízdění (Zuckerberg et al. 2018). Jarní variabilita počasí se projevuje také nepřímo prostřednictvím změn v počtu nebo chování predátorů (Morrison & Bolger 2002), nebo posunu v hnízdních mikrostaništích (Martin 2001). Na produktivitu má vliv také mnoho faktorů, jako je predace, parazitismus nebo nemoci (Best & Stauffer 1980).

Ptáci mají schopnost být důležitými bioindikátory, a proto ornitologie poskytla některé z nejlepších příkladů dopadů nedávných klimatických změn na volně žijící zvířata z celého světa (Crick 2004). Dlouhodobé studie ptačích populací a změn ve fenologii, demografii a dynamice populací poskytují informace o účinné ochraně a

managementu stanovišť, které podporují odolnost vůči změně klimatu (Miller-Rushing et al. 2010, Saracco et al. 2019).

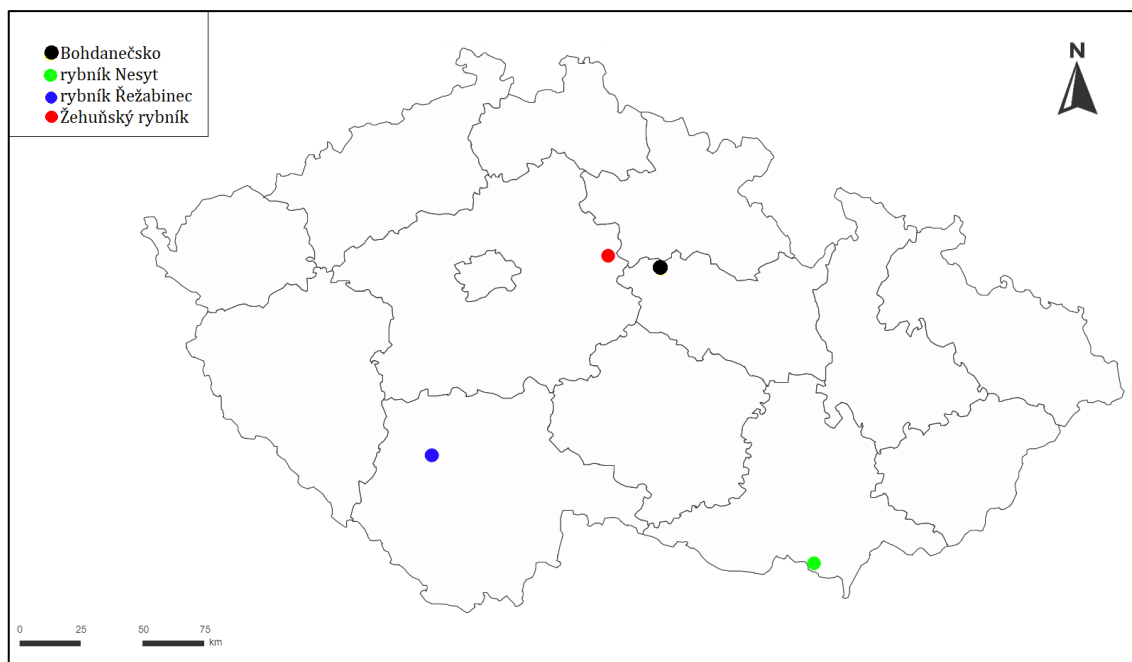
Cílem mé diplomové práce byla analýza změn ve fenologii hnízdění a produktivitě u blízce příbuzných druhů rákosníků z Bohdanečska v letech 1960–2015 a Žehuňského rybníka, rybníka Řežabinec a rybníka Nesyt v letech 1999–2021. K analýze byla využita intenzivně sbíraná kroužkovací data poskytnutá Kroužkovací stanicí Národního muzea a výběr kroužkovacích lokalit spočíval v ornitologické významnosti z hlediska hnízdiště vybraných druhů. Pozornost byla věnována druhům rákosník velký, rákosník proužkovaný, rákosník obecný a rákosník zpěvný. Jednotlivé druhy rákosníků hnízdí vlivem interspecifické kompetice v různých typech mikrohabitátů a jsou pro dané téma vhodnou modelovou skupinou (Catchpole 1978, Murray 1988).

V práci jsem testovala, zda během let došlo k posunu fenologie vyvádění juvenilů a změnám v produktivitě u studovaných druhů rákosníků a zda existují rozdíly v intenzitě posunu fenologie a změnách produktivity mezi druhy a lokalitami.

2 Materiál a metodika

2.1 Studovaná území

Bohdanečsko (50°4'35.040"N, 15°40'55.920"E) leží v nadmořské výšce okolo 214 m na severozápadním okraji města Pardubice ve východních Čechách (Štancl 1987, Obr. 1). Spadá do oblasti klimaticky mírně teplé. Celkový úhrn srážek je ve vegetačním období v rozmezí 350–400 mm, v zimním období 200–250 mm (Quitt 1971). Během studovaného období byla průměrná roční teplota 9 °C a průměrný roční úhrn srážek 569 mm (ČHMÚ 2021). Kroužkovací data pocházejí především z obcí Lázně Bohdaneč, Rohovládova Bělá, Strašov a Sopreč. Krajina je zde prostoupena lesy a řadou rybníků, z nichž důležitou součástí území představují národní přírodní rezervace Bohdanečský rybník a rybník Matka, Soprečský a Strašovský rybník (Štancl 1987). Typickou vegetací jsou rákosiny. Např. Bohdanečský rybník s rybníkem Matka jsou prostoupeny komplexem vodních a mokřadních biotopů s rákosinami (*Phragmites communis*), porosty vysokých ostřic (*Magnocaricion elatae*, *Caricion gracilis*), rašelinnými a slatinnými loukami (*Caricion lasiocarpae*, *Caricion davallianae*) a vrbovými porosty. Z důvodu hnízdiště kriticky ohrožených druhů vodního a mokřadního ptactva se jedná o jednu z nejvýznamnějších ornitologických lokalit na Pardubicku. Příkladem těchto druhů jsou bukač velký (*Botaurus stellaris*), bukáček malý (*Ixobrychus minutus*), husa velká (*Anser anser*) a chřástal malý (*Porzana parva*). Mezi vzácně hnízdící druhy patří např. sýkořice vousatá (*Panurus biarmicus*), rákosník velký a cvrčilka slavíková (*Locustella luscinioides*) (Faltysová et al. 2002). Soprečský rybník vždy patřil k významným místům pro proletující ptáky, především pro rákosinové pěvce a bahňáky. Strašovský rybník je významnou lokalitou z hlediska hnízdiště lindušky luční (*Anthus pratensis*) a břehouše černoocasého (*Limosa limosa*) (Štancl 1987). V minulosti došlo na celém území k poklesu druhové diverzity vlivem zmenšující se plochy otevřené vodní hladiny, eutrofizací způsobenou zazemňováním, rybničním hospodařením, intenzivním zemědělským hospodařením v blízkém okolí a také v důsledku absence kosení a s tím souvisejícím snižováním plochy luk a mokřadů (Štancl 1987, Prausová & Bálková 2015).



Obr. 1: Poloha Bohdanečska, rybníka Nesyt, rybníka Řežabinec a Žehuňského rybníka na mapě České republiky.

Rybník Nesyt ($48^{\circ}46'31.06''$ N, $16^{\circ}43'30.44''$ E) je součástí národní přírodní rezervace Lednické rybníky ležící mezi Sedlecem a Lednicí (Obr. 1). Rozloha je 296 ha a leží v nadmořské výšce 160–175 m (Mackovčín et al. 2007). Spadá do oblasti klimaticky teplé (nejteplejší a nejsušší oblast na našem území). Celkový úhrn srážek je ve vegetačním období v rozmezí 300–350, v zimním období 200–300 mm (Quitt 1971). Během studovaného období byla průměrná roční teplota $10,5^{\circ}\text{C}$ a průměrný roční úhrn srážek 516 mm (ČHMÚ 2021). Pobřežní vegetace je tvořena úzkým lemlem keřových nebo stromových vrb a topolů, který přechází v rákosiny se zástupci druhu rákosu obecného (*Phragmites australis*), orobince úzkolistého (*Typha angustifolia*) a šmelem okoličnatým (*Butomus umbelatus*). Na okrajích rybníků se vyskytují porosty ostřic se zastoupením ostřice štíhlé (*Carex gracilis*). Jedná se o jednu z nejvýznamnějších ornitologických lokalit na území ČR z hlediska hnízdiště a tahové zastávky pro mnoho druhů ptáků, jako je např. bukáček malý, chřástal vodní (*Rallus aquaticus*), chřástal malý, cvrčilka slavíková a rákosník velký. V 90. letech 20. století došlo částečné destrukci rákosinových porostů a silné eutrofizaci vlivem intenzivního hospodaření (Mackovčín et al. 2007).

Rybník Řežabinec ($49^{\circ}15'10.74''$ N, $14^{\circ}5'31.4''$ E) leží v okrese Písek nedaleko obce Ražice (Obr. 3). Jedná se o národní přírodní rezervaci a ptačí oblast o rozloze 87,6 ha ležící v nadmořské výšce 370–373 m (Albrecht et al. 2003). Spadá do oblasti klimaticky mírně teplé. Celkový úhrn srážek je ve vegetačním období v rozmezí 350–400 mm, v zimním období 200–250 mm (Quitt 1971). Během studovaného období byla průměrná roční teplota 9°C a průměrný roční úhrn srážek 638,9 mm (ČHMÚ 2021). Na území rezervace se nachází rybník a přilehlé tůně s plošně rozsáhlým komplexem vodních, litorálních, bažinných a dalších mokřadních společenstev. Zastoupeny jsou převážně druhy rákosu obecného, orobince široolistého (*Typha*

latifolia). V porostu vysokých ostřic je dominantní druh ostřice vyvýšené (*Carex elata*). Rozsáhlé rákosiny představují hnízdiště např. chřástala vodního, cvrčilky slavíkové, rákosníka velkého a slavíka modráčka (*Luscinia svecica*), a proto představuje jednu z nejvýznamnějších lokalit vodního a mokřadního ptactva v jihočeském regionu. V létě je typickým shromaždištěm a tahovou zastávkou vodních ptáků. V 70. a 80. letech 20. století došlo ke zvýšení intenzity rybářského hospodaření a s tím souvisejícímu ústupu litorálních porostů a zatížení vodní nádrže eutrofizací (Albrecht et al. 2003).

Žehuňský rybník (50°8'51.34" N, 15°18'47.86" E) leží severně od Žehuně a Choťovic v okrese Kolín (Obr. 4). Jedná se o národní přírodní rezervaci o rozloze 301 ha ležící v nadmořské výšce 202–206 m (Ložek et al. 2005). Spadá do oblasti klimaticky teplé. Celkový úhrn srážek je ve vegetačním období v rozmezí 350–400 mm, v zimním období 200–250 mm (Quitt 1971). Během studovaného období byla průměrná roční teplota 10,1 °C a průměrný roční úhrn srážek 424,3 mm (ČHMÚ 2021). Pobřežní vegetace je zastoupena druhy rákosu obecného, orobince úzkolistého, puškvorce obecného (*Acorus calamus*) a kyprejem obecným (*Lythrum salicaria*). Hojně je v mělké vodě zastoupeno několik druhů rdestů (*Potamogeton* spp.). Pobřežní vegetace rákosin přecházejí ve zbytky dřívě kosených luk se zastoupením druhů společenstev vysokých ostřic (*Magnocaricion*) a společenstev bezkolencových luk (*Molinion*). Tento biotop představuje ideální životní podmínky pro mnoho ohrožených druhů vodních ptáků, jako je např. bukač velký, bukáček malý, chřástal kropenatý (*Porzana porzana*) nebo chřástal malý (Liebscher a Rendek 2014). Rybník je rybářsky obhospodařován s ohledem na hnízdiště ptactva a na okolních loukách dochází k částečnému kosení a změně druhové skladby (Ložek et al. 2005).

2.2 Studované druhy

2.2.1 Rákosník velký *Acrocephalus arundinaceus* (Linnaeus, 1758)

Hnízdní areál zahrnuje většinu území v Evropě kromě jejích nejsevernějších částí a britských ostrovů. Areál je rozšířen až po západní Sibiř, severní Afriku, střední a východní Asii (Šťastný et al. 2006). Jedná se o výlučně tažný druh se zimovištěm v tropické Africe jižně od Sahary po Kapsko (Cepák et al. 2008). V České republice je méně rozšířen než ostatní druhy. Vyskytuje se v nízkých a středních polohách do 700 m n. m., ale byl zaznamenán výskyt i výše (Dungel et al. 2021, Šťastný et al. 2006). V letech 1985–1989 byl odhad početnosti 1500–3000 párů. V letech 2001–2003 poklesl na 1200–2400 párů (Šťastný et al. 2006). Dle JPSP (2021) došlo v letech 1982–2019 k mírnému nárůstu. V roce 2020 však došlo k výraznému poklesu, a proto byla početnost české populace v letech 1982–2021 stabilní.

Tento druh je silně vázaný na porosty rákosu obecného nebo orobince úzkolistého na trvale zaplavených stanovištích (Havlín 1971). Vyžaduje porosty určité hustoty, pokryvnosti a tloušťky, ve kterých průměr stébla rákosu je vyšší než 6,5 mm (Jung 1965). Je tolerantní k určitému stupni keřové pokryvnosti. V ojedinělých případech

byla zaznamenána vazba také na skřípínek nebo chrastici rákosovou (Havlín 1971). Tento druh preferuje kanály, rybníky nebo mělká jezera se střední hladinou vody s rákosovou vegetací přiléhající k vodě (Mérő et al. 2015). Hnízda jsou vpletena do stébel rákosu, méně často na lodyhách orobince a ve vegetaci ostřic (Dyrzcz 1980). Jsou umístěna blíže k volné hladině do 5 m od okraje porostu (Formánek 2017, Šťastný et al. 2006).

Rákosník velký hnízdí zpravidla jedenkrát za sezonu, ve výjimečných případech dvakrát (Dyrzcz 1980). Doba hnízdění se pohybuje mezi květnem a srpnem a střední datum první snůšky v severním Bavorsku bylo v letech 1973–2003 stanoveno na 23. května \pm 13 dní. Snůška byla tvořena ze 4–5 vajec s průměrem 4,64 vajec a průměrným počtem vyvedených juvenilů 4,13 (Schaefer et al. 2006).

2.2.2 Rákosník proužkovaný *Acrocephalus schoenobaenus* (Linnaeus, 1758)

Je rozšířen od severní Skandinávie po Řecko a Černé moře, od Irska a Francie po západní Sibiř. Nevyskytuje se ve vysokých polohách v Alpách, Karpatech a v německých a norských horách (Šťastný et al. 2006). Jedná se o výlučně tažný druh se zimovištěm v tropické a jižní Africe po pás vlhkých savan v západní Africe a dále na jih až po Kapsko, kde je vázán na vlhké prostředí (Cepák et al. 2008). V České republice se jedná o pravidelně hnízdící druh, ovšem běžný pouze na lokalitách s přirozenými otevřenými mokřady – rybniční oblast v jižních a jihozápadních Čechách, Podkrušnohoří, Polabí, jižní Morava a nížiny v Pomoraví a Poodří (Šťastný et al. 2006). Hnízdí do 730 m n. m. (Dungel et al. 2021). V letech 1985–1989 a 2001–2003 byl odhad početnosti 40 000–80 000 hnízdních párů (Šťastný et al. 2006). Dle JPSP (2021) došlo v letech 1982–2021 k mírnému vzestupu.

Tento druh je vázán na převážně středně vlhké až sušší oblasti na okraji rákosin (Catchpole 1973). Jeho biotop je silně vertikálně strukturován. Podrost se vyznačuje vysokým stupněm pokryvnosti, nad kterým se nachází řídký porost objemných stébel (jedná se o rákos a vysokostébelnou vegetaci) (Jung 1967). U rákosu lze stanovit optimální hustotu asi 40 stébel/m². V optimálním biotopu jsou keře se stupněm pokryvnosti 40 % a/nebo jednotlivé stromy s řídkým olistěním nebo drobnými listy (Jung 1965). Vyskytuje se také v bažinách na okrajích rybníků s nižší mokřadní vegetací s převahou ostřic, výjimečně také v hustě zarostlých kanálech a strouhách a okrajích polí s řepkou či obilím daleko od mokřin (Šťastný et al. 2006).

Rákosník proužkovaný hnízdí zpravidla jedenkrát za sezonu, menší část populace zahnízdí dvakrát (Hudec et al. 2011). Doba hnízdění se pohybuje mezi květnem a červencem a první snůška v povodí řeky Biebrza v severovýchodním Polsku byla v roce 1993 kladena během 8. května – 22. června s průměrným datem 27. května. Snůška byla tvořena ze 3–7 vajec s průměrem 5,1 vajec a průměrným počtem vyvedených juvenilů 4,7 (Halupka 1996).

