

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



**Vliv klimatických faktorů na populační dynamiku drobných zemních
savců v Krušných horách v letech 2014—2020**

**Effect of climatic factors on small-mammal population dynamics
in 2014—2020 in the Ore Mts.**

Diplomová práce

Diplomant: Bc. Patrik Houser

Vedoucí práce: doc. Ing. Markéta Zárybnická, Ph.D.

2023 Praha

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Patrik Houser

Aplikovaná ekologie

Název práce

Vliv klimatických faktorů na populační dynamiku drobných zemních savců v Krušných horách v letech 2014–2020

Název anglicky

Effect of climatic factors on small-mammal population dynamics in 2014–2020 in the Ore Mts.

Cíle práce

Cíle práce:

- a) zjistit a vyhodnotit strukturu a početnost drobných zemních savců v Krušných horách v letech 2014–2020,
- b) získat klimatická data (ČHMÚ) ze studijní oblasti v Krušných horách v letech 2014–2020 a vyhodnotit je,
- c) vyhodnotit vliv klimatických faktorů (tj. úhrnu srážek, teploty a výšky sněhové pokrývky) na dynamiku drobných zemních savců (tj. myšic *Apodemus sp.*, hrabošů *Microtus sp.*, norníka rudého *Clethrionomys glareolus* a rejseků *Sorex sp.*)
- d) diskutovat výsledky s odbornou literaturou.

Metodika

Student se bude účastnit odchytů drobných zemních savců ve studijní oblasti v Krušných horách. Část dat mu bude poskytnuta školitelem. Student shromáždí klimatologická data od ČHMÚ (tj. úhrn srážek, výšku sněhové pokrývky a teplotu) v rámci studijního území a období. Tato data zpracuje, vyhodnotí a připraví pro analýzy. Student následně použije vhodné statistické metody (R software) pro vyhodnocení vlivu klimatických faktorů na dynamiku drobných zemních savců (rozdělených do patřičných skupin, tj. myšice, hraboši, norník rudý a rejsci).

Doporučený rozsah práce

30–40 stran

Klíčová slova

drobní savci, dynamika, početnost, struktura, klima, teplota, srážky, sníh

Doporučené zdroje informací

1. Aulagnier S., Haffner P., Mitchell-Jones A.J., Moutou F., Zima J. 2009. Mammals of Europe, North Africa and the Middle East. A&C Black Publishers, London.
 2. Hansson L., Henttonen H. 1985. Gradients in density variations of small rodents: the importance of latitude and snow cover. *Oecologia* 67: 394–402.
 3. Korslund L., Steen H. 2006. Small rodent winter survival: snow conditions limit access to food resources. *Journal of Animal Ecology* 75(1): 156–166.
 4. Krebs C.J. 2013. Population fluctuations in rodents. Univ. Chicago Press, Chicago.
 5. Zárybnická, M., Riegert J., Šťastný K. 2013. The role of Apodemus mice and Microtus voles in the diet of the Tengmalm's owl in Central Europe. *Population Ecology* 55: 353–361.
 6. Zárybnická M., Riegert J., Bejček V., Sedláček F., Šťastný K., Šindelář J., Heroldová M., Vilimová J., Zima J. 2017. Long-term changes of small mammal communities in heterogeneous landscape of Central Europe. *European Journal of Wildlife Research*: 63–89.
-

Předběžný termín obhajoby

2022/23 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Markéta Zárybnická, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Konzultant

Ing. Richard Ševčík

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2022

prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 12. 3. 2022

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 01. 03. 2023

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Markéty Zárybnické, Ph.D. a uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 27.3.2023

.....

Poděkování

Rád bych tímto poděkoval všem, kteří mi pomohli s vypracováním mé diplomové práce. Velké díky patří mé vedoucí práce doc. Ing. Markétě Zárybnické, Ph.D. za její ochotu, trpělivost, rady a připomínky, které mi velmi pomohly při zpracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Richardu Ševčíkovi za jeho neustálou výpomoc a řadu důležitých rad a připomínek. Děkuji také celému týmu, který se zúčastnil terénních výjezdů v Krušných horách a výborně spolupracoval. V neposlední řadě děkuji všem autorům zdrojů, ze kterých jsem čerpal a použil je v diplomové práci.

Abstrakt

V letech 2014 až 2020 byla provedena studie o vlivu klimatických faktorů na populační dynamiku drobných zemních savců v Krušných horách. Studijní plocha o rozloze 120 km² se nacházela v blízkosti Flájské přehrady. Cílem diplomové práce bylo nejprve zjistit a vyhodnotit strukturu drobných zemních savců. Následně vyhodnotit vliv klimatických faktorů (tj. úhrnu srážek, teploty a výšky sněhové pokrývky) na populační dynamiku myšic, hrabošů, norníků a rejsků. Za dobu, kdy se prováděl výzkum, se odchytilo celkem 528 jedinců drobných zemních savců. Ve sklapovacích pastech byli nalezeni zástupci myšic rodu *Apodemus* (38,15 %, 201 ks), norníků *Clethrionomys glareolus* (23,35 %, 124 ks), hrabošů rodu *Microtus* (21,27 %, 113 ks) a rejsků rodu *Sorex* (17,23 %, 90 ks). Klimatické vlivy sehrály důležitou roli v populační dynamice drobných zemních savců. Dešťové srážky (pozitivní vztah), výška sněhové pokrývky (pozitivní vztah) a teplota (negativní vztah) významně ovlivnily početnost myšic bez ohledu na odchytové období. Výška sněhové pokrývky (pozitivní vztah), dešťové srážky (negativní vztah) a teplota (negativní vztah) významně ovlivnily početnost hrabošů pouze při podzimních odchycích. Teplota také významně ovlivnila (negativní vztah) počet odchycených rejsků v podzimním období. Žádný z klimatických prediktorů neměl vliv na početnost norníků ani v jednom z odchytových období.

Klíčová slova: drobní savci, dynamika, početnost, struktura, klima, teplota, srážky, sníh

Abstract

From 2014 to 2020, a study was conducted on the influence of climatic factors on the population dynamics of small terrestrial mammals in the Ore Mountains. The study area was located near the Flajská reservoir and occupied 120 km². The goal of my diploma thesis was to determine and evaluate small terrestrial mammals' population structures. Subsequently, evaluate the influence of climatic factors (i.e., precipitation, temperature and height of snow cover) on the population dynamics of mice, voles and shrews. A total of 528 individuals of small terrestrial mammals were caught during the study period. Representatives of mice of the genus *Apodemus* (38,15 %, 201 pcs), *Clethrionomys glareolus* (23,35 %, 124 pcs), voles of the genus *Microtus* (21,27 %, 113 pcs) and shrews of the genus *Sorex* (17,23 %, 90 pcs) were found in the snapping traps. Climatic factors played an important role in the population dynamics of small terrestrial mammals. Precipitation (positive relationship), the height of snow cover (positive relationship) and temperature (negative relationship) significantly affected the abundance of mice regardless of the trapping season. Height of snow cover (positive relationship), precipitation (negative relationship) and temperature (negative relationship) significantly affected vole abundance, but only in autumn trappings. Similarly, temperature significantly affected (negative relationship) the number of shrews caught in the autumn season. None of the climate predictors had an effect on *Clethrionomys glareolus* abundance in any of the trapping seasons.

Keywords: small mammals, dynamics, abundance, structure, climate, temperature, precipitation, snow

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše	3
3.1 Drobní zemní savci: hlodavci	3
3.1.1 Myšice lesní	3
3.1.2 Myšice křovinná.....	4
3.1.3 Norník rudý.....	5
3.1.4 Hraboš mokřadní.....	6
3.1.5 Hraboš polní.....	7
3.2 Drobní zemní savci: hmyzožravci.....	8
3.2.1 Rejsek obecný	9
3.2.2 Rejsek malý.....	10
3.3 Populační dynamika drobných zemních savců	11
3.4 Populační cykly.....	12
3.5 Geografický gradient v populační dynamice	12
3.6 Vliv klimatických faktorů na populační dynamiky drobných hlodavců	13
3.7 Teplota	13
3.8 Srážky	14
3.9 Sníh	14
4. Metodika	16
4.1 Charakteristika území	16
4.2 Popis odchytočných ploch	16
4.3 Odchyt a determinace drobných zemních savců.....	17
4.4 Klimatické faktory	17
4.5 Statistické analýzy	18
5. Výsledky	19
5.1 Struktura drobných zemních savců v letech 2014—2020.....	19
5.1.1 Rod <i>Apodemus</i>	19
5.1.2 Rod <i>Clethrionomys</i>	20
5.1.3 Rod <i>Microtus</i>	21
5.1.4 Rod <i>Sorex</i>	21
5.2 Korelace mezi klimatickými prediktory	22
5.3 Vliv klimatických faktorů na početnost drobných zemních savců	23
5.3.1 Rod <i>Apodemus</i>	23

5.3.2 Rod <i>Clethrionomys</i>	26
5.3.3 Rod <i>Microtus</i>	28
5.3.4 Rod <i>Sorex</i>	32
6. Diskuze	35
7. Závěr	38
8. Použité zdroje.....	39
8.1 Literární zdroje.....	39
8.2 Internetové zdroje	43
9. Přílohy.....	44

1. Úvod

Drobní zemní savci jsou nedílnou součástí suchozemských ekosystémů. Hlodavci a hmyzožravci slouží jako zdroj potravy pro jejich predátory (sovy, ptáky, savce, plazy) a díky jejich vysokému reprodukčnímu potenciálu jsou schopni velmi rychle obnovit své populace (Torre et al. 2002). Početnost populací drobných zemních savců se prostorově a časově mění kvůli působení biotických a abiotických faktorů. Sezónní a meziroční změny populací mohou být ovlivněny jak faktory prostředí (počasí, zeměpisná šířka, produktivita rostlin), tak i biotickými faktory (predace) (Krebs 2013). Změny ve velikosti populace drobných zemních savců může ovlivnit i celá řada klimatických faktorů, která má vliv nejen na jejich přežití, ale také na reprodukční úspěšnost (Kalcounis-Rueppell et al. 2002). Délka života u drobných zemních savců je poměrně krátká. Navíc dokáží rychle reagovat na změny prostředí. Díky tomu jsou vhodným druhem pro studium vlivu klimatických změn na jejich populační dynamiku (Delany et Delany 1974).

Studie o vlivu klimatu na populace drobných zemních savců byly prováděny jak v zahraničí, tak i na území České republiky a předložená práce bude navazovat na tyto studie a doplňovat je.

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je:

- zjistit a vyhodnotit strukturu a početnost drobných zemních savců v Krušných horách v letech 2014—2020,
- získat klimatická data (ČHMÚ) ze studijní oblasti Krušných hor v letech 2014—2020 a vyhodnotit je,
- vyhodnotit vliv klimatických faktorů (tj. úhrnu srážek, teploty a výšky sněhové pokrývky) na dynamiku drobných zemních savců (tj. myšic, hrabošů, norníka rudého a rejsků),
- diskutovat výsledky s odbornou literaturou.

3. Literární rešerše

3.1 Drobní zemní savci: hlodavci

Hlodavci jsou jednou z nejpočetnějších skupin savců na světě. V rámci fauny České republiky se rozdělují do sedmi základních čeledí (bobrovití, veverkovití, plchovití, tarbíkovití, křečkovití, myšovití, nutriovití) (Anděra et Gaisler 2019). Vyskytují se v lese, na polích, ve stepi, tundře, od nížin až po horské oblasti. Kvůli převážné konzumaci rostlinné potravy mají hlodavci modifikovaný chrup. Místo předních řezáků v čelisti se jim vyvinuly hlodavé zuby, tzv. hlodáky, které jim umožňují rozdrtit tvrdou rostlinnou stravu, jako jsou ořechy, žaludy, bukvice, dřevo. Přední zuby jsou většinou zbarveny do žluta až oranžova. Mezi další znaky typické pro hlodavce patří jařmový oblouk na lebce a kostní hřebeny (Anděra et Gaisler 2012).

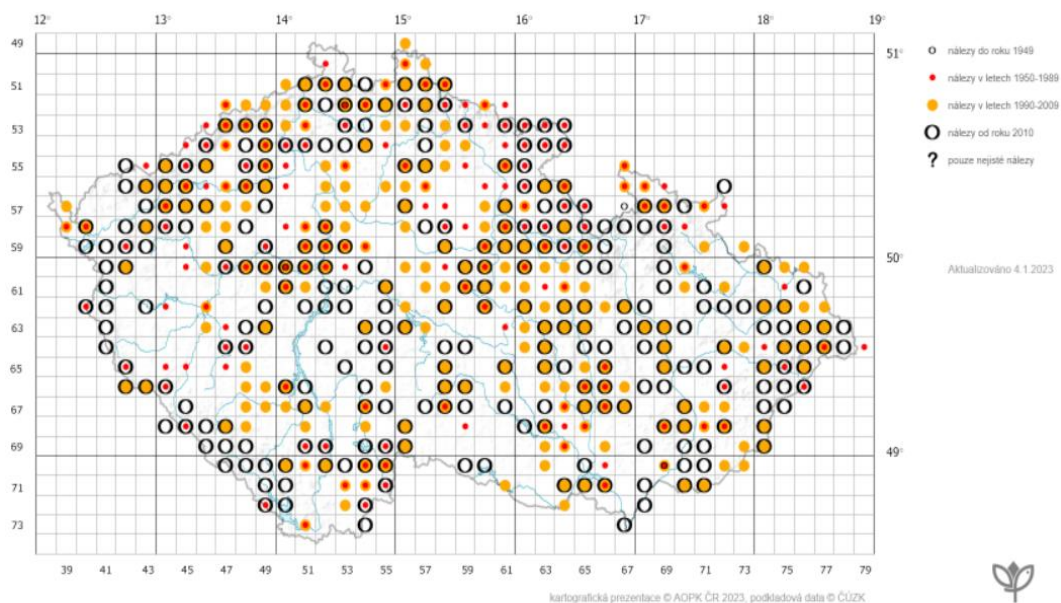
Na těle hlodavců se nachází srst. Ocas je různě dlouhý, např. myšovití mají ocas delší než celé tělo. Jsou to velmi obratní a pohybliví živočichové. V zimních měsících při nedostatku potravy se uchylují určité druhy k hibernaci. Plodnost u těchto živočichů je extrémně vysoká. Napomáhá tomu krátká doba březosti, více vrhů v jednom roce a vyšší počet mláďat, která rychle dospívají a následně se zapojují do procesu rozmnožování (Anděra et Horáček 2005).

3.1.1 Myšice lesní

Areál rozšíření pokrývá velkou část Evropy od Skandinávie, Velké Británie, dále pokračuje přes střední Francii, Španělsko až po jižní Ural. Myšice lesní (*Apodemus flavicolis*) je na území ČR velice běžným druhem (Obrázek 1). Vyskytuje se především v oblasti listnatých lesů, křovin, rašelinišť a břehových porostů podél vodních toků. V menší míře může osidlovat i jehličnaté lesy (Anděra et Gaisler 2012).

Tento druh se vyznačuje striktně noční aktivitou. Živí se převážně semeny, plody bukvic a žaludů. Malý podíl v potravě zastupují larvy hmyzu, žížaly, měkkýši. Dospělí jedinci mají velmi výrazné zbarvení, ve kterém kaštanově hnědý odstín na hřbetě a bocích odděluje ostrá hranice od bílého břicha. Typická je pro ni žlutá skvrna na hrdle, která se na vnitřní straně předních končetin napojuje na tmavší zbarvení boku (Anděra et Gaisler 2012, Ševčík et al. 2018).

Doba rozmnožování je od února až do října. Samice má okolo 25 mláďat za rok. Myšice lesní má velkou prostorovou aktivitu. Její domovský okrsek má velikost 2 až 3 hektary. Průměrná populační hustota se pohybuje v rozmezí od 1 do 10 jedinců na hektar. Při velké úrodě bukvic a žaludů na podzim se zvyšuje populační hustota až na 60 jedinců na hektar (Anděra et Horáček 2005, Anděra et Gaisler 2012, Ševčík et al. 2018).



Obrázek 1: Areál rozšíření myšice lesní podle záznamů z ND OP v České republice (AOPK ČR ©2023).

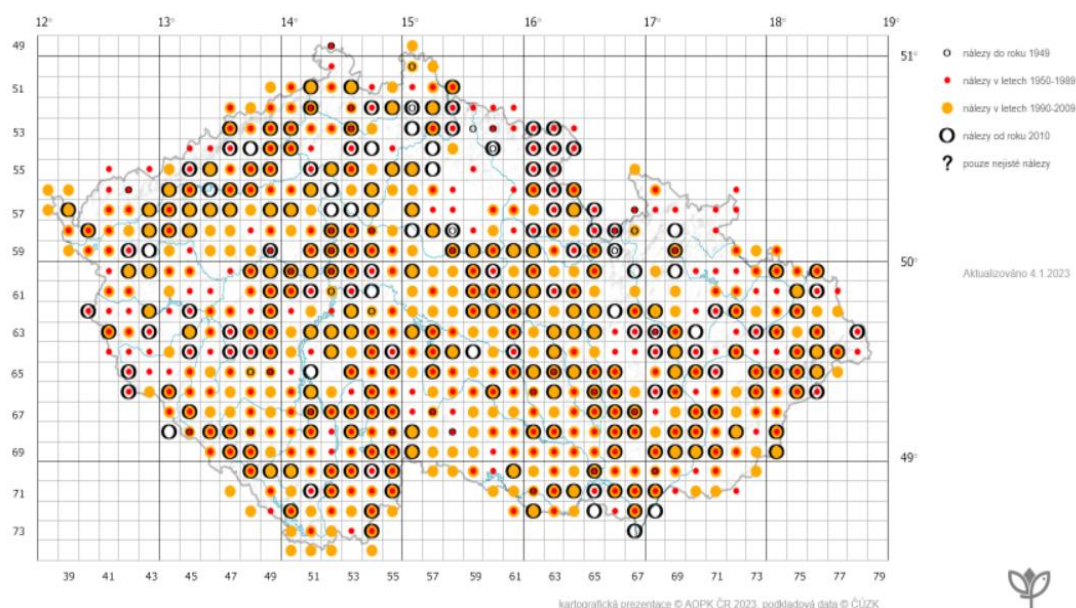
3.1.2 Myšice křovinná

Myšice křovinná (*Apodemus sylvaticus*) je druh s širokou ekologickou valencí. Nalezneme ji v různých typech krajiny. Nejvhodnější pro tento druh jsou otevřené pláně, meze, pole a okraje lesních porostů. Běžně se také nachází v blízkosti břehových porostů, podél vodních toků a rákosin. Myšici křovinnou řadíme mezi pionýrské druhy. Osidluje staré lomy a výsypky. V rámci České republiky se vyskytuje téměř na celém území (Obrázek 2) (Mitchell-Jones et al. 1999, Anděra et Gaisler 2012, Ševčík et al. 2018).

Řadí se k druhům s noční aktivitou, díky tomu se stává nedílnou součástí potravní nabídky sovy pálené (*Tyto alba*), puštíka obecného (*Strix aluco*), sýce rousného (*Aegolius funereus*) a výra velkého (*Bubo bubo*). Její potrava se skládá z různých druhů semen, plodů bukvic či žaludů. V potravně chudším prostředí

v oblasti smrkových porostů konzumuje především hmyz a drobné živočichy (Reichholf 1996, Anděra et Gaislet 2012).

Myšice křovinná se velmi špatně rozpoznává od myšice lesní, jako nejlepší způsob určení se ukazuje délka zadní tlapy, ta dosahuje u myšice křovinné délky 20,5—23 mm, na hrdle nemá tak výraznou žlutou skvrnu jako myšice lesní (Anděra et Horáček 2005, Anděra et Gaisler 2012).



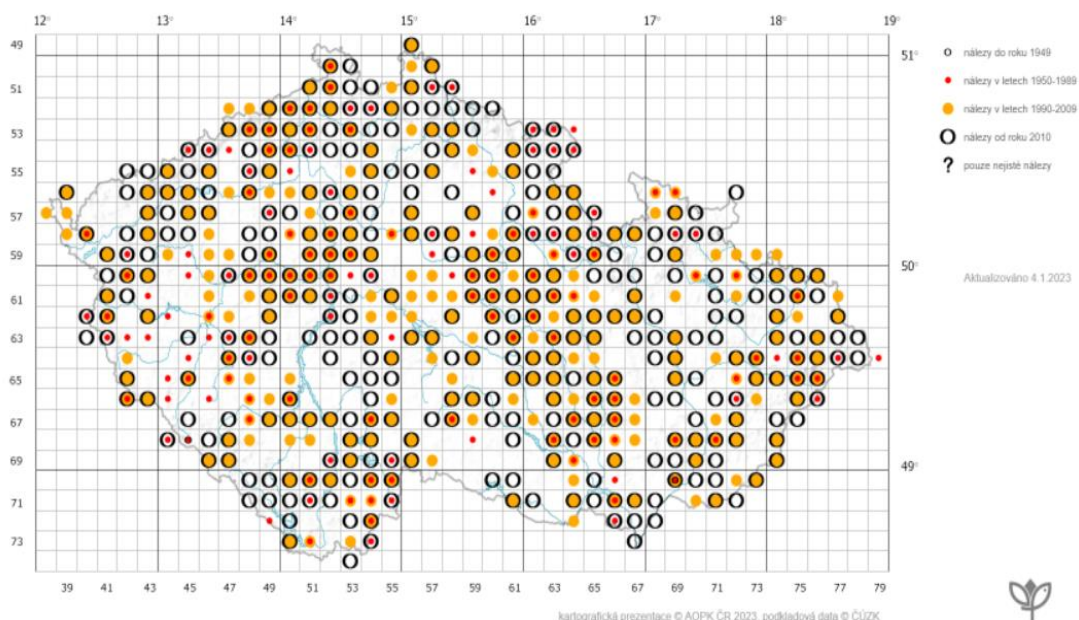
Obrázek 2: Areál rozšíření myšice křovinné podle záznamů z ND OP v České republice (AOPK ČR ©2023).

3.1.3 Norník rudý

Norník rudý (*Clethrionomys glareolus*) je druh vázaný na lesní prostředí. Dává přednost listnatým a smíšeným lesům, kde je dostatečně vyvinuto bylinné patro. Velmi dobře se mu daří také v biotopu říčních nížinných lesů. Jeho potrava se skládá ze semen trav, plodů, hub a drobných živočichů, jako jsou larvy hmyzu, stonožky a pavouci. V zimních měsících působí škody lesníkům, jelikož ohlodává kůru, kořínky a pupeny dřevin (Anděra et Gaisler 2012).

Norník rudý jako jediný ze zástupců rodu *Clethrionomys* se vyskytuje na území České republiky. Nalezneme ho jak v nížinách, tak i horských oblastech (Obrázek 3). Velmi snadno se pozná od jiných druhů hrabošů, jelikož má srst na hřbetě zbarvenou do červenorezaté barvy. Aktivní je převážně v noci. Svá hnízda si staví pod kořeny či kmeny stromů. V letech s nadměrnou potravní nabídkou se dokáže rozmnožovat

i v zimě. Populační hustota značně fluktuuje v průběhu let. Záleží, na jakém typu stanoviště se vyskytuje. V smrkových monokulturách se pohybuje v průměru okolo 1 až 2 jedinců na hektar, v lužních lesech okolo 32 jedinců na hektar. Hlavním predátorem normíka rudého je puštík obecný a sýc rousný (Reichholf 1996, Anděra et Gaisler 2012).



Obrázek 3: Areál rozšíření normíka rudého podle záznamů z ND OP v České republice (AOPK ČR ©2023).

3.1.4 Hraboš mokřadní

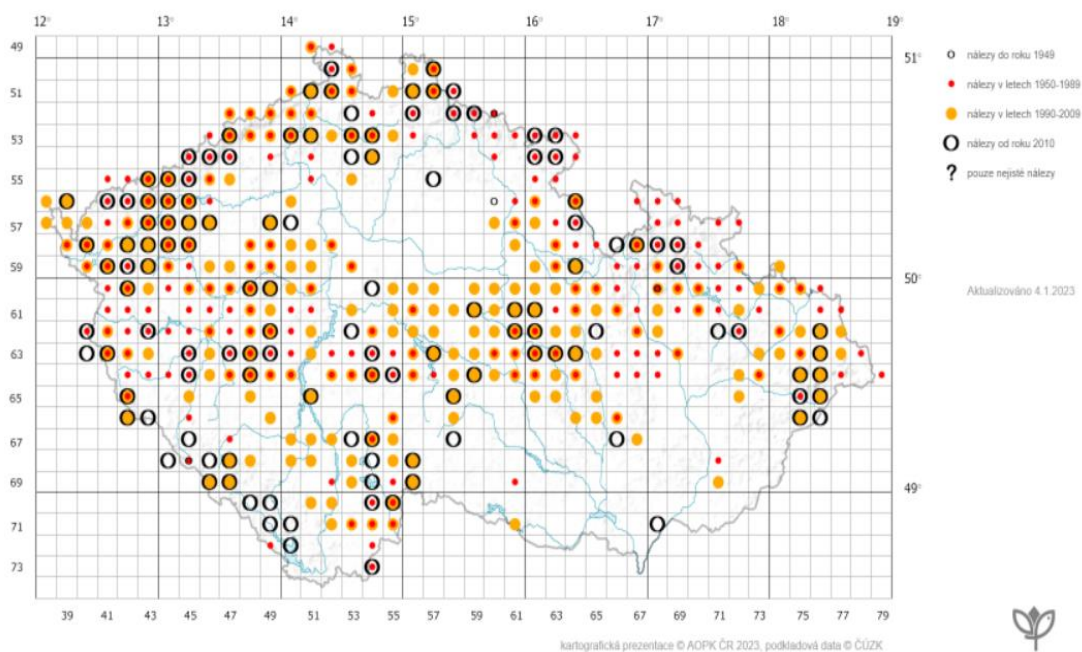
Hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*) je druh úzce spjatý s vlhkými místy, hustým porostem bylinné vegetace či travního porostu. Vyhovuje mu spíše chladnější klima. Vhodnými stanovišti, ve kterých se mu daří, jsou mokřady, tekoucí a stojaté vody, rašeliniště, vlhké a podmáčené louky. Vyskytuje se i v imisních holínách a kalamitně zdevastovaných oblastech (Aulagnier et al. 2009, Anděra et Gaisler 2019).