2.2.3 Rákosník obecný *Acrocephalus scirpaceus* (Hermann, 1804)

Hnízdní areál zahrnuje většinu území Evropy kromě severu, dále sever Afriky a jihozápad Asie (Šťastný et al. 2006). Jedná se o výlučně tažný druh se zimovištěm v savanách subsaharské Afriky až po Jihoafrickou republiku (Cepák et al. 2008). V České republice je vyskytuje na většině území v nižších a středních polohách do 730 m n. m., nejhojněji v oblastech rybníčních soustav v rozmezí 400–500 m n. m. (Dungel et al. 2021, Šťastný et al. 2006). V letech 1985–1989 a 2001–2003 byl odhad početnosti 50 000–100 000 hnízdních párů (Šťastný et al. 2006). Dle JPSP (2021) nedošlo v letech 1982–2021 k žádnému trendu a české populace jsou stabilní.

Tento druh obývá zaplavené až velmi vlhké porosty rákosu obecného a orobince. Oproti rákosníku velkému je méně závislý na trvalém zaplavení a snáší i sušší stanoviště (Leisler 1970, Havlín 1971). Upřednostňuje vysoké porosty o hustotě vyšší než 70 stébel/m², určité tloušťky a s pokryvností 70–80 % (Jung 1967). Je poměrně tolerantní k dalším biotopovým strukturám (trávníky, keře), jelikož není striktně vázaný na porosty rákosu (Catchpole 1973). Ve větší míře se v jeho přirozeném prostředí vyskytují také bylinné prvky jako vrbina, sadec, kopřiva a čistec (Witt 1972). Místy hnízdí i mimo rákosiny v porostech svídy, krušiny, vrby a bezu černého (Formánek 2017).

Rákosník obecný hnízdí zpravidla jedenkrát za sezonu, část populace také dvakrát (Hudec et al. 2001). Doba hnízdění se pohybuje mezi květnem a srpnem a první snůška v severním Bavorsku byla v letech 1973–2003 (Schaefer et al. 2006) a na Miliczských rybnících na jihozápadě Polska v letech 1970–2006 (Halupka et al. 2008) kladena v prvních dvou týdnech v květnu. Snůška byla tvořena ze 3–5 vajec s průměrem 3,78 vajec a průměrným počtem vyvedených juvenilů 3,52 (Schaefer et al. 2006).

2.2.4 Rákosník zpěvný *Acrocephalus palustris* (Bechstein, 1798)

Obývá západní Palearktidu. Rovnoměrný výskyt je typický pro východní a střední Evropu, v severní, západní a jižní části areálu hnízdí pouze ostrůvkovitě. Chybí pouze na severu a v části Středomoří (Šťastný et al. 2006). Jedná se o výlučně tažný druh zimující v savanách v jihovýchodní části Afriky po jihovýchodní a jižní pobřeží Jihoafrické republiky (Cepák et al. 2008). V České republice hnízdí na většině území, častěji se vyskytuje v nížinách a pahorkatinách do 1000 m n. m., ale je schopen vystoupat až vysoko do hor (Dungel et al. 2021, Šťastný et al. 2006). V letech 1985–1989 a 2001–2003 byl odhad početnosti 80 000–160 000 hnízdních párů (Šťastný et al. 2006). Dle JPSP (2021) došlo v letech 1982–2021 k mírnému poklesu.

Tento druh není vázán na extrémně vlhká nebo na vodu bohatá místa (Jung 1967). Obývá strukturované porosty vysokých bylin vyšší hustoty a vysokým stupněm pokryvnosti. Naopak se vyhýbá příliš rozsáhlým a homogenním vysokým porostům bylin (Witt 1972). V optimálním biotopu se nacházejí také keře nebo stromy (Heiser 1974). Obývá zarostlé břehy potoků, řek, rybníků a okraje lesů. Vyskytuje se také v

ruđerální vegetaci na rumišřích, skládkách a výsypkách, na lukách s křovinami, na okrajích polí s řepkou a obilím a v pásech křovin na suchých stráních (Formánek 2017, Šřastný et al. 2006). Hnízdí převážně v kopřivách na okrajích rybníků, v šípkovém a ostružiníkovém křoví, ale byla zaznamenána také vazba na vlhká místa s tavolníkem (Formánek 2017, Svensson & Grant 2004).

Rákosník zpěvný tráví na hnízdišti krátkou dobu, proto hnízdí zpravidla pouze jedenkrát za sezonu, popřípadě s náhradními snůškami (Hudec et al. 2011). Doba hnízdění se pohybuje mezi květnem a červencem a první snůška v národním parku Russky Sever byla v letech 2005–2016 kladena během období 1. června–25. června s průměrným datem 8. června. Snůška byla tvořena ze 4–5 vajec s průměrem 4,7 vajec a průměrným počtem vyvedených juvenilů 3,38 (Shitikov et al. 2018).

2.3 Kroužkovací data

Kroužkování je důležitou technikou pro monitorování populací, která se využívá při mnoha studiích, jako je například druhové složení, relativní početnost, velikost populace a demografii (produktivita a přežití). Tato technika přináší výhody oproti technikám vizuálního a sluchového monitorování populací (Dunn & Ralph 2004).

Kroužkování na Bohdanečském rybníku bylo prováděno od dubna do října v letech 1960–2015. Kroužkování na Žehuňském rybníku, rybníku Nesyt a rybníku Řežabinec bylo prováděno od července do srpna v letech 1999–2021 konstantním úsilím v rámci specializovaného projektu CES (Constant Effort Site). Jedná se o systém kroužkovacích stanic provozovaných během období rozmnořování s cílem počítání počtu ptáků (odhad místních populačních trendů), zaznamenání podílu ročních juvenilů (odhad trendů v produktivitě a úspěšnosti hnízdění) a podílu ptáků vracejících se z předchozího roku (odhad roční míry přežívání) (Svensson 2000). Odchyt byl prováděn pomocí nárazových sítí a kroužkovací data byla zaznamenávána do terénních notesů. Každý záznam obsahoval identifikační číslo kroužku, druh, pohlaví a věk jedince, datum, místo kroužkování a morfologické charakteristiky.

2.4 Statistická analýza

Nejprve bylo sumarizováno rozmezí dnů, kdy byly dané druhy v jednotlivých letech kroužkovány. Následně byla na všech lokalitách testována meziroční intenzita kroužkování na základě vlivu roku na sezonní počet kroužkovacích dnů.

Změny ve fenologii byly analyzovány pouze pomocí dat z Bohdanečska, kde probíhalo kroužkování každoročně během celého hnízdního období. Byla použita logistická regrese, kdy závislou proměnnou byl podíl juvenilních ptáků ze všech odchycených. Jako nezávislé proměnné jsem použila datum v sezoně a rok. Nejprve jsem analyzovala mezidruhové rozdíly v průběhu období vyvádění juvenilů. V této analýze jsem pro každý druh testovala pouze vliv data v sezoně. Poté jsem pro každý druh testovala meziroční trendy v průběhu období vyvádění juvenilů. V této analýze

jsem pomocí logistické regrese testovala vliv data v sezoně, roku a jejich interakce. Statistická průkaznost jednotlivých faktorů byla určena pomocí likelihood ratio testu. Do srovnávací fenologické analýzy nebyl zahrnut druh rákosník velký z důvodu nízké početnosti dat a krátkého časového období kroužkování tohoto druhu.

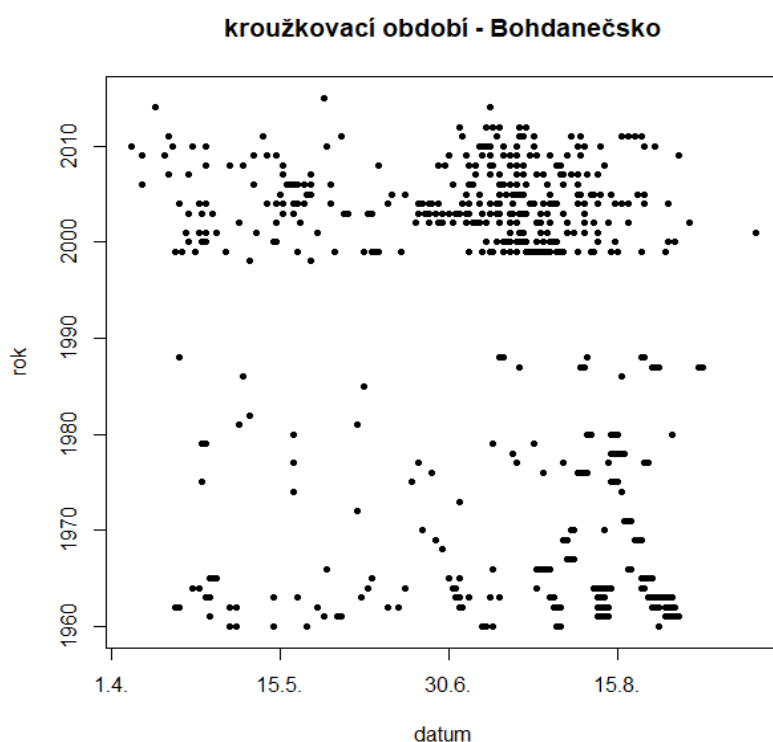
Změny v produktivitě jednotlivých druhů a vliv data, roku a lokality byly analyzovány pomocí logistické a Poissonovy regrese. Rozdíl těchto dvou regresí spočívá v typu závislé proměnné. U logistické regrese je závislá proměnná binomiální, tedy v podstatě juvenilové nebo dospělci. U Poissonovy regrese je závislou proměnnou počet, tedy počet juvenilů. Díky tomu bylo možné porovnat rozdílnost výsledků získaných pomocí těchto dvou regresí. Pro analýzu změn v produktivitě byla využita kroužkovací data ze všech lokalit pro všechny vybrané druhy. U rákosníka velkého nebyla zahrnuta data z Bohdanečska z důvodu rozdílného datování kroužkování vůči ostatním lokalitám. Pomocí logistické regrese jsem v modelu analyzovala vliv roku (meziroční trend), data v sezoně a lokality na podíl juvenilních ptáků v populaci. Pomocí Poissonovy regrese jsem v modelu analyzovala vliv roku (meziroční trend), data v sezoně a lokality na denní počet juvenilních ptáků v populaci. Analýza byla provedena v programu R určenému ke statistické analýze dat a jejich grafickému zobrazení.

Pro statisticky signifikantní výsledky byla hladina α nastavena na 0,05.

3 Výsledky

3.1 Popis kroužkovacího úsilí

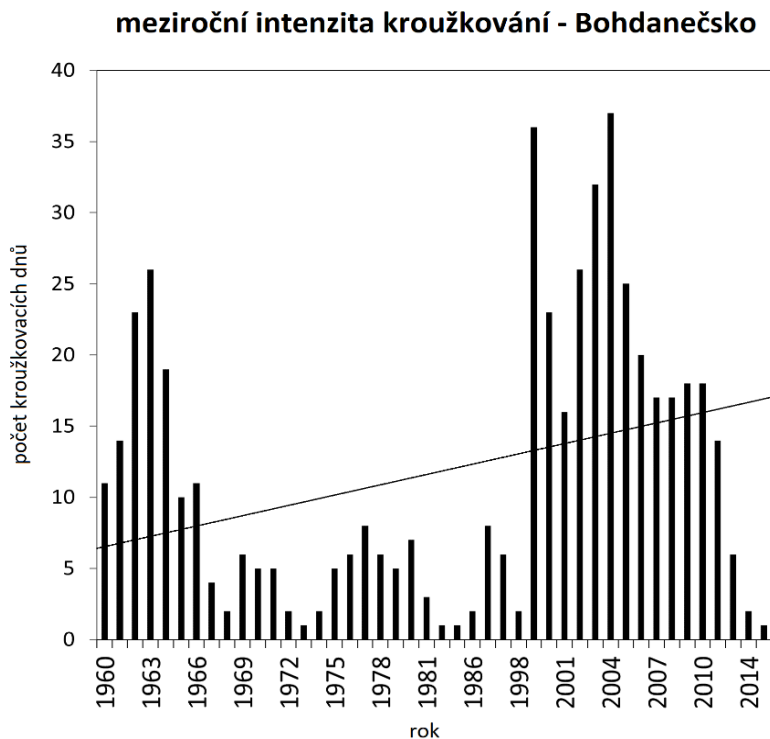
Na Bohdanečském rybníku probíhalo kroužkování v letech 1960–2015. První datum kroužkování bylo zaznamenáno 8. dubna a poslední datum kroužkování 10. října (Obr. 2). Nejvyšší intenzita kroužkování byla zaznamenána v roce 2004 (n = 37 kroužkovacích dnů), naopak nejnižší intenzita byla zaznamenána v letech 1973, 1982, 1985 a 2015 (n = 1 kroužkovací den) (Obr. 3). Byl zaznamenán mírně vzrůstající meziroční trend v celkovém počtu kroužkovacích dnů, v průměru o 2 dny za 10 let (Tab. 1, Obr. 3).



Obr. 2: Sezonní přehled kroužkovacích dnů v jednotlivých letech v období 1960–2015 na Bohdanečsku.

Lokalita	Meziroční trend v počtu kroužkovacích dnů
Bohdanečsko	$F_{1,42} = 4.404, p < 0.0419, (\beta = 0.17424 \pm 0.08303)$
rybník Nesyt	$F_{1,21} = 0.002841, p = 0.958$
rybník Řežabinec	$F_{1,20} = 0.03035, p = 0.8635$
Žehuňský rybník	$F_{1,21} = 0.7895, p = 0.3843$

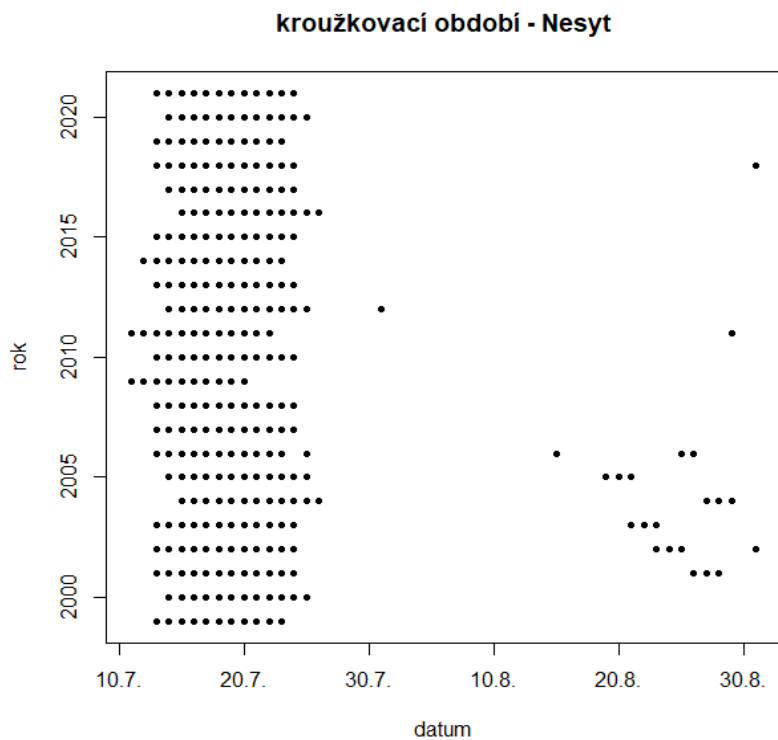
Tab. 1: Výsledky analýzy meziročních trendů v počtu kroužkovacích dnů na jednotlivých lokalitách pomocí lineárních regresí. Statisticky signifikantní výsledky na hladině $\alpha=0.05$.



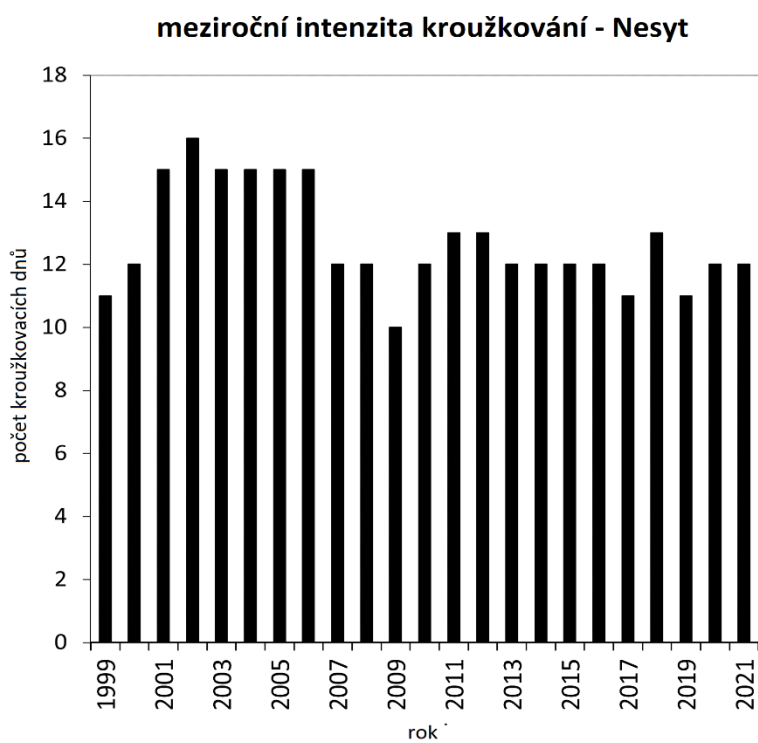
Obr. 3: Roční přehled počtu kroužkovacích dnů v období 1960–2015 na Bohdanečsku. Zobrazen je fit lineární regrese meziročního vývoje počtu kroužkovacích dnů v jednotlivých letech.

Na rybníku Nesyt, rybníku Řežabinec a Žehuňském rybníku probíhalo kroužkování konstantním úsilím v rámci specializovaného projektu CES, tudíž nebyl zaznamenán žádný meziroční trend v celkovém počtu kroužkovacích dnů (Tab. 1). Tato práce se opírá hlavně o výsledky získaných z režimu CES.

Na rybníku Nesyt probíhalo kroužkování v letech 1999–2021 (Obr. 4). Mimo režim CES byla nejvyšší intenzita kroužkování zaznamenána v roce 2002 ($n = 16$ kroužkovacích dnů), naopak nejnižší intenzita byla zaznamenána v roce 2009 ($n = 10$ kroužkovací den) (Obr. 5).

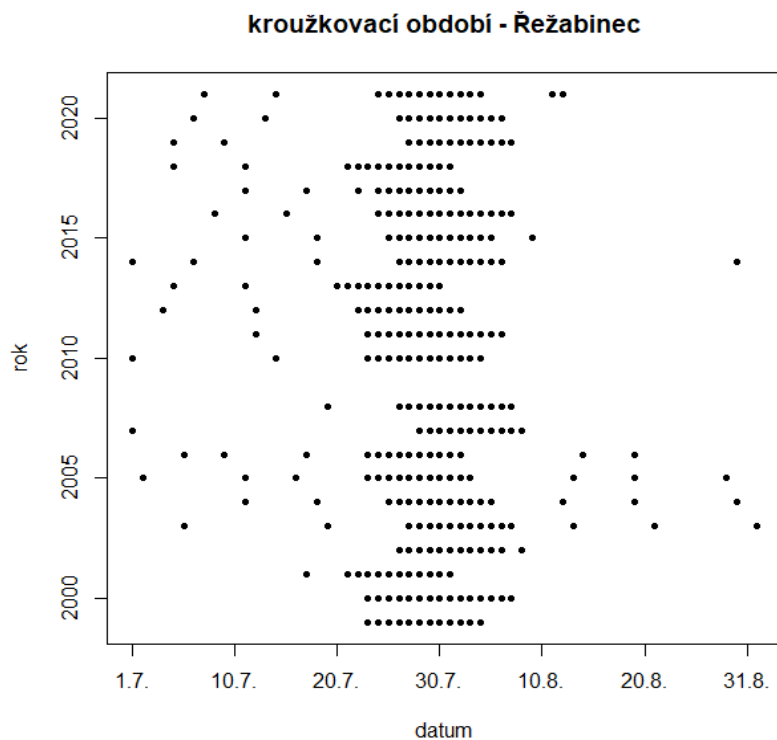


Obr. 4: Sezonní přehled kroužkovacích dnů v jednotlivých letech v období 1999–2021 na rybníku Nesyt.

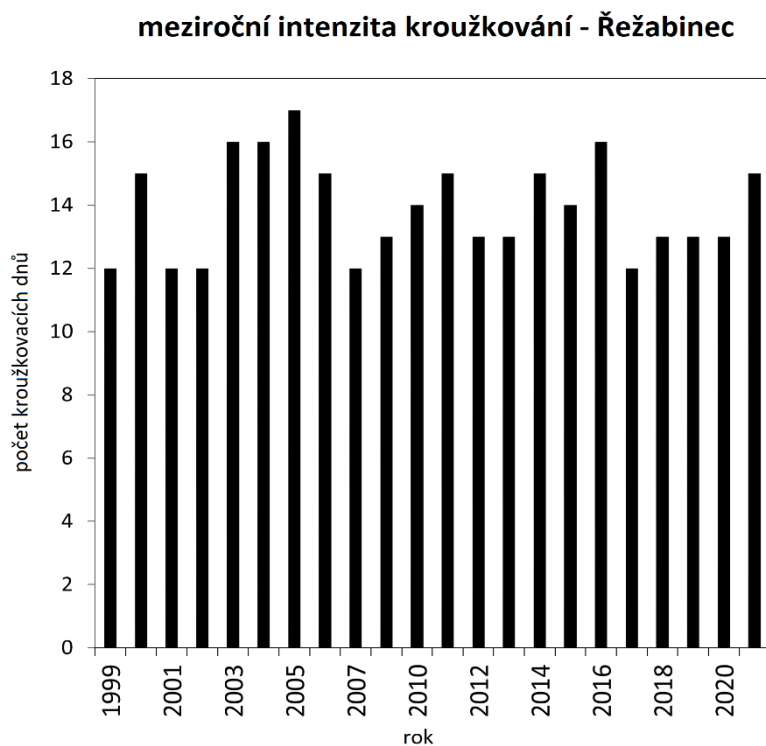


Obr. 5: Roční přehled počtu kroužkovacích dnů v období 1999–2021 na rybníku Nesyt.

Na rybníku Řežabinec probíhalo kroužkování v letech 1999–2021 (Obr. 6). Mimo režim CES byla nejvyšší intenzita kroužkování zaznamenána v roce 2005 (n = 17 kroužkovacích dnů), naopak nejnižší intenzita byla zaznamenána v letech 1999, 2001, 2002, 2007 a 2017 (n = 12 kroužkovacích dnů) (Obr. 7).

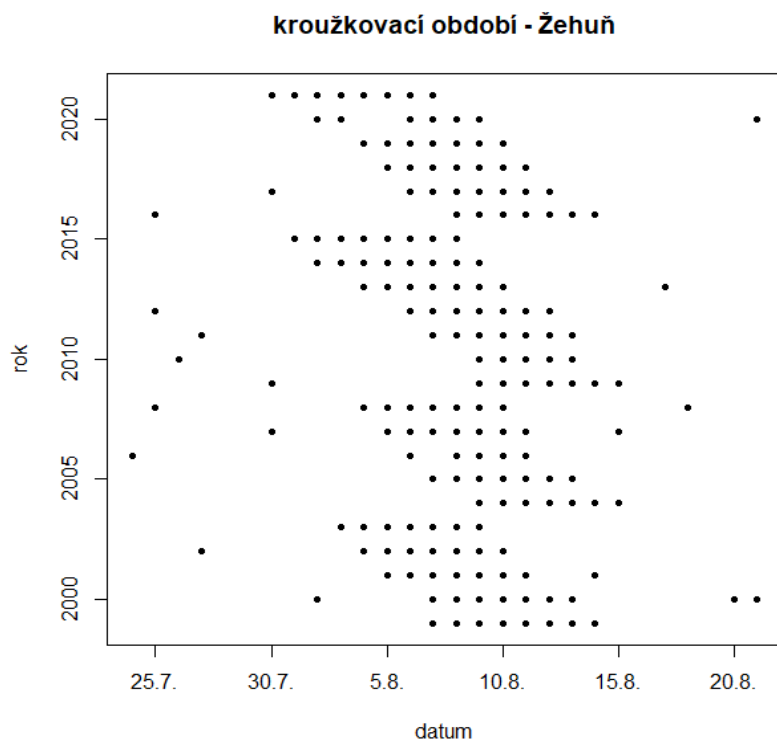


Obr. 6: Sezonní přehled kroužkovacích dnů v jednotlivých letech v období 1999–2021 na rybníku Řežabinec.

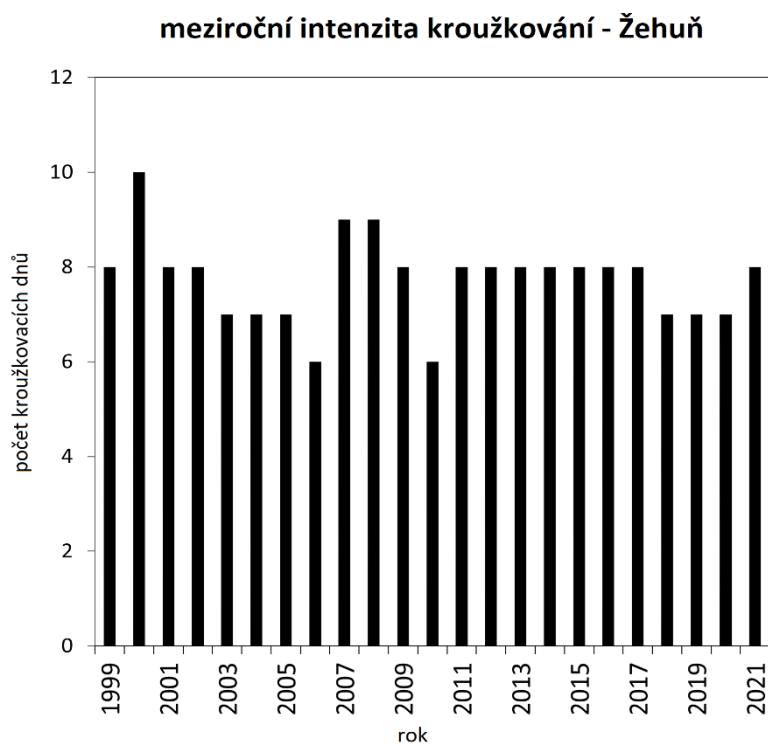


Obr. 7: Přehled celkového počtu kroužkovacích dnů v jednotlivých letech v období 1999–2021 na rybníku Řežabinec.

Na Žehuňském rybníku probíhalo kroužkování v letech 1999–2021 (Obr. 8). Mimo režim CES byla nejvyšší intenzita kroužkování zaznamenána v roce 2000 ($n = 10$ kroužkovacích dnů), naopak nejnižší intenzita byla zaznamenána v roce 2006 ($n = 6$ kroužkovací den) (Obr. 9).



Obr. 8: Přehled rozmezí dat kroužkování v jednotlivých letech v období 1999–2021 na Žehuňském rybníku.

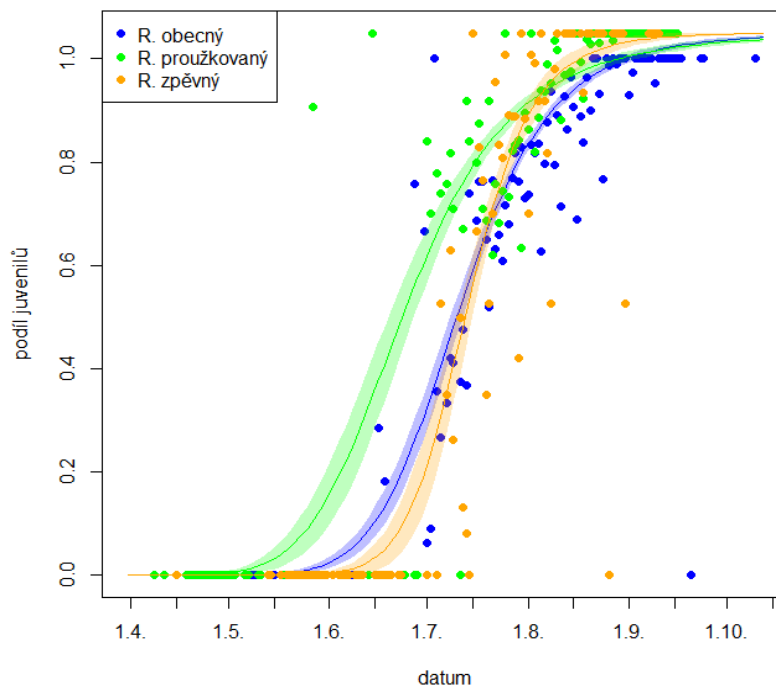


Obr. 9: Přehled celkového počtu kroužkovacích dnů v jednotlivých letech v období 1999–2021 na Žehuňském rybníku.

3.2 Fenologie na Bohdanečsku

3.2.1 Mezidruhové srovnání v časování vyvádění juvenilů

Rákosník proužkovaný ($t = 43.5$, $p < 0.001$, $\beta \pm SE = 85.83 \pm 1.97$) vyvádí juvenilily dříve než rákosník obecný ($t = 110.1$, $p < 0.001$, $\beta \pm SE = 102.42 \pm 0.93$) a rákosník zpěvný ($t = 87.7$, $p < 0.001$, $\beta \pm SE = 104.53 \pm 1.19$) (Obr. 10). Z obr. 10 je patrné, že období vyvádění juvenilů je u rákosníka proužkovaného méně synchronizované než u ostatních dvou druhů.



Obr. 10: Srovnání predikcí nárůstů podílu juvenilů rákosníka obecného, rákosníka proužkovaného a rákosníka zpěvného v Bohdanečské populaci dle modelu logistické regrese zohledňující vliv data v sezoně v období 1960–2015.

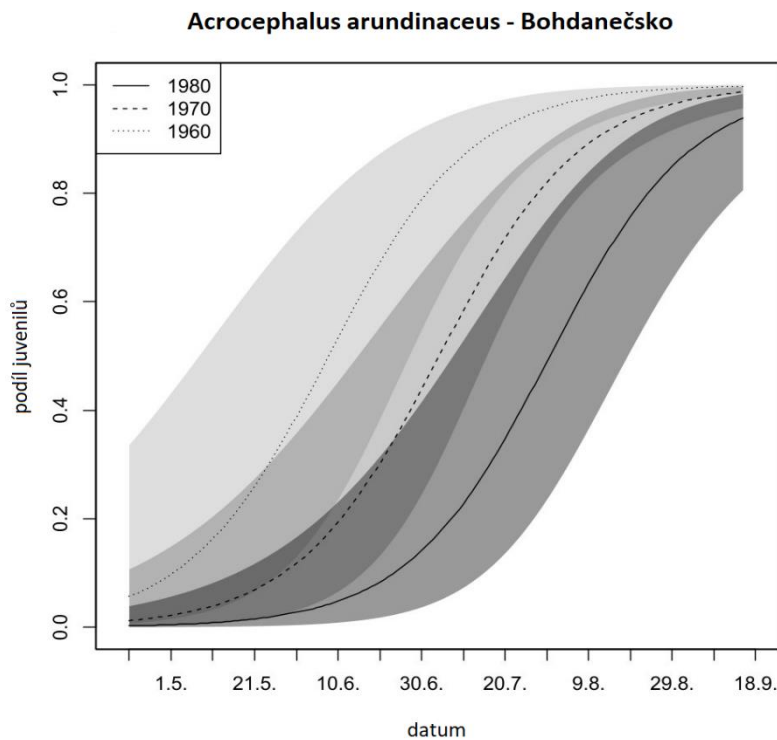
3.2.2 Trendy v časování vyvádění juvenilů

Rákosník velký

Kroužkování (celkový počet okroužkovaných dospělců $n = 29$ a juvenilů $n = 139$) probíhalo na Bohdanečsku od dubna do září během let 1960–1982. Během tohoto studovaného období se počátek vyvádění juvenilů (projevující se podílem odchycených juvenilů) a konec období vyvádění juvenilů posunuly k pozdějšímu datu v sezoně (Tab. 2, Obr. 11). Model zohledňující interakci mezi vlivem roku a sezony nebyl v porovnání s aditivním modelem statisticky podpořen ($LR = 0,02$, $p = 0,89$). Délka období vyvádění juvenilů se tedy během let nezměnila (Tab. 2, Obr. 11).

Faktor	Odds Ratio	95 % CI	p
Rákosník velký			
<i>rok</i>	0,86	0,77; 0,94	0,001
<i>datum</i>	1,06	1,04; 1,09	<0.001
Rákosník proužkovaný			
<i>rok</i>	0,98	0,97; 0,99	<0.001
<i>datum</i>	1,06	1,05; 1,06	<0.001
Rákosník obecný			
<i>rok</i>	1,07	1,02; 1,12	0,004
<i>datum</i>	3,33	1,61; 7,06	0,001
<i>rok*datum</i>	1,00	1,00; 1,00	0,002
Rákosník zpěvný			
<i>rok</i>	1,03	1,01; 1,06	0,010
<i>datum</i>	1,10	1,09; 1,12	<0.001

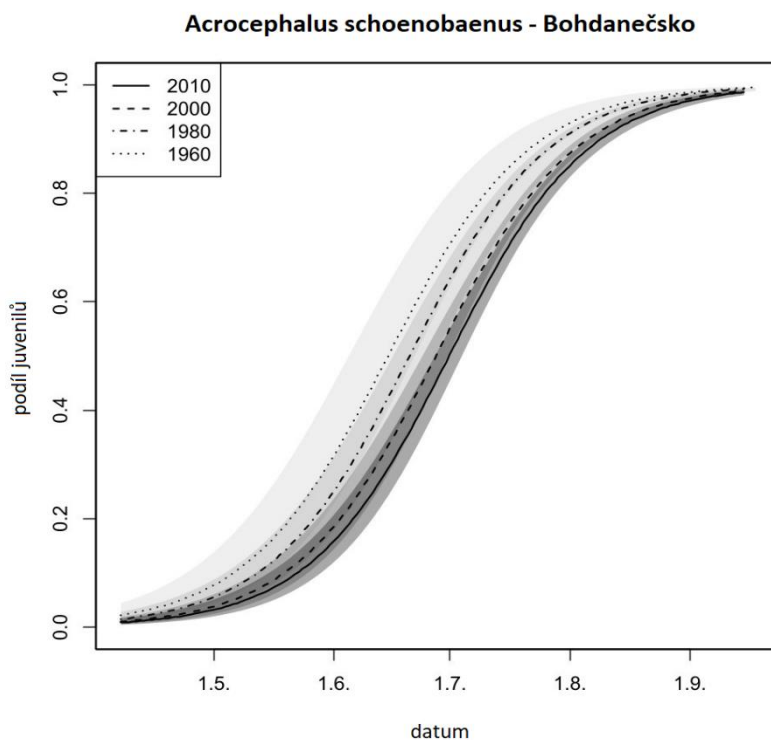
Tab. 2: Výsledky modelů logistické regrese na vliv roku, data v sezoně a jejich interakce na podíl okroužkovaných juvenilů v populaci 4 druhů rákosníků na lokalitě Bohdanečsko. CI = interval spolehlivosti.