Typické jsou pro něj mělké podzemní chodby, vybudované pod hustou vegetací. (Reichholf 1996). V potravě převládají traviny, byliny a ostatní mokřadní vegetace. Při nedostatku potravy a v zimě okusuje kůru stromů až do výšky 20 cm. (Ševčík et al. 2018).

V rámci severní Evropy slouží hraboš mokřadní jako hlavní kořist sýce rousného, tvoří až 57 % jeho potravy (Zárybnická et al. 2013, Anděra et Gaisler 2019). V České republice je hraboš mokřadní původní druh. Nalezneme ho v polohách od

140 m n. m. (oblast Mostecka, Děčínska) do 1600 m n. m. (oblast Krkonoš a Hrubého Jeseníku (Obrázek 4) (Anděra et Gaisler 2012).

Má důležitý bioindikační význam, jelikož je to druh vázaný na mokřadní biotop. Na kalamitně postižených místech a v imisních holinách, způsobuje při přemnožení velké škody na vysazených stromech (Anděra et Gaisler 2019).



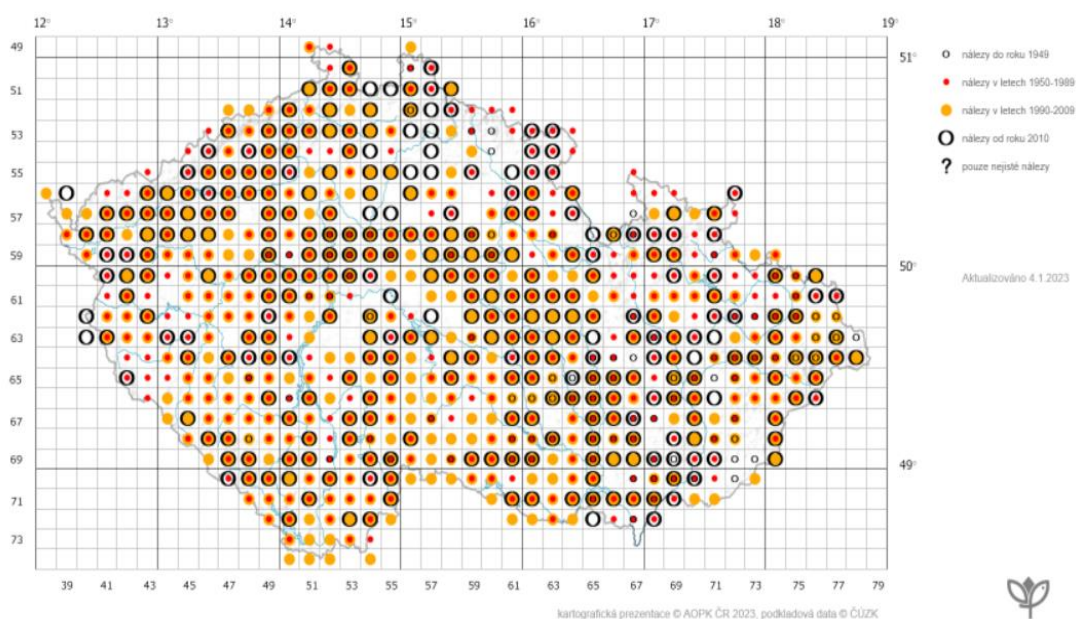
Obrázek 4: Areál rozšíření hraboše mokřadního podle záznamů z ND OP v České republice (AOPK ČR ©2023).

3.1.5 Hraboš polní

Hraboš polní (*Microtus arvalis*) je středně velký drobný zemní savec s krátkým ocasem, který dosahuje 30 až 40 % délky těla. Charakteristickými znaky pro něj jsou malé ušní boltce do 11 mm a světlá chodidla bez pigmentu s délkou od 14,5 do 17,5 mm. Dosahuje váhy od 11 do 40 g. Vyskytuje se téměř v celé Evropě (Anděra et Horáček 2005). V rámci České republiky ho nalezneme skoro na celém území (Obrázek 5). Svá stanoviště si buduje v zemědělské krajině, kde kromě polí s vojtěškou a ostatními víceletými pícninami obývá i louky, travnaté příkopy, mokřady, imisní holiny a ruderalní plochy (Anděra et Gaisler 2019). Stejně jako hraboš mokřadní si buduje podzemní chodby těsně pod zemským povrchem. Převládá u něj rostlinná strava. Živí se kořínky, výhonky rostlin, semeny, pupeny či obilnými zrny

(Reichholf 1996). Při tuhých zimách, kdy je vysoká sněhová pokrývka, ohryzává kůru stromů (Anděra et Gaisler 2012).

Plodnost u tohoto druhu je vysoká. Samice rodí několik vrhů za sebou, v každém vrhu je v průměru 4 až 7 mláďat. V letech, kdy je nadbytek potravy, dochází ke gradaci populace, ta čítá okolo 200 až 700 jedinců, v ojedinělých případech dosahuje populace až 3000 jedinců (Anděra et. Gaisler 2019). Přemnožení hraboše polního způsobuje velké škody na úrodě zemědělcům (Reichholf 1996, Ševčík et al. 2018).



Obrázek 5: Areál rozšíření hraboše polního podle záznamů z ND OP v České republice (AOPK ČR ©2023).

3.2 Drobní zemní savci: hmyzožravci

Hmyzožravci spadají do skupiny živočichů, kde převládá živočišná potrava (hmyz, bezobratlí živočichové), tím se liší od hlodavců, kteří preferují především rostlinnou potravu (semena, plody). Dalšími odlišnými znaky od hlodavců jsou absence tenkého střeva, pomalý postnatální vývoj, malé ušní boltce a oči (Anděra et Gaisler 2012).

Obývají různé biotopy od lesů, přes tundru, step až po horské vrcholky. Část z nich vede způsob života pod zemským povrchem. K jejich pohybu jim slouží

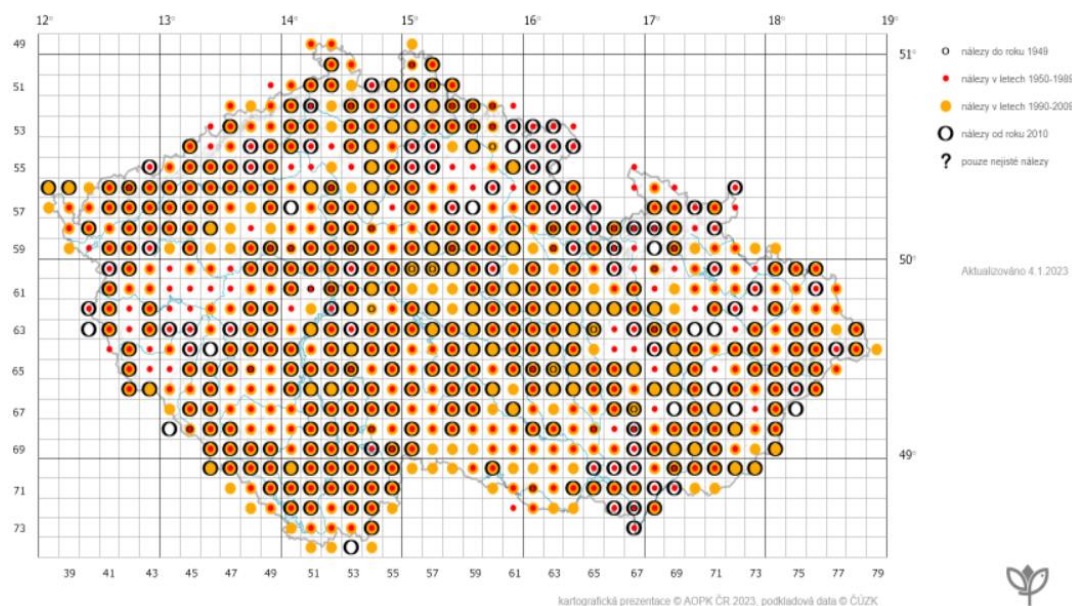
pětiprsté přední a zadní končetiny s drápky, které jsou dosti krátké. Mají dva hlavní smysly, které nejvíce využívají. Jde o čich a hmat (Anděra et Gaisler 2019).

Lebka hmyzožravců má protáhlý tvar a malou mozkovnu. Mají dobře vyvinutý chrup. Jejich zuby si dokáží poradit i s pevnou hmyzí kutikulou. Postupem času se jim zuby obrušují a nedorůstají. To má negativní dopad na starší jedince, kteří nedokážou rozdrtit a zpracovat dostatečné množství potravy a následkem toho vyhladoví a umírají (Anděra et Horáček 2005, Anděra et Gaisler 2012).

3.2.1 Rejssek obecný

Tento hmyzožravec má srst zbarvenou do tmavohněda až hnědočerna. Oči a ušní boltce jsou velice malé. Zuby mají červený odstín. Dosahují rozměrů od 60 do 80 mm, váží do 13 g. Rejssek obecný (*Sorex araneus*) jakožto palearktický druh se vyskytuje na značném území Eurasie, Velké Británie, střední Sibíře a na části Pyrenejí. Nalezneme ho téměř na celém území České republiky od nížin po vysokohorské lesy (Obrázek 6) (Ševčík et al. 2018, Anděra et Gailer 2019).

Nejvíce tomuto druhu vyhovuje humidní prostředí, kde je dostatek humusu. Jedná se o lužní lesy, horské smrčiny, břehy vodních toků, vlhké louky, rašeliniště (Mitchell-Jones et al. 1999, Anděra et Gaisler 2019). Potravní nabídka rejska obecného je z velké části živočišná. Tvoří ji různé druhy bezobratlých. Jedná se o žížaly, červy a larvy hmyzu. V ojedinělých případech konzumuje mršiny. Kvůli svému rychlému metabolismu musí konzumovat potravu každé 2 až 3 hodiny. Za den dokáže spořádat množství potravy, které odpovídá až 80 % jeho hmotnosti (Anděra et Horáček 2005).

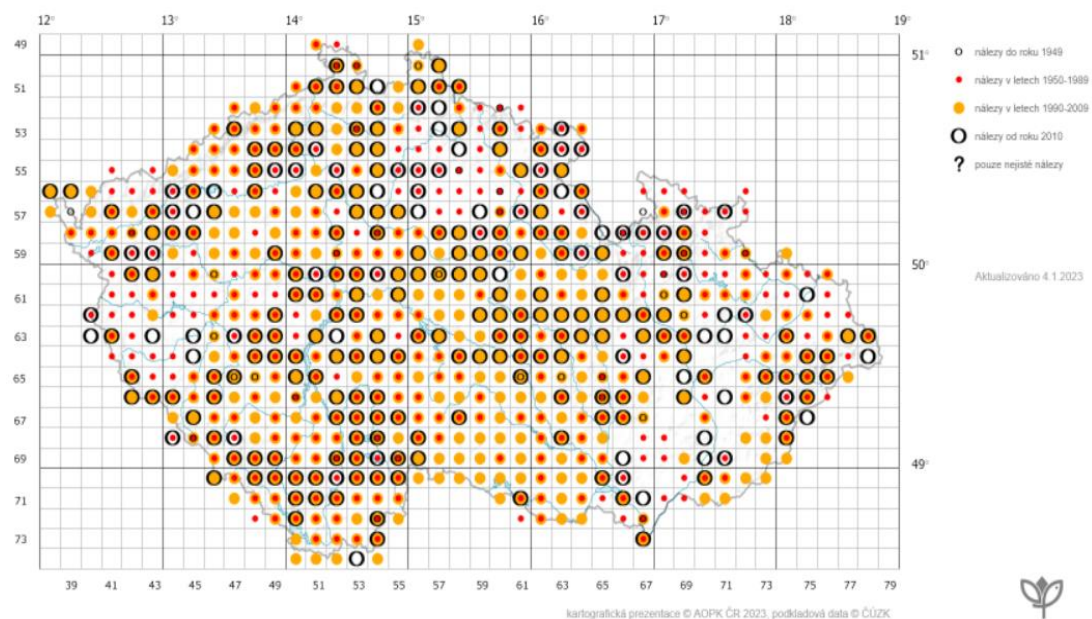


Obrázek 6: Areál rozšíření rejska obecného podle záznamů z ND OP v České republice (AOPK ČR ©2023).

3.2.2 Rejsěk malý

Rejsěk malý (*Sorex minutus*) se řadí k nejmenším savcům. Zbarvení je podobné jako u rejska obecného, oproti němu má menší velikost těla a delší ocas, ten dosahuje 65 až 90 % jeho těla. Váha se pohybuje maximálně do 6 g (Anděra et Horáček 2005, Gibson 2007). Vyhledává vlhké prostředí, tudíž ho nalezneme na podmáčených loukách, rašeliníštích, klimaxových smrčínách, smrkových monokulturách, v lužních lesích a na kamenitých sutích. V České republice je rejsěk malý běžným druhem, nalezneme ho skoro po celém území České republiky (Obrázek 7) (Anděra et Gaisler 2019).

Tento druh je aktivní nejen v noci, ale i přes den. Využívá vybudované chodby po ostatních drobných zemních savcích. Svá obydlí si staví v trsech trávy, respektive v pařezech (Anděra et Horáček 2005). Jedná se o koprofága (Anděra et Gaisler 2019). Konzumuje drobné bezobratlé živočichy – pavouky, hmyz, plže (Ševčík et al. 2018).



Obrázek 7: Areál rozšíření rejska malého podle záznamů z ND OP v České republice (AOPK ČR ©2023).

3.3 Populační dynamika drobných zemních savců

Zejména myšovití hlodavci jsou charakterističtí značnou sezónní i mimo sezónní populační dynamikou. Populační dynamika vyjadřuje určité kolísání početnosti populace organismů v čase, které jsou ovlivněny nejenom vnějšími, ale i vnitřními vlivy prostředí (Vlasák 1984). Krebs (2009, 2013) ve své studii uvádí, že populační hustota drobných zemních savců se prostorově a časově mění kvůli rozsáhlému spektru biotických a abiotických činitelů. Změna populace v průběhu roku či průběhu let může být ovlivněna: zeměpisnou šířkou, teplotou, délkou dne, produktivitou rostlin, vnějšími či vnitřními faktory prostředí.

Vnější vlivy jsou takové, ve kterých daný organismus žije. Hlavní roli u biotických faktorů hraje dostatečné množství potravní nabídky, úkrytů a vhodné klima. Množství a kvalita úkrytů je podstatná pro výchovu mláďat, neboť slouží jako ochrana před větrem, dešťovými srážkami, teplotou a predátory (draví ptáci, sovy, šelmy). Také denzita, genetická skladba a věková struktura jedinců, jakožto vnitřní faktory, ovlivňují populační dynamiku. V důsledku vysoké populační hustoty se období rozmnožování zkracuje a následně počet vrhů klesá. Dospívání mladých jedinců se zpomaluje a také se snižuje počet jedinců, kteří mohou být pohlavně aktivní.

Hmotnost jedinců v populaci se snižuje a dominují zde starší jedinci (Homolka et Švehlík 2010).

3.4 Populační cykly

Populační cykly drobných zemních savců kolísají ve více či méně pravidelných fázích (Krebs 1996, Stenseth et al. 1996). V rámci Evropy bylo zjištěno opakované přemnožení hrabošovitých. Jedná se o rody *Microtus* a *Clethrionomys* (Stenseth et Ims 1993, Stenseth 1999). Víceleté populační cykly u hrabošovitých mají čtyři základní fáze: pesimum, progradace, gradace, retrogradace. V první fázi pesima je populační hustota jedinců nízká. Dochází zde k rozmnožování s určitou prodlevou, která je způsobena fyzickou vyčerpaností jedinců po zimě a omezeným množstvím potravních zdrojů. Následuje fáze progradace, kdy dochází k růstu populace. Jedinci opouštějí svá refugia, kde přetrvávali v období pesima, a kolonizují další stanoviště. Při třetí fázi dosahují populace nejvyšších hodnot, převládají zde juvenilní jedinci. Hraboši ve fázi gradace kolonizují i méně vhodná stanoviště, jako jsou lidská obydlí, z důvodu nedostatku potravní nabídky. Následuje čtvrtá fáze (retrogradace). Charakteristická je velkým poklesem populace s nízkou hustotou a vysokou mírou úmrtnosti (Homolka et Švehlík 2010). U gradačního druhu, jako je hraboš polní, kolísají populační cykly v Evropě více či méně v průběhu 3 až 5 let (Vlasák 1986). Pravidelné cykly můžeme pozorovat i u druhů živičích se semeny v závislosti na semenných letech u bukových a dubových porostů (Suchomel et Heroldová 2004, Zárybnická et al. 2017).

3.5 Geografický gradient v populační dynamice

Jedinci téhož druhu utvářejí různé vzory fluktuací v odlišných částech světa (Stenseth 1999, Tkadlec et Stenseth 2001). Na Evropském kontinentu byla popsána řada geografických gradientů. Hansson et Henttonen (1985) popisují cyklický gradient ve Skandinávii, kde stoupá od jihu k severu rozkolísanost populační dynamiky. Amplituda oscilace následně roste a délka cyklu se prodlužuje na 5 let. Populace nacházející se v jižních oblastech Skandinávie a dále ve střední Evropě jsou méně

cyklické a často u nich probíhá výraznější sezónní kolísání než meziroční kolísání (Tkadlec et Stenseth 2001).

Víceleté populační cykly a jejich proměnlivost v průběhu let se vysvětluje působením vnějšího faktoru. Ve velké většině případů jsou s tím spojeny klimatické podmínky, které se různě mění podél geografického gradientu (Bjørnstad et al. 1998). Steen et al. (1996) ve své studii zjistil, že populační cykly některých geograficky odlišných populací hrabošů jsou synchronní, tj. nabývají maxima v témže roce. V rámci takových případů jsou obvykle klimatické podmínky nedílnou součástí a působí shodně na velkém území (Steen et al. 1996).

3.6 Vliv klimatických faktorů na populační dynamiky drobných hlodavců

Cyklické víceleté změny v populační hustotě hlodavců přisuzují někteří autoři vlivu klimatických činitelů, jako je teplota, sníh a srážky. Např. Fuller (1969) prováděl výzkum na území Kanady, kde zkoumal víceleté populační cykly hrabošů. Došel k názoru, že vlhké jarní období s nízkými teplotami a dlouhodobě trvající sněhovou pokrývkou zapříčiňují vyšší úmrtnost a snižují počty hlodavců v následujícím rozmnožovacím období. Tichoinskaja (1978) má podobné mínění, zjistila závislost mezi jarním počasím a intenzitou rozmnožování hryzce vodního (*Arvicola amphibius*). Pinter (1978) za stejně důležité pokládá i průběh a intenzitu srážek během letních měsíců, kdy v průběhu sucha dochází ke snížené intenzitě rozmnožování u hraboše horského (*Microtus montanus*). Klimatické faktory mohou mít vliv také na synchronizaci populačních cyklů v rozsáhlých geografických oblastech (Vlasák 1986). Naopak Krebs et Myers (1974) jsou odlišného názoru. Tvrdí, že vyšší úmrtnost v jarním období není způsobena klimatickými podmínkami, ale je jen jedním z typických rysů populační změny hrabošů.

3.7 Teplota

Teplota, jakožto jeden z klimatických faktorů, nepřímo ovlivňuje geografické rozšíření jednotlivých druhů. Má vliv na nabídku rostlinné a živočišné potravy. Úseky životního cyklu hrabošů jsou ovlivňovány teplotou. Teplota může působit na rozmnožování, délku života, vývoj a predaci. Drobní zemní savci jsou kvůli malé

velikosti těla méně odolní vůči teplotním výkyvům. Míra jejich přežití je závislá na vhodném mikrobiotipu (Vlasák 1986).

3.8 Srážky

Množství srážek, ať už jejich nedostatek nebo nadbytek může mít vliv na početnost drobných zemních savců. Např. Schröpfer (1972) ve své studii uvádí, že rejsek obecný reaguje na vlhkostní podmínky prostředí. Dochází u něj k migraci ze stanovišť, které jsou vyschlé nebo úplně promáčené. Rozmnožování drobných zemních savců je částečně regulováno nestejným rozložením dešťových srážek v průběhu roku (Vlasák 1986). Druhy jako hraboš polní či myš domácí (*Mus musculus*) reagují na období sucha buďto prenatalní mortalitou, nebo dochází k zastavení rozmnožování. Ostatní drobní zemní savci se uchylují k hypotermnímu stavu. Drobní zemní savci mají ve většině případů malé domovské okrsky a větší záplavy a podmáčení terénu způsobuje vyšší úmrtnost mláďat. Pokud má podmáčený terén dlouhodobější trvání, vede to následně k migraci dospělých jedinců (Vlasák 1986). Úspěšnost přežití jedinců při těchto podmínkách se odvíjí od toho, v jaké vzdálenosti a velikosti jsou ostatní vhodné mikrobioty (Vlasák et Porkert 1973, Formozov 1976). Naopak hraboš mokřadní a hraboš severní (*Microtus Oeconomyus*) patří do skupiny druhů hydrofilních. Svá obydlí neopouštějí, přizpůsobí se okolním podmínkám (Vlasák 1986).

3.9 Sníh

Sněhová pokrývka plní dvě základní funkce pro drobné zemní živočichy. V prvním případě slouží jako tepelná izolace v oblastech, kde teploty v zimních měsících klesají hluboko pod nulu. Teplota pod sněhovou pokrývkou se udržuje kolem nuly a vytváří savcům obstojné podmínky pro přežití. Dále plní ochrannou funkci před různými predátory, jako jsou dravci, sovy, kuny (Halonen et al. 2007). Na otevřených biotopech a v mozaikovitě členité krajině ulehčuje sněhová pokrývka pohyb hlodavců pod vrstvou sněhu. Nejvíce rizikové období pro přezimování je před vytvořením sněhové pokrývky a po roztání sněhu. V tuto dobu přispívá k přežívání významně fragmentace krajiny (Aars et Ims 2002). Solonen (2004) zjistil, že mírné zimy, kdy se

střídá období mrazů s oteplováním, způsobují vyšší úmrtnost drobných zemních savců, nežli v období dlouhotrvajících zim.

Snížení hustoty populace po zimě je úzce spjato s kolísáním denních teplot, vyčerpáním zásob potravy po zimě, střídáním období mrazů a táním sněhu (Huitu et al. 2007). Nejvyšší míra predace nastává, když odtaje sněhová pokrývka. Na stanovištích ještě není dostatek travinné vegetace a hlodavci se musejí vydávat mimo své domovské okrsky pro potravu (Arms et Ims 2002).

4. Metodika

4.1 Charakteristika území

Studijní oblast se nachází ve východních Krušných horách v okolí Flájské přehrady na ploše 120 km² (735—956 m n. m.). Lokalita je charakteristická zvýšeným úhrnem srážek, v průměru 800—1200 mm/ročně. Vzhledem k nadmořské výšce klima spadá do oblasti humidní až perhumidní (Hetze 1984).

Krajinný ráz Krušných hor byl značně pozměněn v 2. polovině 20. století. Emise z podkrušnohorských elektráren zcela zdevastovaly původní lesy. Nejvíce byla postižena oblast náhorní plošiny, kde nadměrné koncentrace oxidu siřičitého z elektráren způsobily odumření velké části smrkových porostů a vznik rozsáhlých imisních holin. V rámci obnovy lesa byly použity náhradní dřeviny včetně nepůvodního smrku pichlavého (*Picea pungens*) a dále jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*), břízy (*Betula* sp.) a buku lesního (*Fagus sylvatica*). Výsledná krajina je velice mozaikovitá s porosty náhraních dřevin, porosty smrku ztepilého (*Picea abies*), solitérními buky, pastvinami a otevřenými plochami. V současné době v některých oblastech Krušných hor způsobuje kloubnatka smrková (*Cucurbitaria piceae*) odumírání náhradních dřevin smrku pichlavého a postupně jsou tyto porosty nahrazovány původním smrkem ztepilým (Drdáková-Zárybnická 2004).

4.2 Popis odchyťových ploch

Ve studijní oblasti Krušných hor byly použity celkem tři kvadráty (B, C, D) pro zjištění populační hustoty drobných zemních savců. Velikost jednoho kvadrátu byla 1 hektar, na který se položilo dohromady 121 pastí (11x11, 10 m od sebe). Metoda past'ování byla uskutečněna dvakrát do roka (červen, říjen) a byla aplikována na šesti odchyťových plochách. Aby se zabránilo vlivu odchyty na populační dynamiku drobných zemních savců, jarní a podzimní odchyťové kvadráty se nepřekrývaly (vyskytovaly se vedle sebe).

Biotopové složení jednotlivých kvadrátů bylo odlišné. Na kvadrátu D (nejbliže k obci Klíny) se vyskytoval porost smrku pichlavého, jeřábu ptačího, modřínu opadavého (*Larix decidua*) a břízy bělokoré (*Betula pendula*). Kvadrát B

(nejdále od obce Klíny) měl obdobný habitat jako kvadrát D, ovšem v roce 2017 zde došlo k vytěžení porostu a následně k vysázení sazenic buku. Na podzim v roce 2017 zde kvůli těžbě dřeva neprobíhaly odchyty. Kvadrát C byl jako jediný umístěn ve svahu a strukturu porostu tvořil především smrk pichlavý. Na všech kvadrátech se alespoň v určité míře vyskytovaly byliny z čeledi lipnicovité (*Poaceae*). Jde především o zástupce třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) a metličky křivolaké (*Deschampsia flexuosa*) (Šťastný et al. 2010, Zárbybnická et al. 2015, Zárbybnická et al. 2017).

4.3 Odchyt a determinace drobných zemních savců

K zjištění početnosti drobných zemních savců se používala tzv. metoda past'ování. Pro odchyt byly použity sklapovací pasti dřevěné a železné o rozměrech 5x10 cm. Pasti byly vnaďeny návnadou, která se skládala z kousku opraženého knotu v mouce a tuku. Po dobu tří dnů byly pasti rozloženy na jednotlivých kvadrátech. Každé ráno proběhl sběr odchycených drobných zemních savců. U jednotlivých jedinců se zjišťoval druh, váha, délka těla od špičky čenichu po řitní otvor, délka ocasu od řitního otvoru po špičku ocasu bez koncových chloupků, délka ušního boltce od spodního zářezu po hrot boltce bez chlupů a délka zadního chodidla od paty po konec nejdelšího prstu bez drápů. Vážení jedinců probíhalo pomocí pružinové váhy Pesola s přesností 0,5 g. Ostatní měření těla, ocasu, tlapky a ušního boltce se zjišťovala pomocí posuvného měřítka. Pro určení pohlaví proběhla pitva každého jedince (Pelikán 1975, Anděra et Horáček 1982). Do odchytových pastí byli chytáni zástupci myšic (myšice lesní a myšice křovinná), hrabošů (hraboš mokřadní a hraboš polní), norníků (pouze jediný zástupce norník rudý) a rejsek (rejsek obecný a rejsek malý).