Obr. 11: Predikce sezonního nárůstu podílu juvenilů rákosníka velkého v Bohdanečské populaci dle modelu logistické regrese zohledňující vliv roku a data v sezoně. Zobrazena predikce pro rok 1960, 1970 a 1980 s příslušnými 95 % intervaly spolehlivosti.

Rákosník proužkovaný

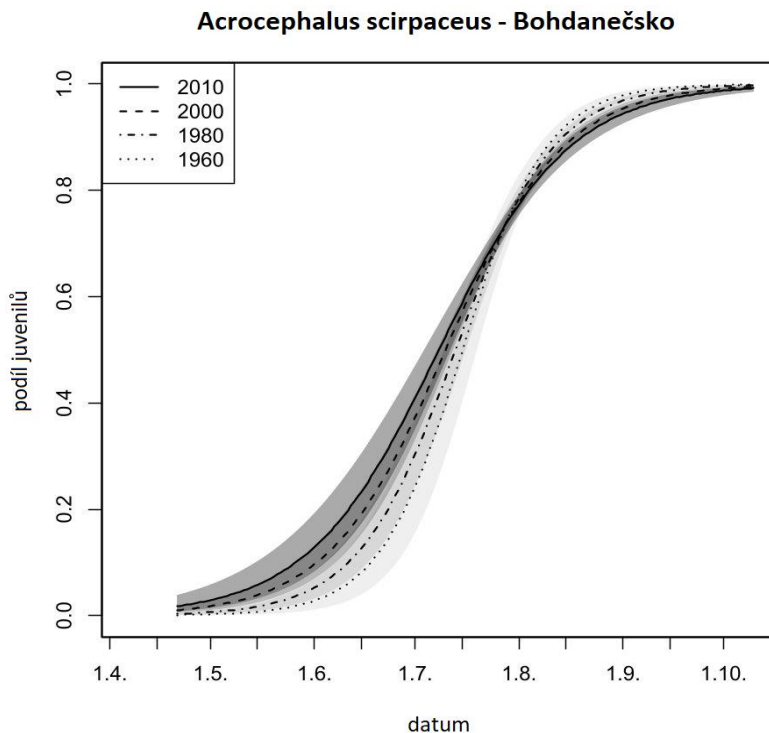
Kroužkování (celkový počet okroužkovaných dospělců $n = 526$ a juvenilů $n = 2354$) probíhalo na Bohdanečsku od dubna do září během let 1960–2011. Během tohoto období se počátek vyvádění juvenilů (projevující se podílem odchycených juvenilů) a konec období vyvádění juvenilů posunuly k pozdějšímu datu v sezoně (Tab. 2, Obr. 12). Zohlednění interakce mezi vlivem roku a sezony nebylo v aditivním modelu statisticky podpořeno ($LR = 0.006$, $p = 0.94$) a ve studovaném období nedošlo k změně délky období vyvádění juvenilů (Tab. 2, Obr. 12).



Obr. 12: Predikce sezonního nárůstu podílu juvenilů rákosníka proužkovaného v Bohdanečské populaci dle modelu logistické regrese zohledňující vliv roku a data v sezoně. Zobrazena predikce pro rok 1960, 1980, 2000 a 2010 s příslušnými 95 % intervaly spolehlivosti.

Rákosník obecný

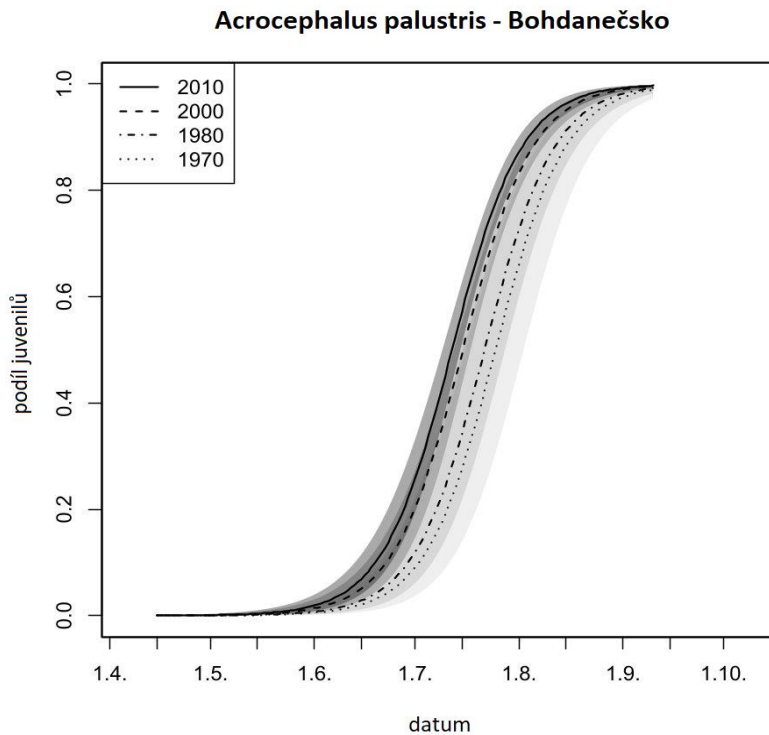
Kroužkování (celkový počet okroužkovaných dospělců $n = 996$ a juvenilů $n = 3934$) probíhalo na Bohdanečsku od dubna do října během let 1960–2011. Počátek vyvádění juvenilů (projevující se nárůstem podílu odchycených juvenilů) se během let posunul k časnějšímu datu v sezoně a konec období vyvádění juvenilů se posunul k pozdějšímu datu v sezoně, což vedlo k celkovému prodloužení období vyvádění juvenilů (Tab. 2, Obr. 13).



Obr. 13: Predikce sezonního nárůstu podílu odchycených juvenilů rákosníka obecného v Bohdanečské populaci dle modelu logistické regrese zohledňující vliv roku, data v sezoně a jejich interakce. Zobrazena predikce pro rok 1960, 1980, 2000 a 2010 s příslušnými 95 % intervaly spolehlivosti.

Rákosník zpěvný

Kroužkování (celkový počet okroužkovaných dospělců $n = 414$ a juvenilů $n = 574$) probíhalo na Bohdanečsku od dubna do září během let 1961–2015. Během tohoto studovaného období se počátek vyvádění juvenilů (projevující se podílem odchycených juvenilů) a konec období vyvádění juvenilů posunuly k časnějšímu datu v sezoně (Tab. 2, Obr. 14), Model zohledňující interakci mezi vlivem roku a sezony nebyl v porovnání s aditivním modelem statisticky podpořen ($LR = 0,09$, $p = 0,76$). Délka období vyvádění juvenilů se tedy během let nezměnila (Tab. 2, Obr. 14).

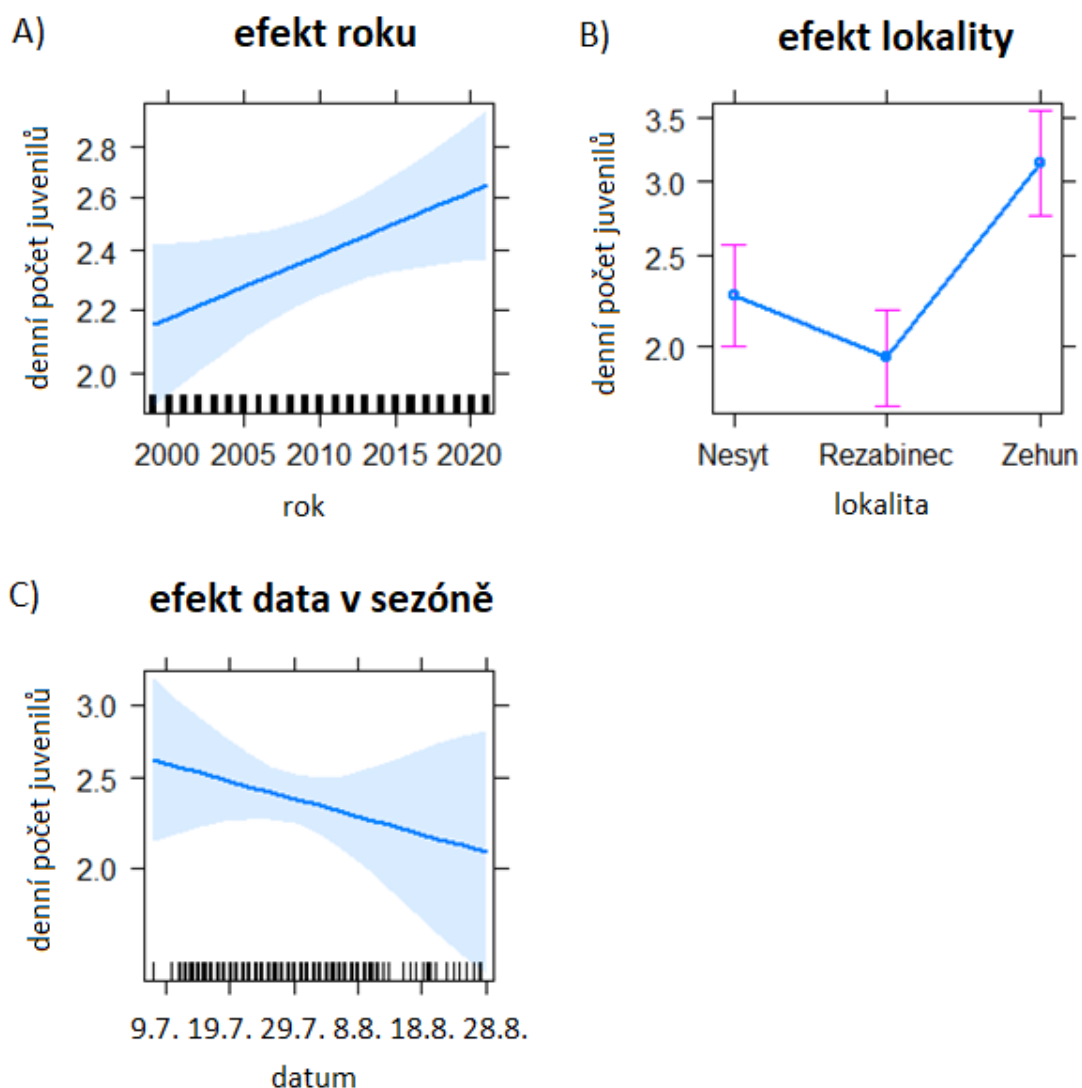


Obr. 14: Predikce sezonního nárůstu podílu juvenilů rákosníka zpěvného v Bohdanečské populaci dle modelu logistické regrese zohledňující vliv roku a data v sezoně. Zobrazena predikce pro rok 1970, 1980, 2000 a 2010 s příslušnými 95 % intervaly spolehlivosti.

3.3 Produktivita

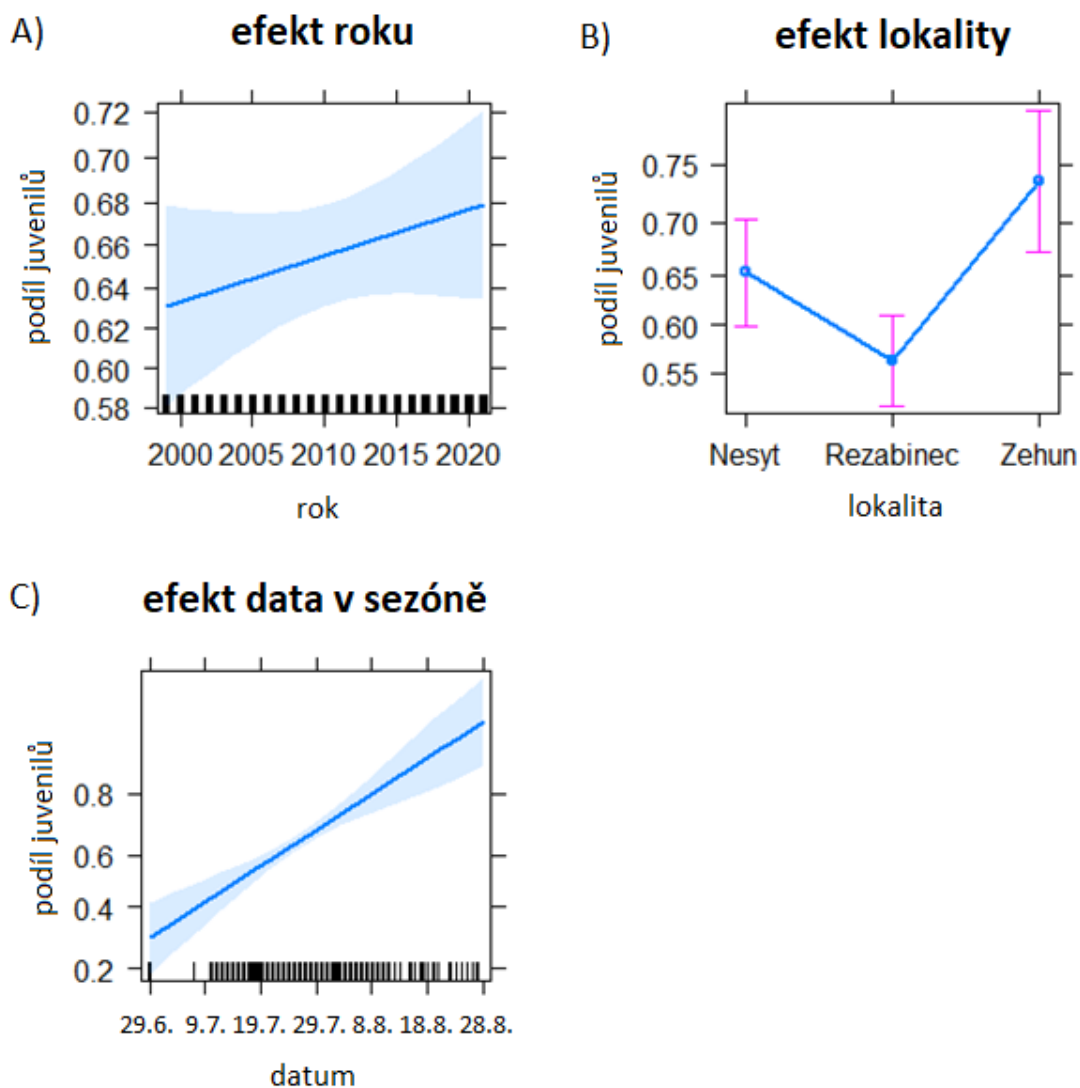
Rákosník velký

Kroužkování (celkový počet okroužkovaných dospělců $n = 641$ a juvenilů $n = 1131$) probíhalo na rybníku Nesyt, rybníku Řežabinec a Žehuňském rybníku od července do srpna během let 1999–2021. Výsledky Poissonovy regrese prokázaly statisticky průkazný meziroční nárůst průměrného počtu denně okroužkovaných juvenilů vliv roku ($p = 0.039$, $\beta = 0.009 \pm 0.006$; obr. 15–A). Během hnízdní sezony nebyl zaznamenán žádný trend v průměrném počtu denně okroužkovaných juvenilů ($p = 0.358$, $\beta = -0.004 \pm 0.005$; obr. 15–C). Vzhledem k referenční hodnotě na rybníku Nesyt byl denní počet juvenilů vyšší na Žehuňském rybníku ($p = 0.003$, $\beta = 0.325 \pm 0.109$). Naopak na rybníku Řežabinec byl v porovnání s rybníkem Nesyt průměrný denní počet kroužkovaných juvenilů statisticky průkazně nižší ($p = 0.092$, $\beta = -0.152 \pm 0.09$; obr. 15–B).



Obr. 15: Denní počet juvenilů rákosníka velkého dle modelu Poissonovy regrese zohledňující vliv roku (A), lokality (B) a data v sezóně (C). Zobrazen je fit Poissonovy regrese s 95 % intervalem spolehlivosti.