4.4 Klimatické faktory

Klimatická data o teplotě, srážkách a sněhu byla získána z Českého hydrometeorologického ústavu. Z hydrometeorologické stanice Nová Ves v Horách byla získána denní data o teplotě, srážkách a sněhu od roku 2014 do 2020, která byla následně přepočtena na průměrné měsíční hodnoty. Do následujících analýz byla

použita pouze průměrná teplota vzduchu, průměrný úhrn srážek a průměrná výška sněhové pokrývky v období března až květen, listopad až květen a červen až květen.

4.5 Statistické analýzy

Veškerá data, která byla odebrána v terénu, se zpracovala v programu R (3.5.2). K vyhodnocení dat se použily analýzy, které zjišťovaly, jaký vliv mají klimatické faktory na početnost čtyř nejhojněji se vyskytujících skupin drobných zemních savců, tj. *Apodemus*, *Clethrionomys*, *Microtus* a *Sorex*. Analýzy se prováděly zvlášť pro každý rod. Počet drobných zemních savců byl vyjádřen počtem jedinců chycených na 1 ha (kvadrát B, C, D) po dobu 3 nocí na jaře a na podzim. Klimatické faktory, tj. teplota, úhrn srážek a výška sněhové pokrývky byly zkoumány ve třech různých časových obdobích před dobou odchyty. První období bylo od března do května (předchozí jaro), druhé období bylo od listopadu do května (předchozí podzim a jaro) a třetí období bylo od června do května (předchozí rok).

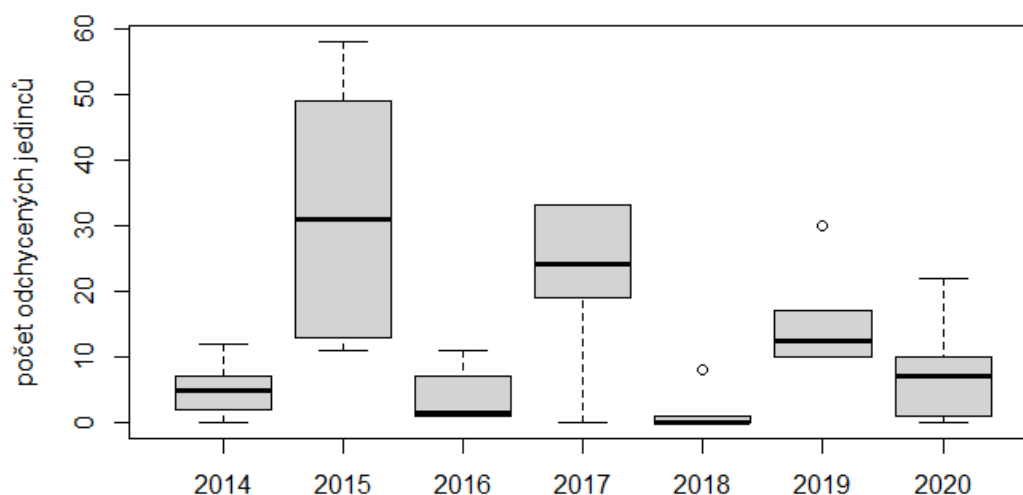
Analýzy se provedly pomocí smíšených lineárních modelů (GLMM), funkce *lmer*. První analýza zjišťovala, zda se počet odchycených jedinců daného rodu lišil mezi jarem a podzimem. Závislou proměnnou (response variable) byl počet odchycených jedinců rodu *Apodemus*, *Clethrionomys*, *Microtus* a *Sorex*. Nezávislou proměnnou (predictor variable) bylo období odchyty (jaro/podzim). Jako random efekt byl použit rok a kvadrát. K zobrazení výsledků byly použity boxploty. Pokud byl rozdíl v počtu jedinců mezi obdobími signifikantní, pak do následující analýzy (viz níže) bylo období zahrnuto v interakci s klimatickými prediktory.

Druhá analýza měla za úkol zjistit, zda klimatické faktory, tj. teplota, úhrn srážek a výška sněhové pokrývky mají vliv na početnost jedinců rodu *Apodemus*, *Clethrionomys*, *Microtus* a *Sorex*. U rodu *Apodemus* byla provedena analýza bez interakcí. Závislou proměnnou byl počet chycených myšic, nezávislými proměnnými byly teplota, srážky a sníh. Jako random efekt byl použit kvadrát. U ostatních savců (hrabošů, norníků a rejsků) byly použity analýzy s interakcemi. Závislou proměnnou byl vždy počet odchycených jedinců, nezávislými proměnnými byly teplota, srážky, sníh a interakce mezi obdobím-teplotou, obdobím-srážkami a obdobím-sněhem. Jako random efekt se použil kvadrát. Zobrazeny byly pouze významné výsledky pomocí lineární regrese.

5. Výsledky

5.1 Struktura drobných zemních savců v letech 2014—2020

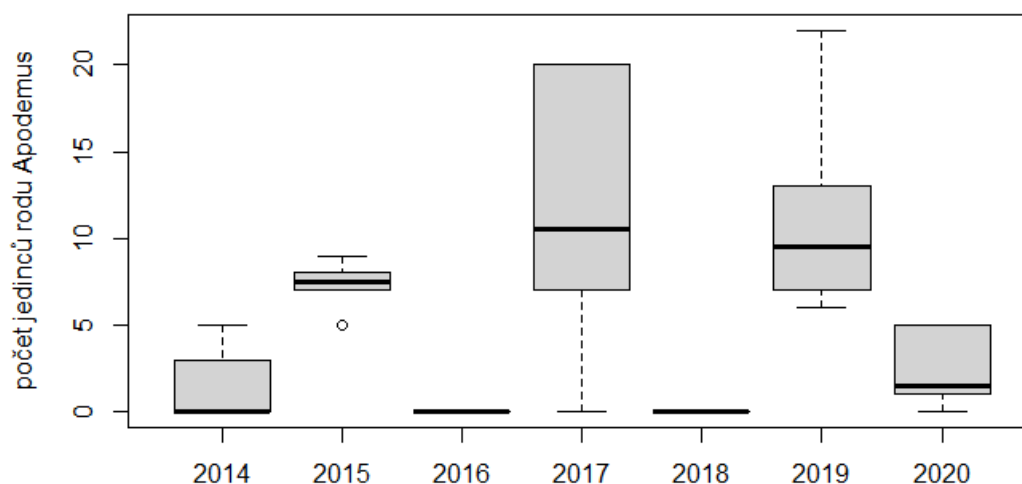
V období 2014—2020 bylo na odchytných plochách B, C, D chyceno celkem 528 jedinců během jarních a podzimních odchytů. Do sklapovacích pastí byli chyceni jedinci rodu *Apodemus*, *Clethrionomys*, *Microtus* a *Sorex*. Nejvyšší míru zastoupení měl rod *Apodemus* (38,15 %). Druhým nejpočetnějším byl rod *Clethrionomys* (23,35 %). Následovaly rody *Microtus* (21,27 %) a *Sorex* (17,23 %). V průběhu let 2014—2020 početnost jedinců značně fluktovala (Obrázek 8). Významné maximum v odchytu jedinců bylo zaznamenáno v roce 2015 (193 ks, 36,23 %). Naopak minimum v roce 2018 (9 ks, 0,02 %, Obrázek 8).



Obrázek. 8: Změny v početnosti odchycených jedinců v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Počet drobných zemních savců je vyjádřen počtem jedinců chycených na 1 ha (kvadrát B, C, D) na jaře a na podzim. Boxplot: medián, rozsah: 25 % — 75 %.

5.1.1 Rod *Apodemus*

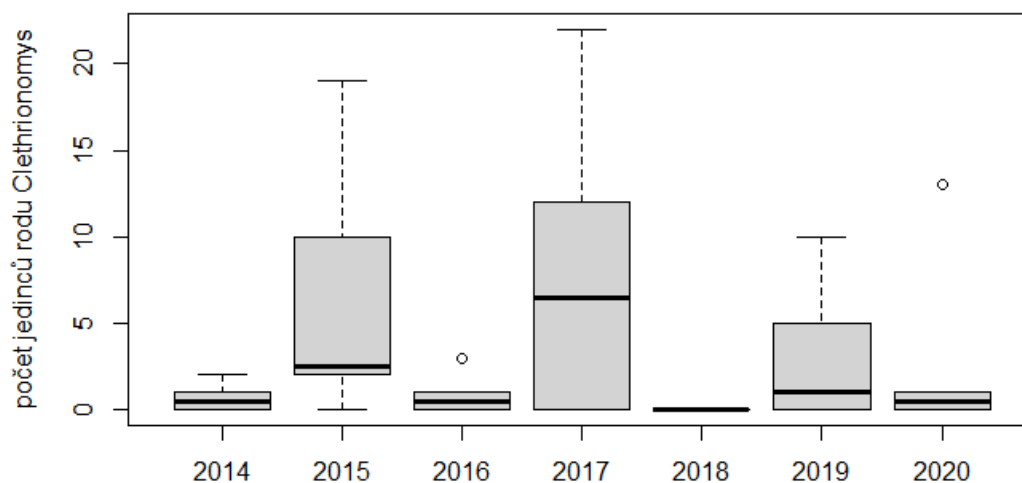
V letech 2014—2020 bylo odchyceno celkem 201 myšic rodu *Apodemus*. V jarním období 2014—2020 bylo odchyceno průměrně 15 jedinců/rok (SD = 15,71), v podzimním období průměrně 14 jedinců/rok (SD = 12,83). Nejvyšší počty odchycených jedinců byly zaznamenány v roce 2017 a 2019. Ani jeden jedinec nebyl odchycen v roce 2016 a 2018 (Obrázek 9).



Obrázek 9: Změny v početnosti odchycených jedinců rodu *Apodemus* v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Počet drobných zemních savců je vyjádřen počtem jedinců chycených na 1 ha (kvadrát B, C, D) na jaře a na podzim. Boxplot: medián, rozsah: 25 % — 75 %.

5.1.2 Rod *Clethrionomys*

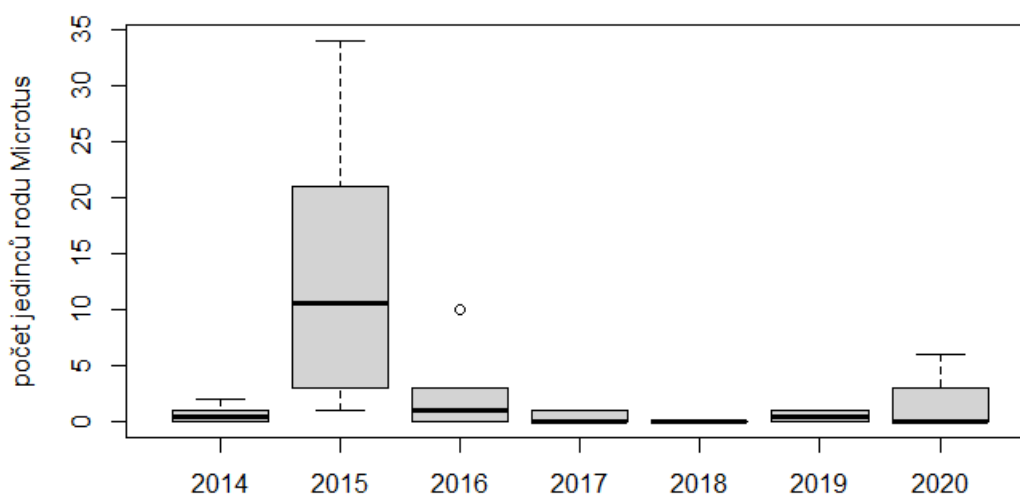
V letech 2014—2020 bylo odchyceno celkem 124 norníků rodu *Clethrionomys*. V jarním období 2014—2020 byli odchyceni průměrně 3 jedinci/rok (SD = 4,85), v podzimním období průměrně 15 jedinců/rok (SD = 12,53). Nejvyšší počty odchycených jedinců byly zaznamenány v roce 2015 a 2017, v ostatních letech se počty jedinců pohybovaly v relativně nízkých hodnotách, v roce 2018 nebyl odchycen žádný jedinec (Obrázek 10).



Obrázek 10: Změny v početnosti odchycených jedinců rodu *Clethrionomys* v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Počet drobných zemních savců je vyjádřen počtem jedinců chycených na 1 ha (kvadrát B, C, D) na jaře a na podzim. Boxplot: medián, rozsah: 25 % — 75 %.