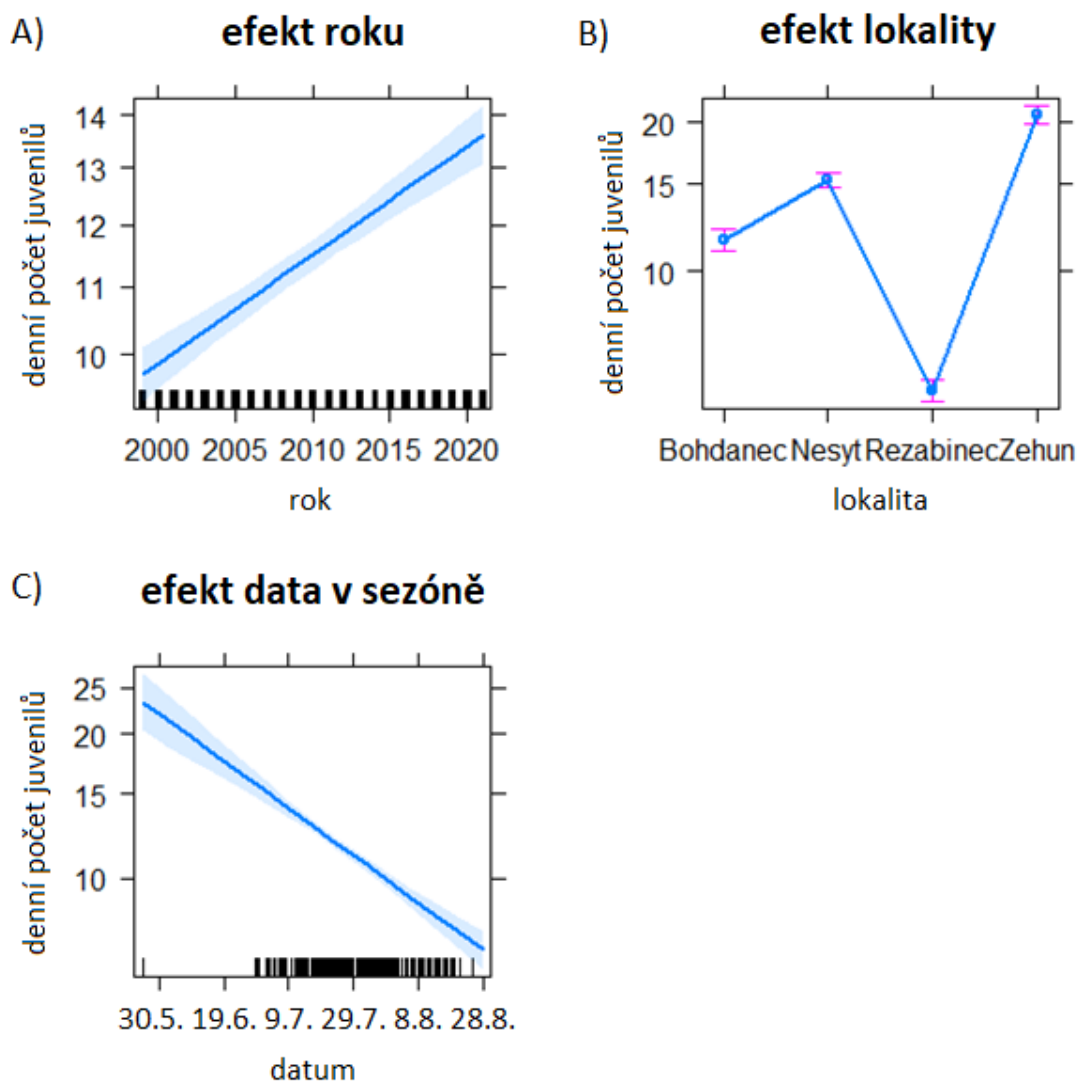
Výsledky analýzy pomocí logistické regrese neprokázaly statisticky průkazný meziroční trend v podílu okroužkovaných juvenilů z celkového počtu kroužkovaných jedinců ($p = 0.238$, $\beta = 0.01 \pm 0.008$; obr. 16–A). Během sezony podíl okroužkovaných juvenilů rostl ($p < 0.001$, $\beta = 0.059 \pm 0.01$; obr. 16–C). Vzhledem k referenční hodnotě na rybníku Nesyt byl podíl juvenilů průkazně vyšší na Žehuňském rybníku ($p = 0.102$, $\beta = 0.39 \pm 0.238$). Naopak na rybníku Řezabinec byl v porovnání s rybníkem Nesyt podíl juvenilů statisticky průkazně nižší ($p = 0.022$, $\beta = -0.381 \pm 0.166$; obr. 16–B).



Obr. 16: Podíl juvenilů rákosníka velkého dle modelu logistické regrese zohledňující vliv roku (A), lokality (B) a data v sezóně (C). Zobrazen je fit logistické regrese s 95 % intervalem spolehlivosti.

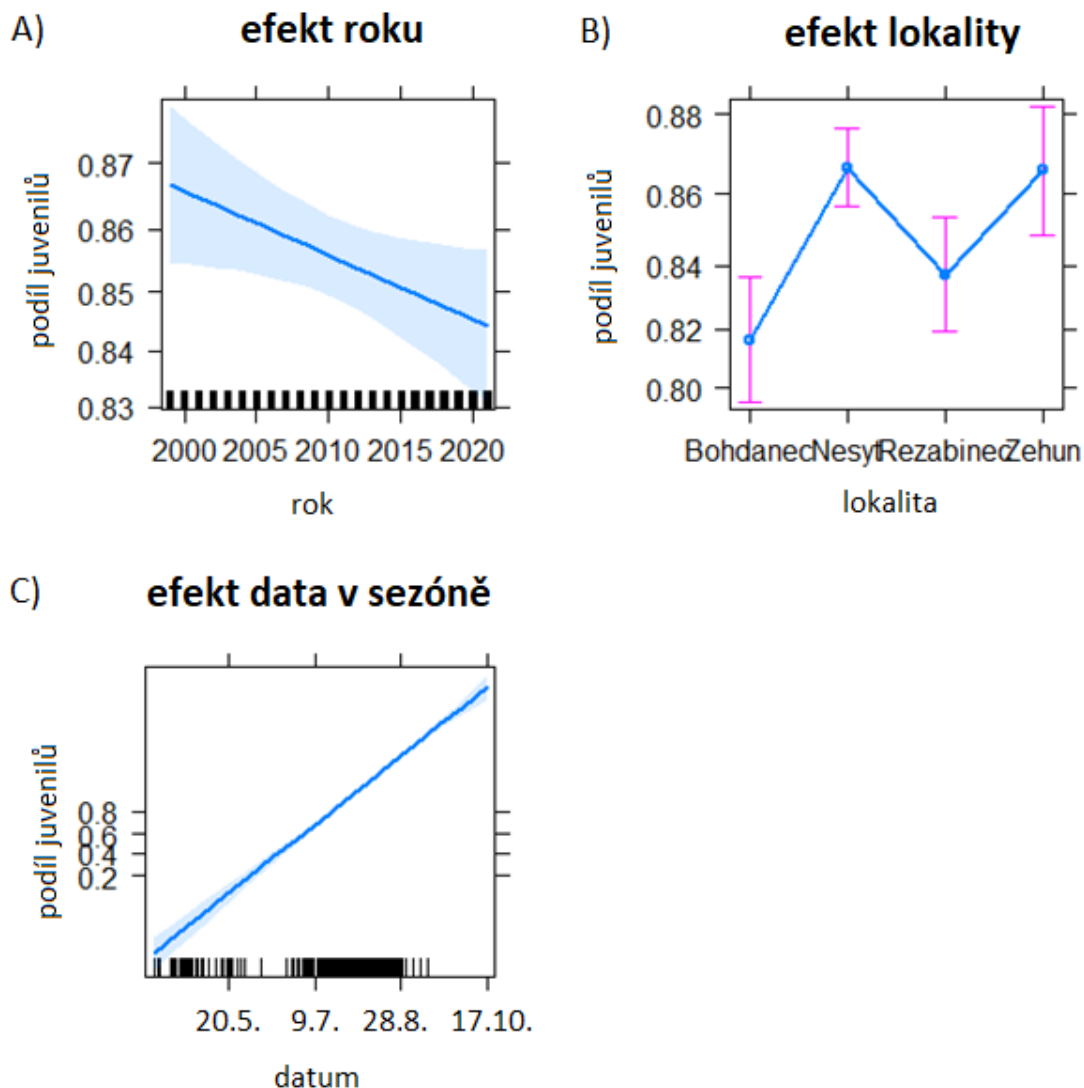
Rákosník proužkováný

Kroužkování (celkový počet okroužkovaných dospělců $n = 2114$ a juvenilů $n = 10917$) probíhalo na Bohdanečsku, rybníku Nesyt, rybníku Řežabinec a Žehuňském rybníku od července do srpna během let 1999–2021. Výsledky Poissonovy regrese prokázaly statisticky průkazný meziroční nárůst průměrného počtu denně okroužkovaných juvenilů ($p < 0.001$, $\beta = 0.015 \pm 0.002$; obr. 17–A). Během hnízdní sezony docházelo ke zřetelnému a velmi silnému poklesu průměrného počtu denně okroužkovaných juvenilů ($p < 0.001$, $\beta = -0.011 \pm 0.001$; obr. 17–C). Vzhledem k referenční hodnotě na Bohdanečsku byl denní počet juvenilů vyšší na Žehuňském rybníku ($p < 0.001$, $\beta = 0.582 \pm 0.034$) a rybníku Nesyt ($p < 0.001$, $\beta = 0.277 \pm 0.034$). Naopak na rybníku Řežabinec byl v porovnání s Bohdanečskem průměrný denní počet kroužkovaných juvenilů statisticky průkazně nižší ($p < 0.001$, $\beta = -0.7 \pm 0.038$; obr. 17–B).



Obr. 17: Denní počet okroužkovaných juvenilů rákosníka proužkovaného dle modelu Poissonovy regrese zohledňující vliv roku (A), lokality (B) a data v sezóně (C). Zobrazen je fit Poissonovy regrese s 95 % intervalem spolehlivosti.

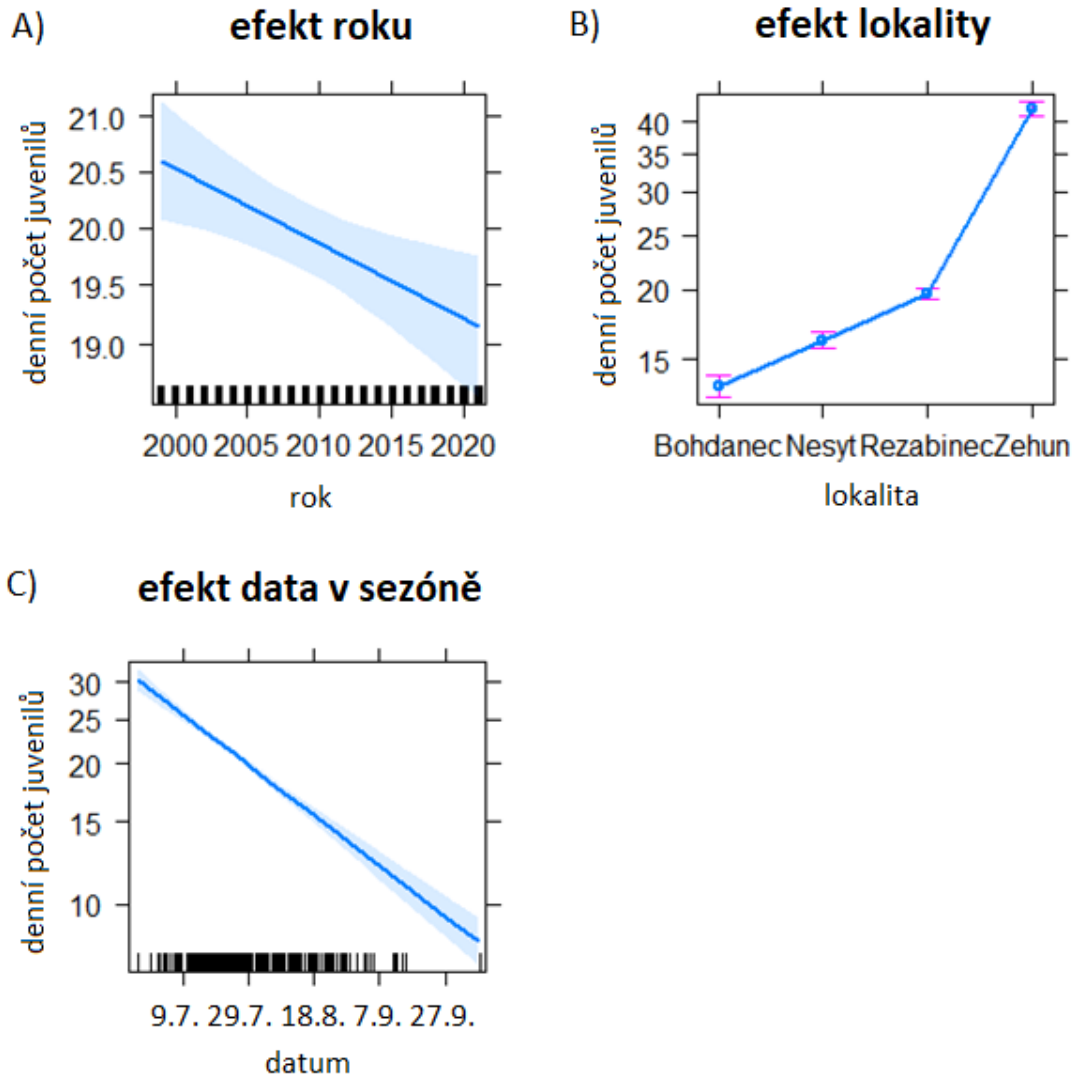
Výsledky analýzy pomocí logistické regrese prokázaly statisticky průkazný meziroční pokles v podílu okroužkovaných juvenilů z celkového počtu kroužkovaných jedinců ($p = 0.003$, $\beta = -0.008 \pm 0.004$; obr. 18–A). Během sezony podíl okroužkovaných juvenilů rostl ($p < 0.001$, $\beta = 0.059 \pm 0.003$; obr. 18–C). Vzhledem k referenční hodnotě na Bohdanečsku byl podíl juvenilů průkazně vyšší na Žehuňském rybníku ($p < 0.001$, $\beta = 0.374 \pm 0.106$), rybníku Nesyt ($p < 0.001$, $\beta = 0.381 \pm 0.079$) a rybníku Řežabinec ($p = 0.132$, $\beta = 0.144 \pm 0.096$; obr. 18–B).



Obr. 18: Podíl juvenilů rákosníka prouzkouvaného dle modelu logistické regrese zohledňující vliv roku (A), lokality (B) a data v sezóně (C). Zobrazen je fit logistické regrese s 95 % intervalem spolehlivosti.

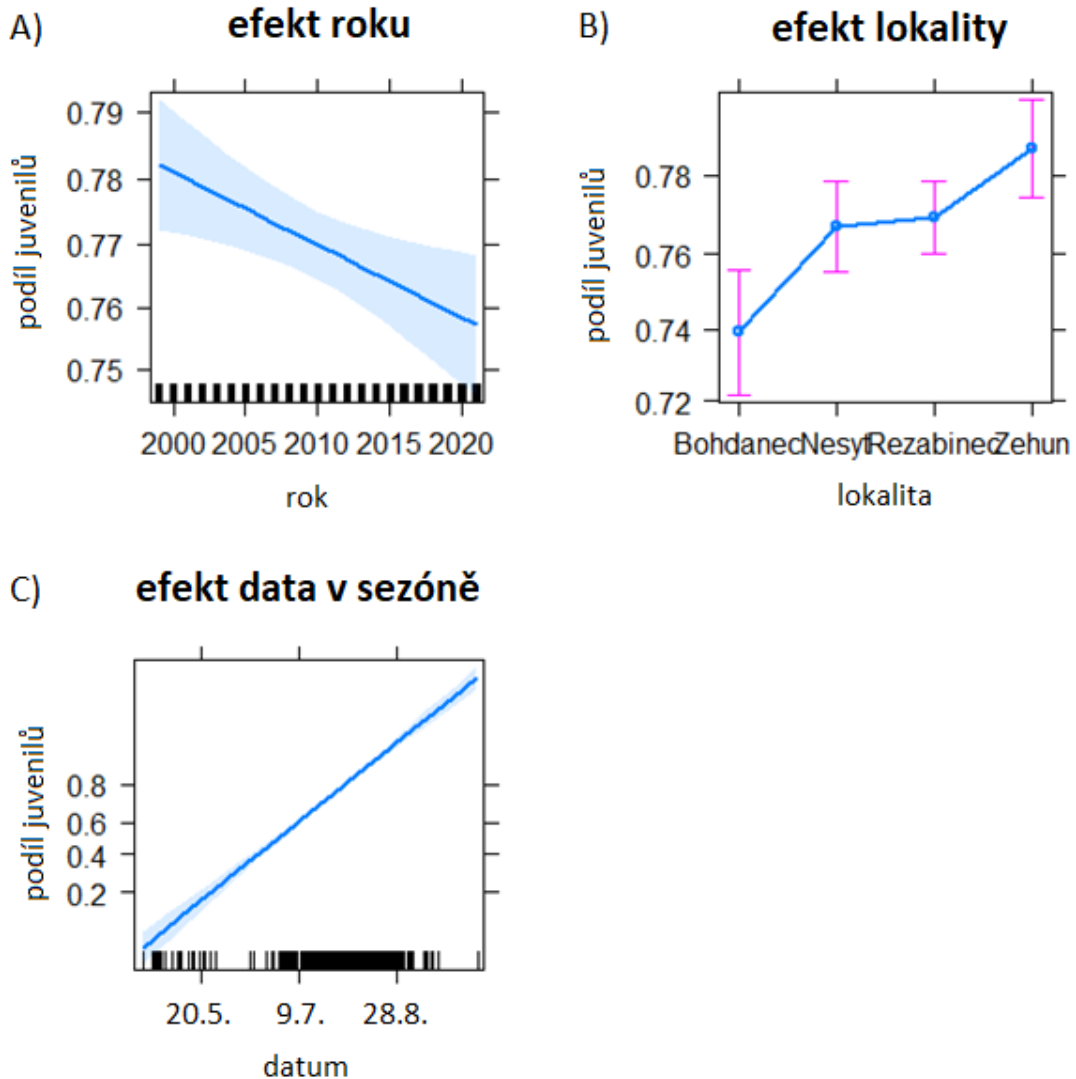
Rákosník obecný

Kroužkování (celkový počet okroužkovaných dospělců $n = 6280$ a juvenilů $n = 19978$) probíhalo na Bohdanečsku, rybníku Nesyt, rybníku Řezabinec a Žehuňském rybníku od července do srpna během let 1999–2021. Výsledky Poissonovy regrese prokázaly statisticky průkazný meziroční pokles průměrného počtu denně okroužkovaných juvenilů ($p = 0.003$, $\beta = -0.003 \pm 0.001$; obr. 19–A). Během hnízdní sezony docházelo ke zřetelnému a velmi silnému poklesu průměrného počtu denně okroužkovaných juvenilů ($p < 0.001$, $\beta = -0.012 \pm 0.001$; obr. 19–C). Vzhledem k referenční hodnotě na Bohdanečsku byl denní počet juvenilů vyšší na Žehuňském rybníku ($p < 0.001$, $\beta = 1.144 \pm 0.025$), rybníku Řezabinec ($p < 0.001$, $\beta = 0.381 \pm 0.026$) a rybníku Nesyt ($p < 0.001$, $\beta = 0.190 \pm 0.028$; obr. 19–B).