5.1.3 Rod *Microtus*

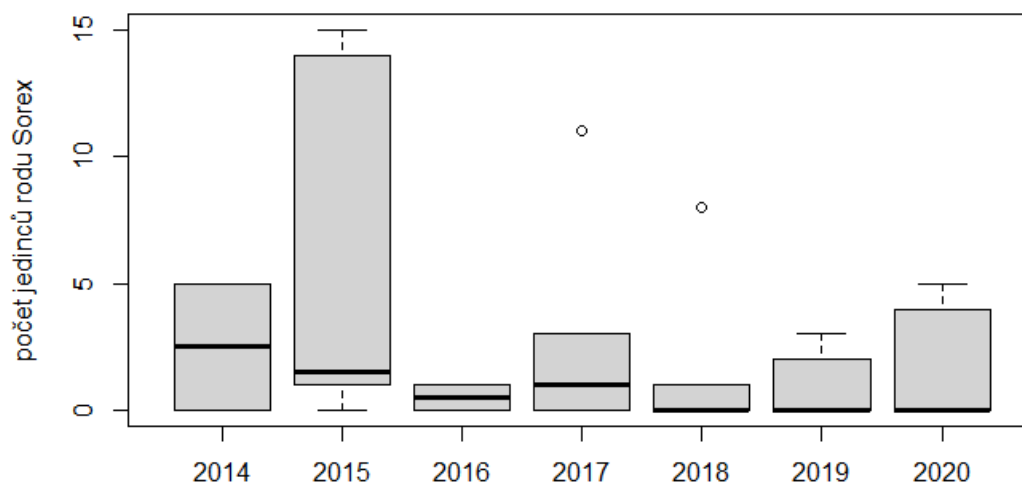
V letech 2014—2020 bylo odchyceno celkem 113 hrabošů rodu *Microtus*. V jarním období 2014—2020 byli odchyceni průměrně 3 jedinci/rok (SD = 2,87), v podzimním období průměrně 13 jedinců/rok (SD = 24,46). Nejvyšší počty odchycených jedinců byly zaznamenány v roce 2015, v ostatních letech se počty jedinců pohybovaly v relativně nízkých hodnotách, v roce 2018 nebyl odchycen žádný jedinec (Obrázek 11).



Obrázek 11: Změny v početnosti odchycených jedinců rodu *Microtus* v letech 2014-2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Počet drobných zemních savců je vyjádřen počtem jedinců chycených na 1 ha (kvadrát B, C, D) na jaře a na podzim. Boxplot: medián, rozsah: 25 % — 75 %.

5.1.4 Rod *Sorex*

V letech 2014—2020 bylo odchyceno celkem 90 rejsků rodu *Sorex*. V jarním období 2014—2020 byl odchycen průměrně 1 jedinec/rok (SD = 0,98), v podzimním období průměrně 12 jedinců/rok (SD = 8,51). Nejvyšší počty odchycených jedinců byly zaznamenány v roce 2015, v ostatních letech se počty jedinců pohybovaly v nižších početnostech (Obrázek 12).



Obrázek 12: Změny v početnosti odchytených jedinců rodu *Sorex* v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Počet drobných zemních savců je vyjádřen počtem jedinců chycených na 1 ha (kvadrát B, C, D) na jaře a na podzim. Boxplot: medián, rozsah: 25 % — 75 %.

5.2 Korelace mezi klimatickými prediktory

Testované klimatické prediktory, tj. sníh, srážky, teplota byly kontrolovány pro případné vzájemné korelace. Bylo zjištěno, že žádný z korelačních koeficientů nepřekročil hodnotu 0,62 (březen-květen), 0,48 (listopad-květen) a 0,48 (červen-květen), (Tabulka 1). Protože nebyly zjištěny významné korelace, všechny prediktory byly zahrnuty do následujících analýz.

Jaro (březen-květen)	Teplota	Srážky	Sníh
Teplota	1,000	-0,169	-0,610
Srážky	-0,169	1,000	0,339
Sníh	-0,610	0,339	1,000
Podzim + jaro (listopad-květen)			
Teplota	1,000	-0,125	-0,471
Srážky	-0,125	1,000	0,169
Sníh	-0,471	0,169	1,000
Celý rok (červen-květen)			
Teplota	1,000	0,323	-0,477
Srážky	0,323	1,000	-0,054
Sníh	-0,477	-0,054	1,000

Tabulka 1: Korelační koeficienty klimatických prediktorů, tj. teploty, srážek a sněhu vyskytujících se v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

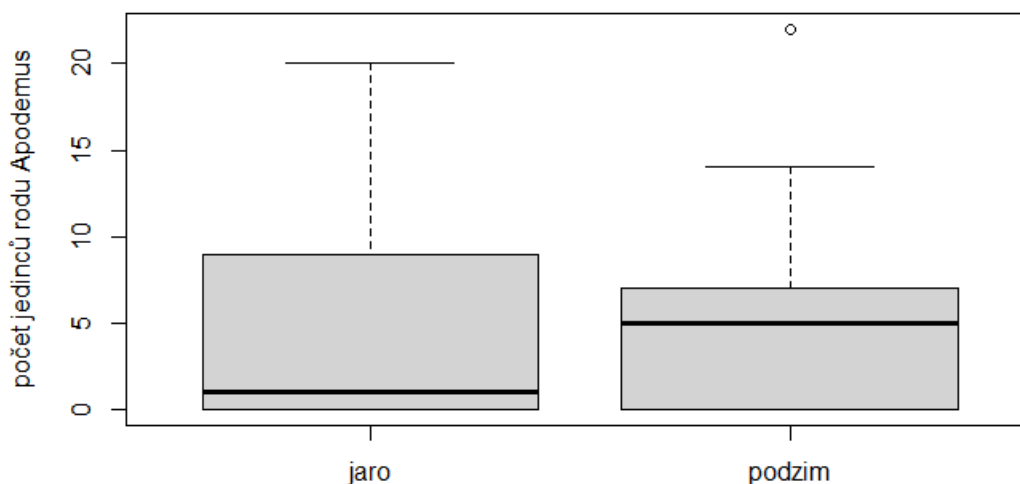
5.3 Vliv klimatických faktorů na početnost drobných zemních savců

5.3.1 Rod *Apodemus*

Počet odchycených myšic rodu *Apodemus* se signifikantně nelišil mezi jarními a podzimními odchyty (Tabulka 2, Obrázek 13). Z tohoto důvodu nebylo období zahrnuto do interakce s klimatickými prediktory v následující analýze.

	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)
Intercept	4,857	2,095	8,000	2,319	0,0502
Období podzim	-0,143	1,206	32,000	-0,118	0,9065

Tabulka 2: Výsledky analýzy, ve které byl testován počet jedinců rodu *Apodemus* odchycených v jarním a podzimním období (období byl prediktor) v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

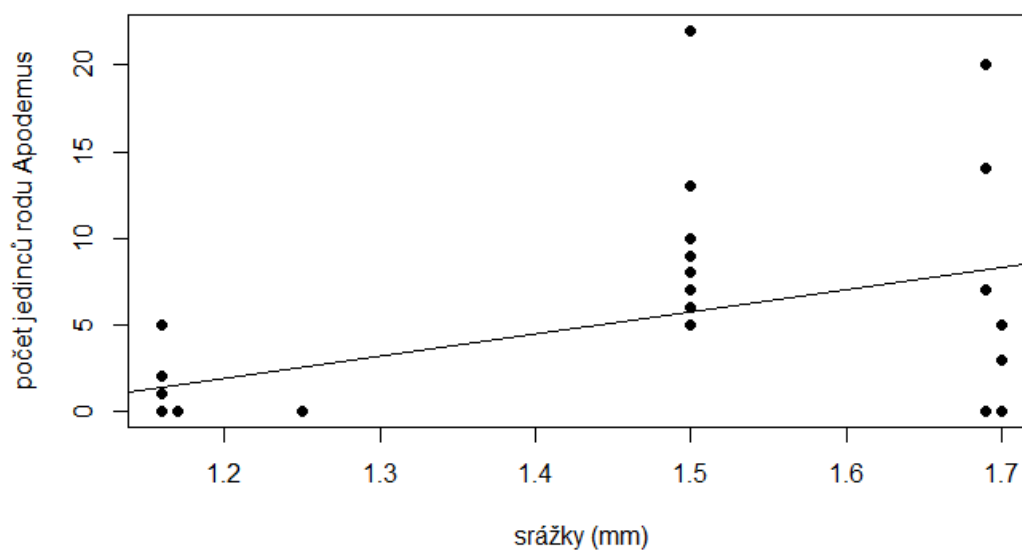


Obrázek 13: Počet jedinců rodu *Apodemus* odchycených při jarních a podzimních odchytech v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Boxplot: medián, 25 % —75 %.

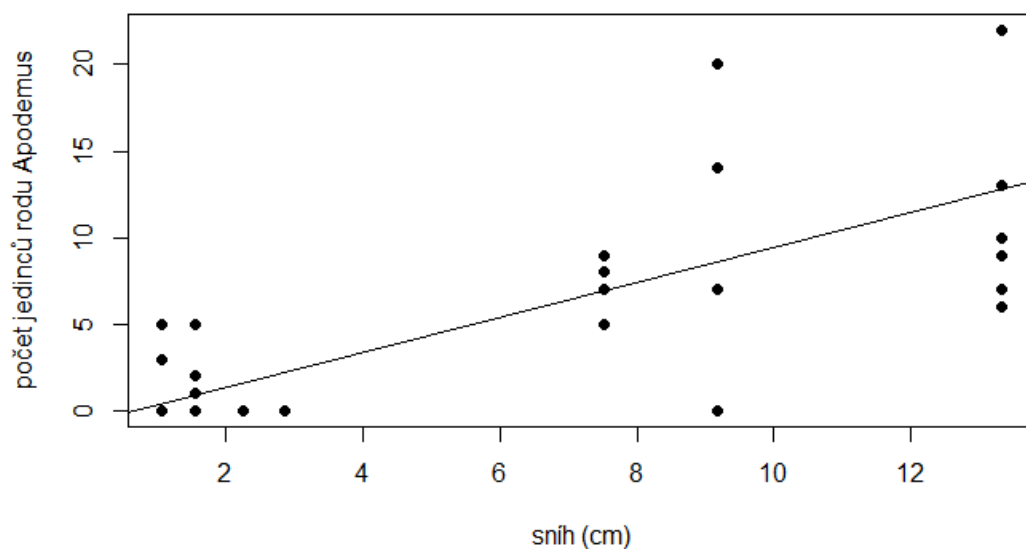
Sníh, srážky i teplota měly významný vliv na počet odchycených myšic rodu *Apodemus* (Tabulka 3). Početnost myšic se signifikantně zvyšovala se zvyšující se výškou sněhové pokrývky měřené v listopadu až květnu (Obrázek 15) a červnu až květnu (Obrázek 16). Zároveň se početnost myšic signifikantně zvyšovala se zvyšujícím se množstvím srážek (Obrázek 14) a snižující se teplotou (Obrázek 17) měřených v březnu až květnu.

	Estimate	Std.Error	df	t value	Pr(> t)
Jaro (březen-květen)					
Intercept	-2,807	8,138	37,000	-0,345	0,7321
Teplota	-2,253	1,140	36,000	-1,976	0,0559
Srážky	15,322	3,809	36,000	4,023	0,0003
Sníh	0,918	1,025	36,000	0,895	0,3765
Podzim + jaro (listopad-květen)					
Intercept	7,860	7,047	37,000	1,115	0,2719
Teplota	-2,404	2,220	36,000	-1,083	0,2861
Srážky	-0,478	5,433	36,000	-0,088	0,9303
Sníh	0,867	0,347	36,000	2,494	0,0174
Celý rok (červen-květen)					
Intercept	-15,795	31,469	36,000	-0,502	0,6192
Teplota	0,173	2,614	36,000	0,066	0,9484
Srážky	6,772	6,520	36,000	1,039	0,3061
Sníh	1,822	0,291	36,000	6,258	< 0,0001

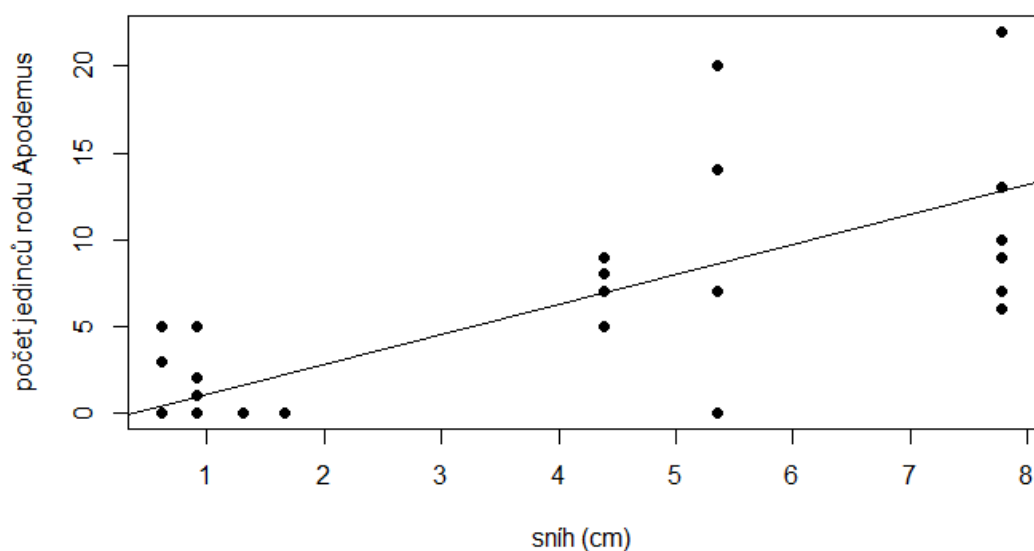
Tabulka 3: Vliv klimatických faktorů na početnost jedinců rodu *Apodemus* v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