Obr. 19: Denní počet juvenilů rákosníka obecného dle modelu Poissonovy regrese zohledňující vliv roku (A), lokality (B) a data v sezóně (C). Zobrazen je fit Poissonovy regrese s 95 % intervalem spolehlivosti.

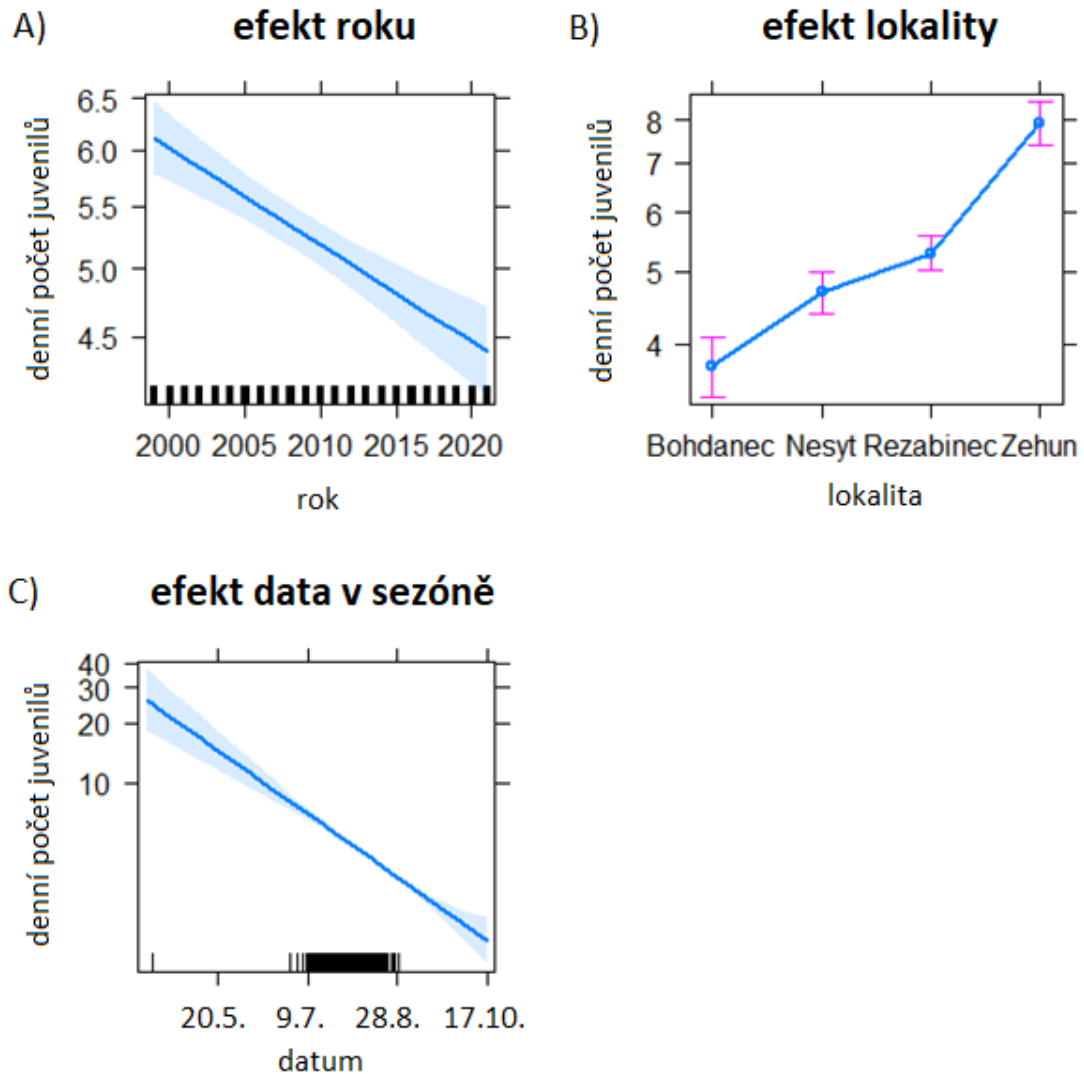
Výsledky analýzy pomocí logistické regrese prokázaly statisticky průkazný meziroční pokles v podílu okroužkovaných juvenilů z celkového počtu kroužkovaných jedinců ($p = 0.007$, $\beta = -0.006 \pm 0.002$; obr. 20–A). Během sezony podíl okroužkovaných juvenilů rostl ($p < 0.001$, $\beta = 0.041 \pm 0.002$; obr. 20–C). Vzhledem k referenční hodnotě na Bohdanečsku byl podíl juvenilů průkazně vyšší na Žehuňském rybníku ($p < 0.001$, $\beta = 0.261 \pm 0.059$), rybníku Řezabinec ($p = 0.002$, $\beta = 0.163 \pm 0.053$) a rybníku Nesyt ($p = 0.006$, $\beta = 0.151 \pm 0.05$; obr. 20–B).



Obr. 20: Podíl juvenilů rákosníka obecného dle modelu logistické regrese zohledňující vliv roku (A), lokality (B) a data v sezóně (C). Zobrazen je fit logistické regrese s 95 % intervalem spolehlivosti.

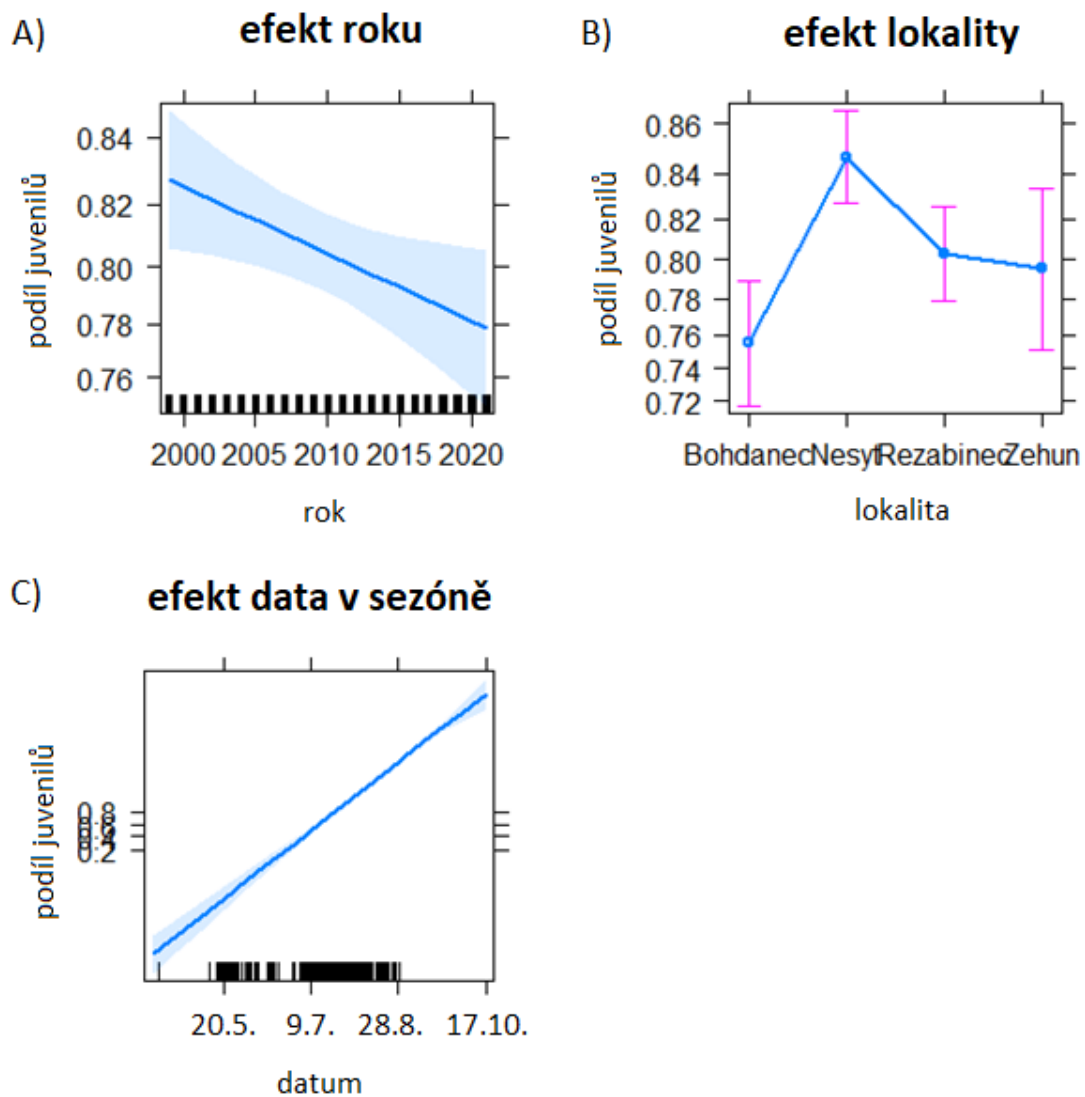
Rákosník zpěvný

Kroužkování (celkový počet okroužkovaných dospělců $n = 1079$ a juvenilů $n = 3968$) probíhalo na Bohdanečsku, rybníku Nesyt, rybníku Řezabinec a Žehuňském rybníku od července do srpna během let 1999–2021. Výsledky Poissonovy regrese prokázaly statisticky průkazný meziroční pokles průměrného počtu denně okroužkovaných juvenilů ($p < 0.001$, $\beta = -0.015 \pm 0.002$; obr. 21–A). Během hnízdní sezony docházelo ke zřetelnému a velmi silnému poklesu průměrného počtu denně okroužkovaných juvenilů ($p < 0.001$, $\beta = -0.015 \pm 0.002$; obr. 21–C). Vzhledem k referenční hodnotě na Bohdanečsku byl denní počet juvenilů vyšší na Žehuňském rybníku ($p < 0.001$, $\beta = 0.752 \pm 0.061$), rybníku Řezabinec ($p < 0.001$, $\beta = 0.351 \pm 0.055$) a rybníku Nesyt ($p < 0.001$, $\beta = 0.229 \pm 0.056$; obr. 21–B).



Obr. 21: Denní počet juvenilů rákosníka zpěvného dle modelu Poissonovy regrese zohledňující vliv roku (A), lokality (B) a data v sezóně (C). Zobrazen je fit Poissonovy regrese s 95 % intervalem spolehlivosti.

Výsledky analýzy pomocí logistické regrese prokázaly statisticky průkazný meziroční pokles v podílu okroužkovaných juvenilů z celkového počtu kroužkovaných jedinců ($p=0.02$, $\beta= -0.014 \pm 0.006$; obr. 22–A). Během sezony podíl okroužkovaných juvenilů rostl ($p < 0.001$, $\beta = 0.099 \pm 0.007$; obr. 22–C). Vzhledem k referenční hodnotě na Bohdanečsku byl podíl juvenilů průkazně vyšší na rybníku Nesyt ($p < 0.001$, $\beta = 0.583 \pm 0.116$), rybníku Řežabinec ($p = 0.027$, $\beta = 0.282 \pm 0.128$) a Žehuňském rybníku ($p = 0.181$, $\beta = 0.234 \pm 0.175$) (Obr. 22–B).



Obr. 22: Podíl juvenilů rákosníka zpěvného dle modelu logistické regrese zohledňující vliv roku (A), lokality (B) a data v sezóně (C). Zobrazen je fit logistické regrese s 95 % intervalem spolehlivosti.

4 Diskuse

Změna klimatu ovlivnila fenologii široké škály druhů. Rozdílnost těchto fenologických změn lze zaznamenat na úrovni druhů, ale také populací v rámci jednoho druhu (Visser & Both 2005). Ptáci obecně uspíšili datum své první snůšky (Crick et al. 1997, Dunn 2004). Během studovaného období se hnízdní sezona u všech studovaných druhů rákosníků změnila. Zaznamenala jsem posun k dřívějšímu datu první snůšky u rákosníka obecného a rákosníka zpěvného. Takové změny v hnízdní sezoně byly zaznamenány pro rákosníka obecného na Miliczských rybnících na jihozápadě Polska ve studii Halupky et al. (2008), kde v roce 2005 a 2006 byla snůška započata o 3 týdny dříve než v roce 1970 a medián data prvního vejce se posunul o 18 dní. Stejně tak studie v severním Bavorsku Schaefera et al. (2006) prokázala posun k dřívějšímu datu snůšky u rákosníka obecného o 15 dní v letech 1973–2003. Zaznamenala jsem také posun k pozdějšímu datu konce vyvádění juvenilů u rákosníka obecného, což má za následek prodloužení období vyvádění juvenilů tohoto druhu. Prodloužení období rozmnožování (od postavení prvního hnízda po ukončení péče o poslední juvenil/ neúspěch posledního hnízda) o 2 týdny bylo prokázáno také v letech 1980–1983 a 2005–2012 na Miliczských rybnících na jihozápadě Polska ve studii Halupky et al. (2021). Ovšem na délku období rozmnožování, které je definované jako čas, kdy lze zaznamenat juvenil na hnízdě, má vliv např. predace, počet snůšek a hnízdní úspěšnost. Kvůli ztrátám na hnízdě, způsobené převážně predátory, může rákosník obecný znovu zahnízdit a naklást až 5 snůšek za sezonu a několik párů je schopno úspěšně odchovat až dvě mláďata během období rozmnožování (Schulze-Hagen 1991). Naopak v mé práci jsem zaznamenala posun k pozdějšímu datu první snůšky u rákosníka proužkovaného a rákosníka velkého. Zpožděním jarního příletu a začátku rozmnožování v Evropě se zabývá práce Tøttrup et al. (2012). V roce 2011 došlo k opoždění příletu transsaharských stěhovavých druhů ťuhýka obecného *Lanius collurio* a slavíka tmavého *Luscinia luscinia* v důsledku období sucha ve východní Africe. Sucho pravděpodobně způsobilo nedostatek potravy, což zpomalilo rychlost doplňování energie, a proto došlo k výraznému prodloužení doby mezipřistání během migrace na sever. Délka mezipřistání může činit 80 % celkové doby migrace, a tak přímo ovlivňuje celkovou rychlost migrace a datum příletu, což má důležité důsledky na reprodukční úspěch na hnízdišti, včetně časování kladení vajec a nepřímo tedy vyvádění juvenilů (Møller 1994, Hedenström & Alerstam 1997). Na změny termínu zahájení snůšky a parametrů chovu mají průkazný vliv klimatické faktory. Golawski & Golawska (2023) ve své studii v okolí města Siedlce ve východním Polsku v letech 1999–2003 a 2012–2021 prokázali u ťuhýka obecného posun k pozdějšímu datu snůšky o 5,03 dne vlivem nárůstu srážek. Nepříznivé klimatické podmínky (nižší teplota, vyšší úhrn srážek) může zvýšit energetické náklady na termoregulaci u samic nebo zapříčinit snížení dostupnosti potravy vlivem zpožděného vývoje hmyzu (Stevenson & Bryant 2000, Vicens & Bosch 2000). Snížená dostupnost potravy má poté výrazný vliv na kondici samic a může vést k

oddálení hnízdění a změně chovných parametrů (Tryjanowski et al. 2004). Zpoždění snůšek může také ovlivnit zpomalený vývoj gonád v důsledku nepříznivého a chladného počasí (Dawson 2015).