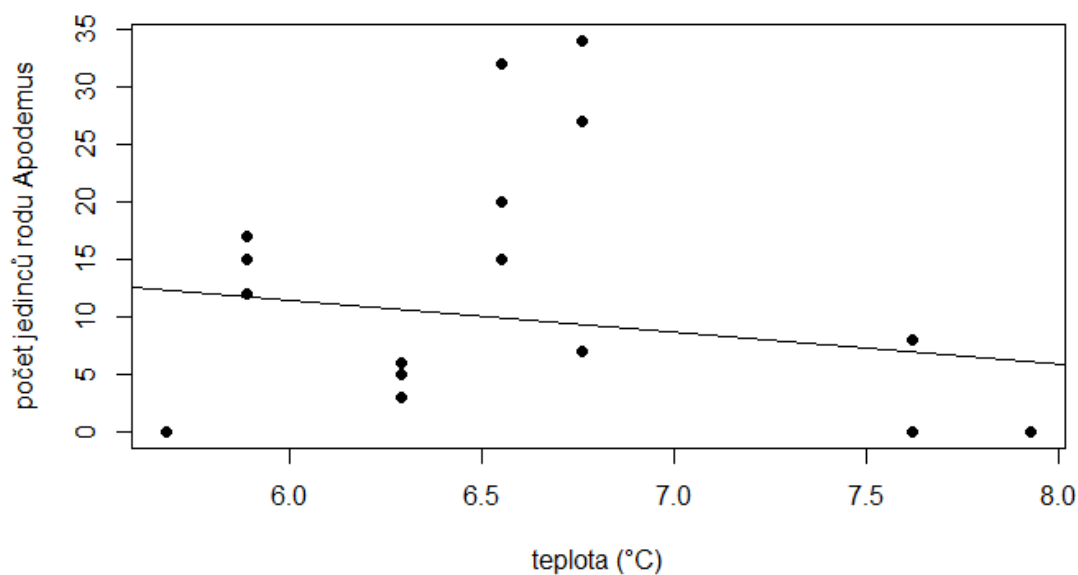
Obrázek 14: Pozitivní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Apodemus* odchycených v červnu a říjnu a úhrnem srážek zaznamenaným v období březen až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



Obrázek 15: Pozitivní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Apodemus* odchycených v červnu a říjnu a výškou sněhové pokrývky zaznamenané v období listopad až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



Obrázek 16: Pozitivní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Apodemus* odchycených v červnu a říjnu a výškou sněhové pokrývky zaznamenané v období červen až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



Obrázek 17: Negativní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Apodemus* odchycených v červnu a říjnu a teplotou zaznamenanou v období březen až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

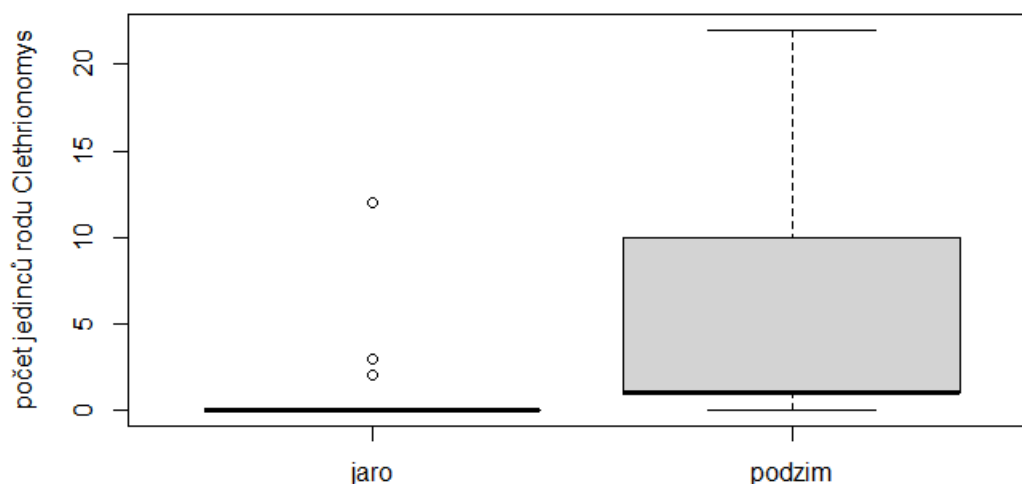
5.3.2 Rod *Clethrionomys*

Počet odchycených norníků rodu *Clethrionomys* se signifikantně lišil mezi jarními a podzimními odchyty (Tabulka 4): na podzim bylo odchyceno více jedinců než na jaře (Obrázek 18). Z tohoto důvodu bylo období odchyty zahrnuto v následující analýze v interakci s klimatickými prediktory.

	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)
Intercept	1,048	1,360	8,000	0,771	0,4639
Období podzim	3,810	1,409	32,000	2,703	0,0109

Tabulka 4: Výsledky analýzy, ve které byl testován počet jedinců rodu *Clethrionomys* odchycených v jarním a podzimním období (období byl prediktor) v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

Sníh, srážky ani teplota měřené ve třech různých obdobích (březen-květen, listopad-květen, červen-květen) neměly významný vliv na počet odchycených norníků rodu *Clethrionomys* (Tabulka 5).



Obrázek 18: Počet jedinců rodu *Clethrionomys* odchytených při jarních a podzimních odchytech v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Boxplot: medián, 25 % — 75 %.

	Estimate	Std.Error	df	t value	Pr(> t)
Jaro (březen-květen)					
Intercept	1,350	11,008	32,000	0,123	0,9032
Teplota	-0,958	1,543	32,000	-0,621	0,5395
Srážky	4,486	5,156	32,000	0,870	0,3917
Sníh	-0,339	1,387	32,000	-0,245	0,8082
Teplota:období podzim	-1,737	2,183	32,000	-0,796	0,4326
Srážky:období podzim	7,746	7,292	32,000	1,062	0,2968
Sníh:období podzim	1,499	1,961	32,000	0,764	0,4513
Podzim + jaro (listopad-květen)					
Intercept	9,600	11,533	32,000	0,832	0,4116
Teplota	-4,717	3,645	32,000	-1,294	0,2054
Srážky	4,533	8,920	32,000	0,508	0,6152
Sníh	-0,350	0,570	32,000	-0,614	0,5441
Teplota:období podzim	-1,555	5,154	32,000	-0,302	0,7657
Srážky:období podzim	-2,806	12,615	32,000	-0,222	0,8256
Sníh:období podzim	0,490	0,807	32,000	0,607	0,5489
Celý rok (červen-květen)					
Intercept	-10,168	52,993	32,000	-0,192	0,8491
Teplota	-0,486	4,403	32,000	-0,110	0,9132
Srážky	6,880	10,981	32,000	0,626	0,5354
Sníh	0,314	0,480	32,000	0,641	0,5267
Teplota:období podzim	-4,356	6,627	32,000	-0,700	0,4898
Srážky:období podzim	-8,341	15,529	32,000	-0,537	0,5951
Sníh:období podzim	0,578	0,693	32,000	0,834	0,4115

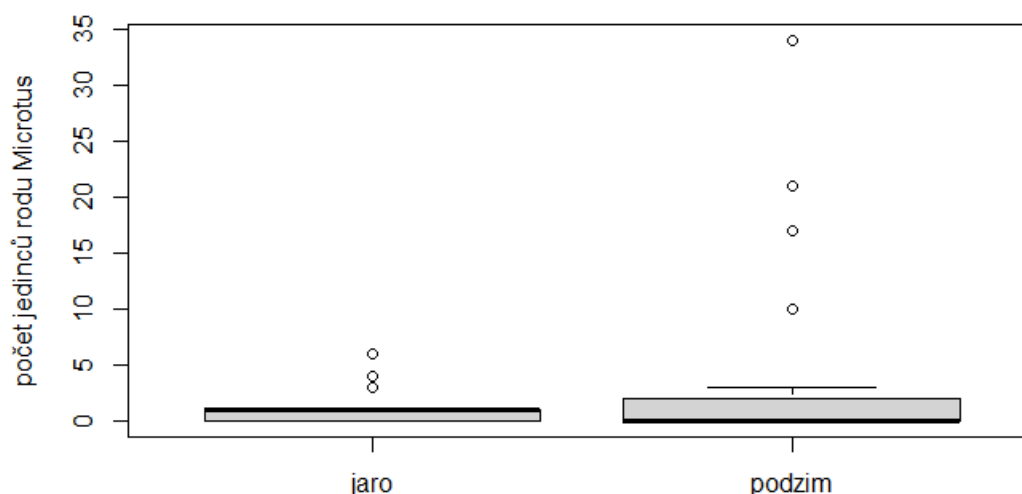
Tabulka 5: Vliv klimatických faktorů na početnost jedinců rodu *Clethrionomys* v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

5.3.3 Rod *Microtus*

Počet odchycených hrabošů rodu *Microtus* se signifikantně lišil mezi jarními a podzimními odchyty (Tabulka 6): na podzim bylo odchyceno více jedinců než na jaře (Obrázek 19). Z tohoto důvodu bylo období odchyty zahrnuto v následující analýze v interakci s klimatickými prediktory.

	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)
Intercept	1,143	1,984	7,765	0,576	0,5809
Období podzim	3,095	1,541	32,000	2,008	0,0531

Tabulka 6: Výsledky analýzy, ve které byl testován počet jedinců rodu *Microtus* odchycených v jarním a podzimním období (období byl prediktor) v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

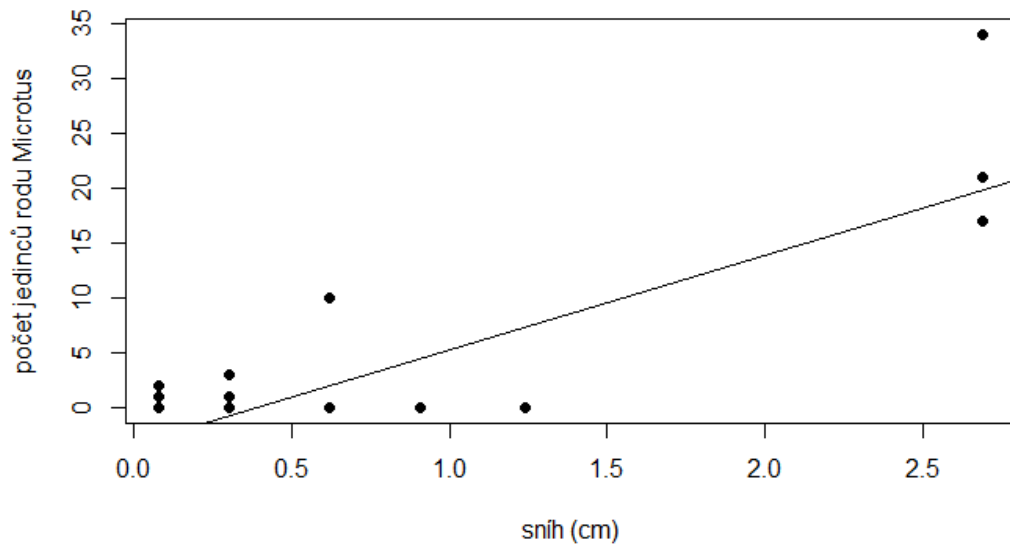


Obrázek 19: Počet jedinců rodu *Microtus* odchycených při jarních a podzimních odchytech v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Boxplot: medián, 25 % — 75 %.

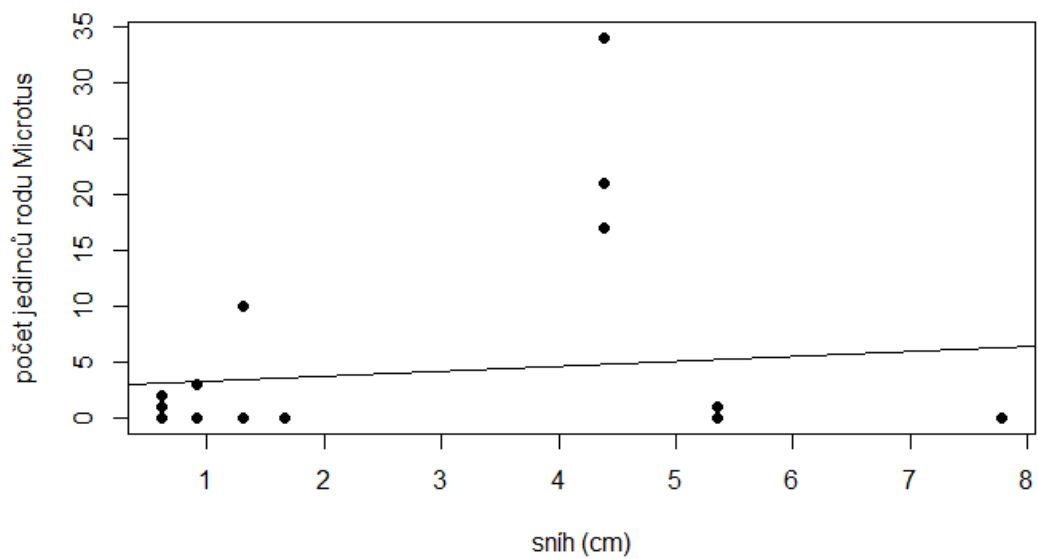
Sníh, srážky a teplota měly významný vliv na počet odchycených hrabošů rodu *Microtus* (Tabulka 7), ovšem pouze v interakci s odchyťovým obdobím. Početnost hrabošů na podzim, nikoliv však na jaře, se signifikantně zvyšovala s výškou sněhové pokrývky měřené v březnu až květnu (Obrázek 20) a červnu až květnu (Obrázek 21). Dále se početnost hrabošů odchycených na podzim, nikoliv však na jaře, signifikantně snižovala se zvyšujícím se množstvím srážek měřených v červnu až květnu (Obrázek 22) a zvyšující se teplotou měřenou v červnu až květnu (Obrázek 23). Žádný z prediktorů významně neovlivnil početnost hrabošů na jaře ani na podzim (Tabulka 7).