Při porovnání fenologie tří vybraných druhů jsem zaznamenala, že rákosník proužkovaný vyvádí juvenilů (tj. hnízdí) dříve než rákosník obecný a rákosník zpěvný. To je v souladu s popisem časování hnízdění dotčených druhů dle Hudce et al. (2011). Zjištěné rozdíly v načasování hnízdění mezi studovanými druhy pravděpodobně souvisí s různými fázemi vývoje rákosu pro stavbu hnízda. Ve studii Honzi & Literáka (1997) byla vertikální distribuce hnízd podobná. Nejvíce jedinců bylo odchyceno ve výšce 0,9 m, což odpovídalo třetímu patru ze čtyřech sledovaných. Pouze rákosník proužkovaný byl odchycen ve vyšším počtu v nejnižším patře (0,3 m) oproti ostatním druhům. To potvrzuje také studie Catchpola (1973), kde byla střední výška hnízda rákosníka proužkovaného 0,34 m a 54 % hnízd se nacházelo na zemi nebo blízko země. U rákosníka obecného byla střední výška hnízda 0,61 m a pouze 20 % hnízd se nacházelo na zemi nebo blízko země. Leisler (1975) poukázal u rákosníka obecného a rákosníka proužkovaného na největší překrývání přirozených stanovišť ze všech studovaných druhů. Proto lze mezi těmito druhy předpokládat, že bude docházet k mezidruhové konkurenci. Rákosník obecný je silně dominantní nad rákosníkem proužkovaným v jeho optimálním prostředí, kde se obvykle nerozmnožuje, ale běžně se snaží založit své teritorium. Proto rákosník proužkovaný může být vytěsněn rákosníkem obecným z jeho původního území (Svensson 1978, Murray 1988). Catchpole (1973) zjistil, že více juvenilů rákosníka proužkovaného bylo vyprodukováno v první polovině hnízdní sezony, zatímco více juvenilů rákosníků obecných bylo vyprodukováno ve druhé polovině. Vzhledem k tomu, že se tyto dva druhy v oblastech shánění potravy a lovení kořisti poněkud překrývají, může dočasné oddělení produkce juvenilů napomoci koexistenci ve stejné oblasti.

Velká část prací předpokládá výrazný nárůst ve velikosti snůšky v důsledku posunu ve fenologii hnízdění (Winkler et al. 2002, Dunn 2004, Dunn et al. 2014). Dříve hnízdící ptáci mohou využít delší vegetační období, jelikož využívají více potravních zdrojů, snášejí více snůšek, a proto ročně produkují více potomků (Halupka et al. 2008). Dunn (2004) našel také pozitivní vztah mezi teplotou a vyšší hnízdní úspěšností, jelikož vyšší jarní teploty mohou vést k větší potravní nabídce. V mé práci jsem zaznamenala nárůst hnízdní produktivity v denním počtu okroužkovaných juvenilů u rákosníka velkého a rákosníka proužkovaného. Nárůst produktivity u rákosníka velkého byl prokázán ve studii Jelínka & Klvani (2019) na 26-ti lokalitách v České republice v letech 2014–2019, kdy byl zaznamenán nárůst hnízdní produktivity o <25 %, a studii Petruse a Vrezece (2022) ve Slovinsku v letech 2000–2016. Studie Dyrce & Czyže (2018) v jihozápadním Polsku prokázala u tohoto druhu stabilní meziroční trend v produktivitě. Objem vajec a velikost snůšky se v letech 1972–2017 nezměnily. Průměrná velikost snůšky byla 4,8. V tomto období nebyly pozorovány žádné trendy v produkci juvenilů ani v úspěšnosti

odchovů. V letech 1997–2017 však bylo pozorováno více případů parazitismu kukačky (7 % ztrát), naopak v letech 1970–1984 bylo pozorováno více případů hladovění juvenilů (10 % ztrát). Nárůst produktivity u rákosníka proužkovaného byl prokázán ve studii Chytila (2009) na rybníku Nesyt v letech 1995–1999. V mé práci jsem však u tohoto druhu zaznamenala negativní meziroční trend v podílu juvenilů. Tento nesoulad v meziroční produktivitě lze vysvětlit rozdílnými přístupy logistické a Poissonovy regrese. Ačkoli produktivita v meziročním denním počtu okroužkovaných juvenilů vzrostla (výsledky Poissonovy regrese), celkový podíl juvenilů ze všech okroužkovaných jedinců zaznamenal negativní trend (výsledky logistické regrese). Toto lze vysvětlit rychlejším meziročním nárůstem průměrného počtu okroužkovaných dospělců. Zda je za možným stárnutím studovaných populací snižující se meziroční přežívání juvenilních jedinců zůstává otázkou k dalšímu bádání.

Visser & Gienapp (2019) ve své studii testovali negativní vztah mezi jarní teplotou a produktivitou a předpokládají, že vyšší teplota jara může vést ke změně mezidruhových interakcí. Jelikož nižší trofické úrovně posouvají svou fenologii rychleji, dochází tak k časové prodlevě mezi vrcholem nabídky potravy pro ptáky a poptávkou po potravě chovných juvenilů, což vede k nižší produktivitě (Ross et al. 2017). S nižší produktivitou souvisí také celosvětový pokles početnosti mokřadních druhů ptáků, protože oteplování klimatu a změny ve využívání půdy ovlivňují jejich vhodná stanoviště (Soultan et al. 2022). Hlavními příčinami globálního úbytku mokřadů je odvodňování a přeměna mokřadů na zemědělskou a lesnickou půdu, což je doprovázeno invazí nepůvodních druhů a eutrofizací (Fraser & Keddy 2005). Největší pokles početnosti zaznamenal u specialistů na mokřady také Petras a Vrezec (2022). V mé práci jsem zaznamenala meziroční pokles hnízdní produktivity v denním počtu i podílu okroužkovaných juvenilů u rákosníka obecného a rákosníka zpěvného. Tyto výsledky u rákosníka obecného souhlasí se studií Petrasy a Vrezece (2022) v letech 2000–2016 a Jelínka & Klvani (2019) v letech 2014–2019, kdy autoři zaznamenali pokles hnízdní produktivity o <25 %. Nejvyšší ztráty na hnízdě jsou způsobeny predací (Honza et al. 1998, Schaefer 2006, Hudec et al. 2011). To je dáno především špatným ukrytím hnízd, jelikož tento druh hnízdí vysoko a je závislý na dostatečném rozvinutí rákosinových porostů (Schulze-Hagen 1996). V rozporu s mými výsledky je nárůst produktivity tohoto druhu zaznamenaný ve studii Halupky et al. (2021), kde samice produkovaly v roce 2000 o 75 % ročně více juvenilů než samice v 80. letech (2,8 oproti 1,6). Podíl samic odchovávajících druhé snůšky se mezi prvním a druhým obdobím studie zvýšil z 2,7 % na 23,6 %, zatímco podíl samic, které ročně neprodukovaly juvenilů, se snížil ze 48,1 % na 15,5 %. Nárůst velikosti snůšky potvrdila také studie Schaefera (2006) v letech 1973–2003, kde se celková reprodukční úspěšnost během sledovaného období zvýšila. Dle Halupky et al. (2008) studované populace rákosníků obecných těží z oteplování klimatu, jelikož delší období rozmnožování má za následek zvýšené možnosti opětovného hnízdění a v teplejších letech jsou raná hnízda lépe chráněna, a proto

jsou ztráty na hnízdech nižší. Oba faktory mají vliv na produktivitu juvenilů během celé hnízdní sezony a mohou vést ke zvýšení hnízdní úspěšnosti. Pokles hnízdní produktivity u rákosníka zpěvného prokázaly studie Chytila (2009) v letech 1995–1999, Jelínka & Klvani (2019) v letech 2014–2019 a Petruse a Vrezece (2022). Schulze-Hagen et al. (1996) uvedl na základě devíti předchozích studií z let 1965–1993 průměrnou hnízdní úspěšnost 68,1 %. Dle Shitikova et al. (2018) byla v letech 2013–2016 v národním parku Russky Sever hnízdní úspěšnost 60 %. Predace byla hlavní příčinou selhání hnízd a činila 84 % na neúspěšných hnízdech a míra přežití hnízd se postupně snižovala se stářím hnízda.

Téměř u všech druhů jsem zaznamenala pozitivní trend v podílu juvenilů během hnízdní sezony, zatímco denní počet juvenilů během sezony klesal, jelikož přibýval počet ukončených hnízdění. Pouze u rákosníka velkého denní počet juvenilů během sezony byl stabilní. Rozdílnost mých výsledků je důsledkem rapidního poklesu v denním počtu okroužkovaných dospělců během sezony, který je výraznější než denní počet okroužkovaných juvenilů, a proto celkový podíl juvenilů zaznamenal pozitivní trend.

Ze studovaných lokalit byla nejvyšší produktivita v podílu i denním počtu okroužkovaných juvenilů zaznamenána na Žehuňském rybníku a nejnižší na Bohdanečsku. Lemberk (2001) ve své studii na Bohdanečském rybníku upozornil na pokles početnosti hnízdících mokřadních druhů ze 78 na 48 v letech 1974-1979 a 1998-1999. Hlavní příčinou úbytku biodiverzity je zmenšující se plocha volné vodní plochy, eutrofizace způsobená napouštěním, rybníkářstvím a intenzivní zemědělská exploatace (Prausová et al. 2015).

Na Bohdanečsku byl detekován nárůst kroužkovací aktivity během studovaného období, což by mohlo ovlivnit výsledky okroužkovaných jedinců v jednotlivých letech na této lokalitě. Na Žehuňském rybníku, rybníku Nesyt a rybníku Řežabinec se kroužkovalo konstantním úsilím v rámci projektu CES, proto nebyl detekován žádný meziroční trend v kroužkovací aktivitě.

5 Závěr

Cílem mé diplomové práce byla analýza změn ve fenologii hnízdění a produktivitě u blízce příbuzných druhů rákosníků z Bohdanečska v letech 1960–2015 a Žehuňského rybníku, rybníku Řežabinec a rybníku Nesyt v letech 1999–2021. K analýze byly využity intenzivně sbíraná kroužkovací data Ladislava a Františka Štanclových, Karla Pecla, Jiřího Šebestiana, Lubora Urbánka, Václava a Miroslava Jelínkových a dalších, která mi byla poskytnuta Kroužkovací stanicí Národního muzea. Následně byly tyto výsledky porovnány mezi vybranými druhy a studovanými lokalitami.

Výsledky logistické regrese na základě sezonního průběhu a možného vlivu roku na podíl juvenilních ptáků v populaci potvrdily posun k dřívějšímu datu první snůšky u rákosníka obecného a rákosníka zpěvného. U rákosníka proužkovaného a rákosníka velkého došlo naopak k posunu k pozdějšímu datu první snůšky. U rákosníka obecného došlo k celkovému prodloužení období vyvádění juvenilů, jelikož byl zaznamenán i posun konce hnízdní sezony k pozdějšímu datu. Při analýze rozdílné fenologie jednotlivých druhů na Bohdanečsku bylo zjištěno, že rákosník proužkovaný vyvádí své juvenilů dříve než rákosník obecný a rákosník zpěvný. Pomocí této analýzy bylo také zjištěno, že hnízdní sezona u rákosníka proužkovaného byla nejdelší. Naopak nejkratší hnízdní sezona byla zjištěna u rákosníka zpěvného.

Výsledky logistické regrese na základě vlivu roku, data v sezoně a lokality na podíl juvenilních ptáků v populaci prokázaly pokles produktivity projevující se negativním meziročním trendem v podílu juvenilů u rákosníka zpěvného, rákosníka obecného a rákosníka proužkovaného. U druhu rákosníka velkého nebyl zaznamenán žádný meziroční trend v podílu juvenilů. U všech druhů (rákosník velký, rákosník proužkovaný, rákosník obecný a rákosník zpěvný) byl zaznamenán pozitivní sezonní trend v podílu juvenilů. Nejvyšší produktivita v podílu juvenilních ptáků byla zaznamenána na Žehuňském rybníku a nejnižší na Bohdanečsku.

Výsledky Poissonovy regrese na základě vlivu roku, data v sezoně a lokality na denní počet juvenilních ptáků v populaci prokázaly nárůst produktivity projevující se pozitivním meziročním trendem v denním počtu juvenilů u rákosníka velkého a rákosníka proužkovaného. Naopak u druhů rákosníka obecného a rákosníka zpěvného byl zaznamenán pokles produktivity projevující se negativním meziročním trendem v denním počtu juvenilů. U druhů rákosníka zpěvného, rákosníka obecného a rákosníka proužkovaného byl zaznamenán negativní sezonní trend v denním počtu juvenilů. U druhu rákosníka velkého nebyl zaznamenán žádný sezonní trend v denním počtu juvenilů. Nejvyšší produktivita v počtu juvenilních ptáků byla zaznamenána na Žehuňském rybníku a nejnižší na Bohdanečsku.

Za úskalí a příčiny případné rozdílnosti mých výsledků s výsledky z ostatních studií považuji rozdílnost v dataci, metodách a intenzitě kroužkování a lokální specifika

studovaných oblastí, která se přirozeně na větší prostorové škále (v rámci celé ČR) výrazně neprojeví. Na Bohdanečsku se kroužkovalo v jiném časovém horizontu než na zbývajících lokalitách. Na Žehuňském rybníku, rybníku Nesyt a rybníku Řežabinec se kroužkovalo konstantním úsilím v rámci projektu CES. Na Bohdanečsku mohlo kroužkování podléhat meziročním výkyvům v čase a počtu hodin, který je kroužkování věnován v rámci kroužkovacího dne a období, počtu kroužkovatelů a lokaci kroužkování. Dalším úskalím může být fakt, že odchyt dospělého jedince může být náročnější než odchyt juvenilního jedince, jelikož se vlivem stáří a zkušeností mohou sítím snadněji vyhnout.

Má práce přinesla několik nových aspektů do výzkumu důsledků oteplování klimatu a poskytuje nové poznatky o změnách ve fenologii a populační produktivitě u blízce příbuzných druhů rákosníků (*Acrocephalus sp.*), kdy blízce příbuzné druhy mohou reagovat velmi odlišně na měnící se klima ve stejné oblasti a stanovišti. Tento přístup umožňuje hlubší pochopení těchto změn na mezidruhové úrovni a v rámci různých typů habitatu vybraných lokalit. Pochopení těchto změn představuje významnou roli v účinnosti snah o zmírnění negativních vlivů změn v krajině na populace ptáků. Práci by bylo možné do budoucna rozšířit o kroužkovací údaje z většího časového horizontu z více studovaných lokalit. Tímto přístupem by bylo možné získat komplexnější výsledky v rámci delšího časového období a rozsáhlejšího studijního území a na základě toho získat a identifikovat případná další lokální specifika.

6 Literatura

ALBRECHT, J., et al. Českobudějovicko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): *Chráněná území ČR, svazek VIII*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 2003, 808 pp.

BERTHOLD, P. Control of Bird Migration. *Chapman and Hall*, London, 1996.

BEST, L. B., STAUFFER, F. Factors affecting nesting success in riparian bird communities. *The Condor*. 1980, 82(2).

BOTH, CH. Flexibility of timing of avian migration to climate change masked by environmental constraints en route. *Current Biology*. 2010, 20(3), 243-248.

BOTH, CH., VISSER, M. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in long-distance migrant bird. *Letters to Nature*. 2001, 411, 296-298.

BOTH, CH., BOUWHUIS, S., LESSELLS, C. M., et al. Climate change and population declines in a long-distance migratory bird. *Nature*. 2006, 441(7089), 81-83.

CEPÁK, J., KLVAŇA, P., ŠKOPEK, J. *Atlas migrace ptáků České a Slovenské republiky: Czech and Slovak bird migration atlas*. Praha: Aventinum, 2008. ISBN 978-80-86858-87-6.

CATCHPOLE, C. K. Conditions of co-existence in sympatric breeding populations of *Acrocephalus* warblers. *The Journal of Animal Ecology*. 1973, 42(3).

CATCHPOLE, C. K. Interspecific territorialism and competition in *Acrocephalus* warblers as revealed by playback experiments in areas of sympathy and allopatry. *Animal Behaviour*. 1978, 26(4), 1072-1080.

CLELAND, E. E., CHUINE, I., MENZEL, A. et al. Shifting plant phenology in response to global change. *Trends in Ecology & Evolution*. 2007, 22(7), 357-365.

CRICK, H. Q. P., DUDLEY, C., GLUE, D. E., et al. UK birds are laying eggs earlier. *Nature*. 1997, 388(6642), 526-526.

CRICK, H. Q. P. The impact of climate change on birds. *Ibis*. 2004, 146, 48-56.

ČHMÚ. *Měsíční a roční data dle zákona 123/1998 Sb.* [online]. Český hydrometeorologický ústav, 2021 [cit. 26.3.2023]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z-123-1998-Sb#>

DAWSON, A. Annual gonadal cycles in birds: Modeling the effects of photoperiod on seasonal changes in GnRH-1 secretion. *Frontiers in Neuroendocrinology*. 2015, 37, 52-64.

- DUNGEL, J., HUDEC, K., ŠŤASTNÝ, K. *Atlas ptáků České a Slovenské republiky. 3., aktualizované vydání.* Praha: Academia, 2021. Atlas (Academia). ISBN 978-80-200-3189-1.
- DUNN, P. Breeding dates and reproductive performance. *Advances in Ecological Research.* 2004, 35, 69–87.
- DUNN, E. H., RALPH, C. J. The use of mist nets as a tool for bird population monitoring. *Studies in Avian Biology.* 2004, 29, 1-6.
- DUNN, P. O., WINKLER, D. W. Effects of climate change on timing of breeding and reproductive success in birds. In: A. P. Møller, W. Fiedler, P. Berthold (Eds.), *Effects of climate change on birds.* Oxford University Press, 2010, 113–126.
- DUNN, P. O., MØLLER, A. P., GRIFFITH, S. Changes in breeding phenology and population size of birds. *Journal of Animal Ecology.* 2014, 83(3), 729-739.
- DYRCZ, A. Breeding ecology of Great Reed Warbler (*Acrocephalus arundinaceus*) and Reed Warbler (*Acrocephalus scirpaceus*) at fish-ponds in SW Poland and lakes in NW Switzerland. *Acta ornithologica.* 1980, 18, 307-334.
- DYRCZ, A., CZYŻ, B. Advanced breeding time in line with climate did not affect productivity of Great Reed Warblers *Acrocephalus arundinaceus* despite the shortening of the nestling period. *Acta Ornithologica.* 2018, 53(1), 13-22.
- FALTYSOVÁ, H., BÁRTA, F., et al. Pardubicko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): *Chráněná území ČR, svazek IV.* Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 2002, 316 pp.
- FORMÁNEK, J. *Hnízda pěvců České republiky.* Praha: Academia, 2017. Atlas (Academia). ISBN 978-80-200-2688-0.
- FORREST, J. R. K. Complex responses of insect phenology to climate change. *Current Opinion in Insect Science.* 2016, 17, 49-54.
- FRASER, L. H., KEDDY, P. A. *The world's largest wetlands: ecology and conservation.* New York: Cambridge University Press, 2005. ISBN 978-0521834049.
- GOLAWSKI, A., GOLAWSKA, S. Delayed egg-laying in Red-backed Shrike *Lanius collurio* in relation to increased rainfall in east-central Poland. *International Journal of Biometeorology.* 2023, 67, 717–724.
- GWINNER, E. Circannual rhythms in birds. *Current Opinion in Neurobiology.* 2003, 13(6), 770-778.
- HALUPKA, L. Breeding ecology of the Sedge Warbler *Acrocephalus schoenobaenus* in the Biebrza Marshes (SW Poland). *Ornis Hungarica.* 1996, 9-14.
- HALUPKA, L., DYRCZ, A., BOROWIEC, M. Climate change affects breeding of Reed Warblers *Acrocephalus scirpaceus*. *Journal of Avian Biology.* 2008, 39(1), 95-100.

- HALUPKA, L., HALUPKA, K. The effect of climate change on the duration of avian breeding seasons: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2017, 284(1867).
- HALUPKA, L., BOROWIEC, M., NEUBAUER, G., et al. Fitness consequences of longer breeding seasons of a migratory passerine under changing climatic conditions. *Journal of Animal Ecology*. 2021, 90(7), 1655-1665.
- HAVLÍN, J. Nesting biology of the Great Reed Warbler and Reed Warbler on the Náměstské rybníky ponds (Czechoslovakia). *Zoologické listy*. 1971, 20, 51-68.
- HEDENSTRÖM, A., ALERSTAM, T. Optimum fuel loads in migratory birds: distinguishing between time and energy minimization *Journal of Theoretical Biology*. 1997, 189, 227-234.
- HEISER, F. Zur siecllungsdidite der brutvögel in einem flachmoor bei donauwörth. *Anzeiger der Ornithologischen Gesellschaft in Bayern*. 1974, 13, 219-230.
- HELM, B., VAN DOREN, B. M., HOFFMANN, D. et al. Evolutionary response to climate change in migratory pied flycatchers. *Current Biology*. 2019, 29(21), 3714-3719.
- HONZA, M., LITERÁK, I. Spatial distribution of four *Acrocephalus warblers* in reedbeds during the post-breeding migration. *Ringing & Migration*. 1997, 18, 79-83.
- HONZA, M., ØIEN, I. J., MOKSNES, A., et al. Survival of Reed Warbler *Acrocephalus scirpaceus* clutches in relation to nest position. *Bird Study*. 1998, 45(1), 104-108.
- HOUGHTON, J. T. *Globální oteplování: úvod do studia změn klimatu a prostředí*. Praha: Academia, 1998. ISBN 80-200-0636-2.
- HOUGHTON, J.T., DING, Y., GRIGGS, D.J., et al. *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Cambridge University Press, 2001. Cambridge, UK.
- HUDEC, K., ŠŤASTNÝ K., et al. *Fauna ČR Ptáci 3/II, přeprac. a dopl. vyd.* Praha: Academia, 2011. ISBN 978-80-200-1834-2.
- CHYTIL, J. Dynamika průtahu rákosinových druhů ptáků na rybníce Nesyt (NPR Lednické rybníky). Dynamics of migration of reed birds on Nesyt Fishpond (National Nature Reserve Lednice Fishponds). *Zprávy MOS*. 2009, 67, 4-49.
- JELÍNEK, M., KLVAŇA, P. Projekt CES v České republice v roce 2019. *Kroužkovatel – zpravodaj Společnosti spolupracovníků Kroužkovací stanice NM*. 2020, 29, 2-3.
- JIGUET, F., GADOT, A. S., JULLIARD, R., et al. Climate envelope, life history traits and the resilience of birds facing global change. *Global Change Biology*. 2007, 13(8), 1672-1684.
- JPSP. Jednotný program sčítání ptáků [online]. ČSO–Česká společnost ornitologická, ©2021 [cit. 22.7.2022]. Dostupné z: <http://jpsp.birds.cz/index.php>

- JUNG, N. *Zur ökologie der rohrsänger im nsg nonnenhof*. Staatsexamensarbeit Zoological Institute. Greifswald, 1965. Typoscript.
- JUNG, N. Ökologische probleme bei Rohrsängern (*Acrocephalus*) im rahmen der avifauna Mecklenburgs. *Ornithologischen Rundbrief Mecklenburg N. F.* 1967, 6, 27-33.
- JYLHÄ, K., TUOMENVIRTA, H., RUOSTEENOJA, K., et al. Observed and projected future shifts of climatic zones in europe and their use to visualize climate change information. *Weather, Climate, and Society*. 2010, 2(2), 148-167.
- LEISLER, B. Vergleichende Untersuchungen zur ökologischen und systematischen Stellung des Mariskensängers (*Acrocephalus (Luscinola) melanopogon*, Sylviidae), ausgeführt am Neusiedler See. Diss. Phil. Fak., Univ Wien, 1970.
- LEISLER, B. Die Bedeutung der fußmorphologie für die ökologische sonderung mitteleuropäischer Rohrsänger (*Acrocephalus*) und Schwirle (*Locustella*). *Journal für Ornithologie*. 1975, 116(2), 117-153.
- LEMBERK, V. Avifauna NPR Bohdanečský rybník a rybník Matka–srovnání po 20 letech. *Východočeský sborník přírodovědný–Práce a studie*. 2001, 9(159), 166.
- LIETH, H. *Phenology and seasonality modeling*. New York, Springer-Verlag, 1974.
- LOŽEK, V., KUBÍKOVÁ, J., SPRYŇAR, P., et al. Střední Čechy. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): *Chráněná území ČR, svazek XIII*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 2005, 904 pp.
- MACKOVČÍN, P., JATIOVÁ, M., DEMEK, J., et al. Brněnsko. In: Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): *Chráněná území ČR, svazek IX*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, Praha, 2007, 932 pp.
- MARRA, P. P, FRANCIS, C. M, MULVIHILL, R. S. et al. The influence of climate on the timing and rate of spring bird migration. *Oecologia*. 2005, 142, 307-315.
- MARTIN, T. E. Abiotic vs. biotic influences on habitat selection of coexisting species: climate change impacts?. *Ecology*. 2001, 82(1).
- MELLER, K., PIHA, M., VÄHÄTALO, A. V., et al. A positive relationship between spring temperature and productivity in 20 songbird species in the boreal zone. *Oecologia*. 2018, 186, 883–893.
- MÉRŐ, T. O., ŽULJEVIĆ, A., VARGA, K., et al. Habitat use and nesting success of the Great Reed Warbler (*Acrocephalus arundinaceus*) in different reed habitats in Serbia. *The Wilson Journal of Ornithology*. 2015, 127(3), 477-485.
- MILLER-RUSHING, A. J., HØYE, T. T., INOUYE, D. W., et al. The effects of phenological mismatches on demography. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2010, 365(1555), 3177-3186.

- MORRISON, S. A., BOLGER, D. T. Variation in a sparrow's reproductive success with rainfall: food and predator-mediated processes. *Oecologia*. 2002, 133(3), 315-324.
- MØLLER, A. P. Phenotype-dependent arrival time and its consequences in a migratory bird. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 1994, 35, 115–122.
- MØLLER, A. P., RUBOLINI, D., LEHIKOINEN, E. Populations of migratory bird species that did not show a phenological response to climate change are declining. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008, 105(42), 16195-16200.
- MØLLER, A. P., FLENSTED-JENSEN, E., KLARBORG, K., et al. Climate change affects the duration of the reproductive season in birds. *Journal of Animal Ecology*. 2010, 79, 777–784.
- MURRAY, B. G. Interspecific territoriality in *Acrocephalus*: a critical review. *Ornis Scandinavica*. 1988, 19(4).
- ORSHOLM, J. *The effect of temperature on productivity of birds in Sweden and Finland*. Linköping 2019. Bachelor thesis. Linköping University, Department of Physics, Chemistry and Biology. Tutor Karl-Olof Bergman, IFM Biologi, Linköpings universitet.
- PETRAS, T., VREZEC, A. Long-term ringing data on migrating passerines reveal overall avian decline in Europe. *Diversity*. 2022, 14(11).
- PRAUSOVÁ, R., BÁLKOVÁ, L. Bohdanečský rybník a jeho okolí – historické i současné biocentrum Pardubicka. *Východočeský sborník – Práce a studie*. 2015, 22, 37-110.
- PRAUSOVÁ, R., ZLÁMALOVÁ, T., BÁLKOVÁ, L. et al. Changes in biodiversity in the national nature reserve of the Bohdanečský pond from the explorations by the Hadač brothers in the 1950's to the present times. *Journal of Landscape Ecology*. 2015, 8(3), 6-22.
- PULIDO, F., BERTHOLD, P. Microevolutionary response to climatic change. In: *Birds and Climate Change*. Elsevier. 2004, 151-183.
- QUITT, E. *Klimatické oblasti Československa: Climatic regions of Czechoslovakia*. Brno: Geografický ústav ČSAV, 1971.
- ROOT, T. L., PRICE, J. T., HALL, K. R., et al. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*. 2003, 421(6918), 57-60.
- ROSS, M. V., ALISAUSKAS, R. T., DOUGLAS, D. C., et al. Decadal declines in avian herbivore reproduction: density-dependent nutrition and phenological mismatch in the Arctic. *Ecology*. 2017, 98(7), 1869-1883.

- SAINO, N., AMBROSINI, R., RUBOLINI, D., et al. Climate warming, ecological mismatch at arrival and population decline in migratory birds. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2011, 278(1707), 835-842.
- SALIDO, L., PURSE, B. V., MARRS, R., et al. Flexibility in phenology and habitat use act as buffers to long-term population declines in UK passerines. *Ecography*. 2012, 35(7), 604-613.
- SARACCO, J. F., SIEGEL, R. B., HELTON, L., et al. Phenology and productivity in a montane bird assemblage: Trends and responses to elevation and climate variation. *Global Change Biology*. 2019, 25(3), 985-996.
- SHITIKOV, D., KNYAZEVA, I., GRABOVSKY, A. Breeding phenology, reproductive traits and apparent survival of sympatric Marsh Warbler *Acrocephalus palustris* and Blyth's Reed Warbler *Acrocephalus dumetorum*. *Bird Study*. 2018, 65(2), 241-248.
- SCHAEFER, T., LEDEBUR, G., BEIER, J., et al. Reproductive responses of two related coexisting songbird species to environmental changes: global warming, competition, and population sizes. *Journal of Ornithology*. 2006, 147(1), 47-56.
- SCHMIDT, K. A. Foraging theory as a conceptual framework for studying nest predation. *Oikos*. 1999, 85(1).
- SCHULZE-HAGEN, K. *Acrocephalus scirpaceus*. In: Glutz von Blotzheim, U.N. & Bauer, K.M. eds. *Handbuch der Vögel Mitteleuropas*. Wiesbaden: Aula, 1991, 433-486.
- SCHULZE-HAGEN, K., LEISLER, B., WINKLER, H. Breeding success and reproductive strategies of two *Acrocephalus* warblers. *Journal of Ornithology*. 1996, 137, 181-192.
- SOULTAN, A., PAVÓN-JORDÁN, D., BRADTER, U., et al. The future distribution of wetland birds breeding in Europe validated against observed changes in distribution. *Environmental Research Letters*. 2022, 17(2).
- STENSETH, N. CH., OTTERSEN, G., HURRELL, J. W., et al. Review article. Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 2003, 270(1529), 2087-2096.
- STEVENSON, I. R., BRYANT, D. M. Climate change and constraints on breeding. *Nature*. 2000, 406(6794), 366-367.
- SWANSON, D. L., PALMER, J. S. Spring migration phenology of birds in the Northern Prairie region is correlated with local climate change. *Journal of Field Ornithology*. 2009, 80(4), 351-363.
- SVENSSON, S. E. Territorial exclusion of *Acrocephalus schoenobaenus* by *Acrocephalus scirpaceus* in Reedbeds. *Oikos*. 1978, 30(3).

- SVENSSON S. 2000. European bird monitoring: geographical scales and sampling strategies. *Ring*. 22, 2, 3-23.
- SVENSSON, L., GRANT, P. J. *Ptáci Evropy, Severní Afriky a Blízkého Východu: praktická určovací příručka: nejobsáhlejší průvodce evropským ptactvem*. Praha: Svojtka & Co., 2004. ISBN 80-7237-658-6.
- ŠTANCL, L., ŠTANCOVÁ, H. *Ptactvo Pardubicka II – Bohdanečsko*. Pardubice: K MVČ, 1987.
- ŠŤASTNÝ, K., BEJČEK, V., HUDEC, K. *Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice: 2001-2003*. Praha: Aventinum, 2006. ISBN 80-86858-19-7.
- THACKERAY, S. J., SPARKS, T. H., FREDERIKSEN, M., et al. Trophic level asynchrony in rates of phenological change for marine, freshwater and terrestrial environments. *Global Change Biology*. 2010, 16(12), 3304-3313.
- TINBERGEN, J. M., DIETZ, M. W. Parental energy expenditure during brood rearing in the Great Tit (*Parus major*) in relation to body mass, temperature, food availability and clutch size. *Functional Ecology*. 1994, 8, 563-572.
- TØTTRUP, A. P., KLAASSEN, R. H. G., KRISTENSEN, M. W., et al. Drought in Africa caused delayed arrival of european songbirds. *Science*. 2012, 338(6112), 1307-1307.
- TRYJANOWSKI, P., SPARKS, T. H., KUCZYŃSKI, L., et al. Should avian egg size increase as a result of global warming? A case study using the red-backed shrike (*Lanius collurio*). *Journal of Ornithology*. 2004, 145(3), 264-268.
- VERHULST, S., NILSSON, J. A. The timing of birds' breeding seasons: a review of experiments that manipulated timing of breeding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008, 363(1490), 399-410.
- VICENS, N., BOSCH, J. Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environmental Entomology*. 2000, 29, 413-420.
- VISSER, M. E., BOTH, CH. Shifts in phenology due to global climate change: the need for a yardstick. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2005, 272(1581), 2561-2569.
- VISSER, M. E., MARVELDE, L. T., LOF, M. E. Adaptive phenological mismatches of birds and their food in a warming world. *Journal of Ornithology*. 2012, 153(S1), 75-84.
- VISSER, M. E., GIENAPP, P. Evolutionary and demographic consequences of phenological mismatches. *Nature Ecology & Evolution*. 2019, 3(6), 879-885.

WINKLER, D. W., DUNN, P. O., MCCULLOCH, CH. E. Predicting the effects of climate change on avian life-history traits. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002, 99(21), 13595-13599.

WITT, K. Sommervögel am tegeler fließ in West-Berlin 1971. *Berliner Naturschutzblätter*. 1972, 16, 587-591.

ZUCKERBERG, B., RIBIC, CH. A., MCCAULEY, L. A. Effects of temperature and precipitation on grassland bird nesting success as mediated by patch size. *Conservation Biology*. 2018, 32(4), 872-882.