	Estimate	Std.Error	df	t value	Pr(> t)
Jaro (březen-květen)					
Intercept	7,152	8,897	33,000	0,804	0,4273
Teplota	-0,808	1,245	32,000	-0,649	0,5216
Srážky	-0,659	4,160	32,000	-0,158	0,8759
Sníh	0,365	1,119	32,000	0,326	0,7474
Teplota:období podzim	-1,565	1,761	32,000	-0,889	0,3812
Srážky:období podzim	6,453	5,883	32,000	1,097	0,2814
Sníh:období podzim	7,346	1,582	32,000	4,642	< 0,0001
Podzim + jaro (listopad-květen)					
Intercept	-1,995	16,283	34,000	-0,122	0,9035
Teplota	0,141	5,147	34,000	-0,027	0,9786
Srážky	1,966	12,598	34,000	0,156	0,8773
Sníh	-0,063	0,806	34,000	-0,079	0,9384
Teplota:období podzim	-3,126	7,280	34,000	-0,429	0,6784
Srážky:období podzim	-17,592	17,816	34,000	-0,987	0,3326
Sníh:období podzim	0,734	1,139	34,000	0,645	0,5237
Celý rok (červen-květen)					
Intercept	23,236	41,611	32,000	0,558	0,5805
Teplota	-1,595	3,457	32,000	-0,461	0,6477
Srážky	-4,997	8,622	32,000	-0,580	0,5663
Sníh	-0,111	0,385	32,000	-0,288	0,7755
Teplota:období podzim	-29,942	4,889	32,000	-6,125	< 0,0001
Srážky:období podzim	-63,642	12,193	32,000	-5,220	< 0,0001
Sníh:období podzim	-1,364	0,544	32,000	-2,505	0,0175

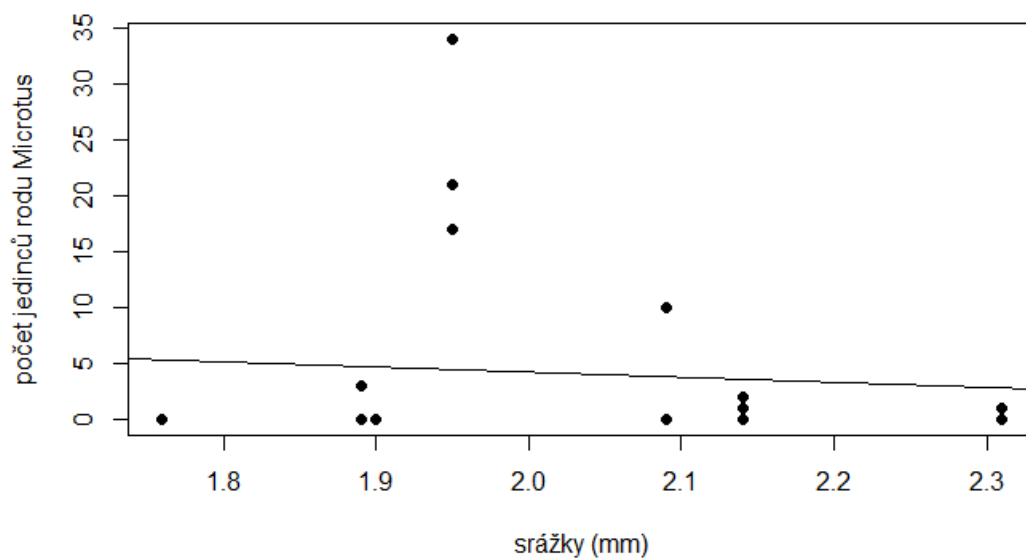
Tabulka 7: Vliv klimatických faktorů na početnost jedinců rodu *Microtus* v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



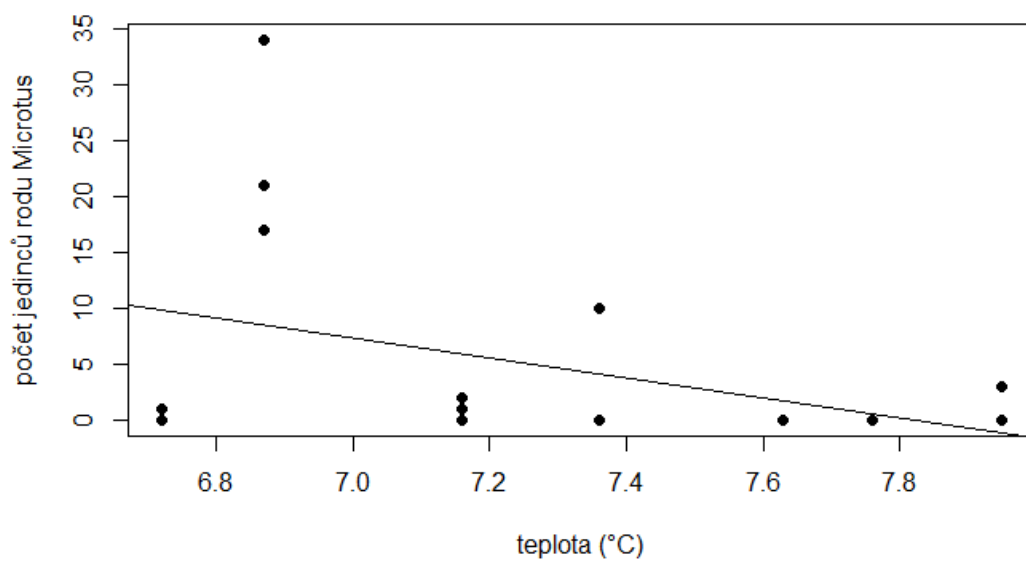
Obrázek 20: Pozitivní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Microtus* odchycených v říjnu a výškou sněhové pokrývky zaznamenané v období březen až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



Obrázek 21: Pozitivní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Microtus* odchycených v říjnu a výškou sněhové pokrývky zaznamenané v období červen až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



Obrázek 22: Negativní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Microtus* odchytených v říjnu a úhrnem srážek zaznamenaným v období červen až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



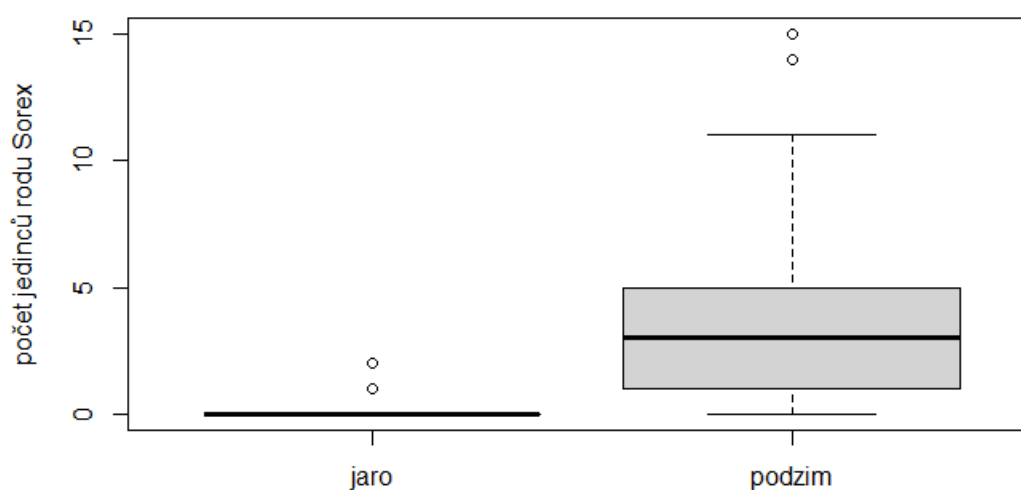
Obrázek 23: Negativní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Microtus* odchytených v říjnu a teplotou zaznamenanou v období červen až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

5.3.4 Rod *Sorex*

Počet odchycených rejsků rodu *Sorex* se signifikantně lišil mezi jarními a podzimními odchyty (Tabulka 8): na podzim bylo odchyceno více jedinců než na jaře (Obrázek 24). Z tohoto důvodu bylo období odchyty zahrnuto v následující analýze v interakci s klimatickými prediktory.

	Estimate	Std. Error	df	t value	Pr(> t)
Intercept	0,286	0,937	6,000	0,305	0,7715
Období podzim	3,714	0,895	32,000	4,152	0,0002

Tabulka 8: Výsledky analýzy, ve které byl testován počet jedinců rodu *Sorex* odchycených v jarním a podzimním období (období byl prediktor) v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

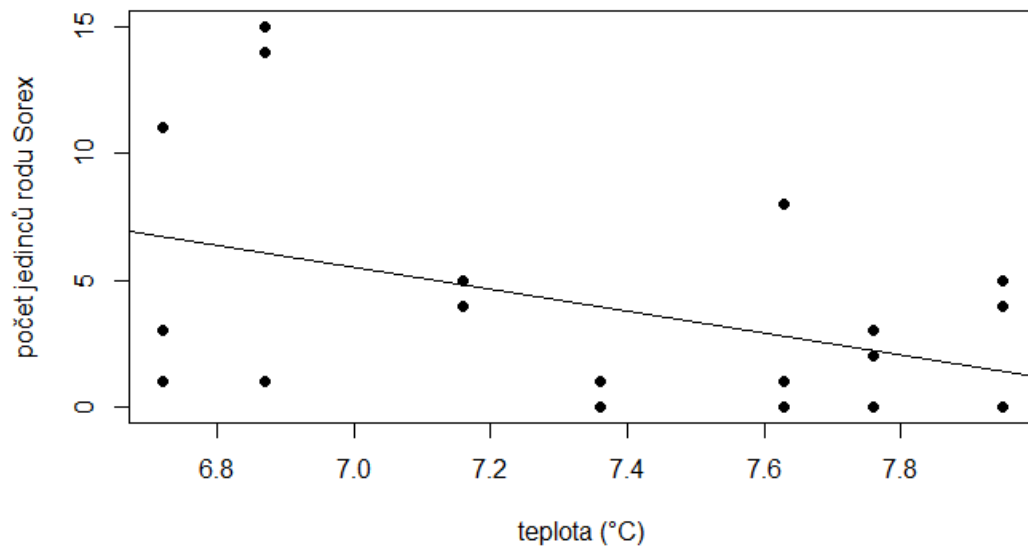


Obrázek.24: Počet jedinců rodu *Sorex* při jarních a podzimních odchytech v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor. Boxplot: medián, 25 % — 75 %.

Pouze teplota měla významný vliv na počet odchycených rejsků rodu *Sorex* a to v interakci s odchyťovým obdobím (Tabulka 9). Početnost rejsků na podzim, nikoliv však na jaře, se signifikantně snižovala se zvyšující se teplotou měřenou v červnu až květnu (Obrázek 25). Žádný z ostatních prediktorů významně neovlivnil početnost rejsků na jaře ani na podzim (Tabulka 9).

	Estimate	Std.Error	df	t value	Pr(> t)
Jaro (březen-květen)					
Intercept	0,136	6,617	33,000	0,020	0,9842
Teplota	-0,153	0,925	32,000	-0,165	0,8760
Srážky	0,694	3,091	32,000	0,225	0,8243
Sníh	0,208	0,831	32,000	0,251	0,8045
Teplota:období podzim	0,258	1,308	32,000	0,197	0,8451
Srážky:období podzim	5,400	4,371	32,000	1,236	0,2262
Sníh:období podzim	1,982	1,176	32,000	1,685	0,1029
Podzim + jaro (listopad-květen)					
Intercept	2,061	7,189	33,000	0,287	0,7761
Teplota	-0,285	2,267	32,000	-0,126	0,9009
Srážky	-0,654	5,547	32,000	-0,118	0,9069
Sníh	0,014	0,355	32,000	0,039	0,9695
Teplota:období podzim	-1,854	3,206	32,000	-0,578	0,5671
Srážky:období podzim	-11,546	7,845	32,000	-1,472	0,1509
Sníh:období podzim	0,413	0,502	32,000	0,824	0,4163
Celý rok (červen-květen)					
Intercept	13,418	30,697	32,000	0,437	0,6657
Teplota	-1,239	2,550	32,000	-0,486	0,6305
Srážky	-1,926	6,360	32,000	-0,303	0,7644
Sníh	-0,053	0,284	32,000	-0,186	0,8534
Teplota:období podzim	-8,975	3,606	32,000	-2,489	0,0182
Srážky:období podzim	-15,819	8,994	32,000	-1,759	0,0882
Sníh:období podzim	-0,349	0,402	32,000	-0,869	0,3912

Tabulka 9: Vliv klimatických faktorů na početnost jedinců rodu *Sorex* v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.



Obrázek 25: Negativní signifikantní vztah mezi počtem jedinců rodu *Sorex* odchylených v říjnu a teplotou zaznamenanou v období červen až květen v letech 2014—2020 ve studijní oblasti Krušných hor.

6. Diskuze

V této práci bylo zjištěno, že klimatické faktory, tj. sníh, srážky i teplota, měly vliv na početnost myšic ve studijní oblasti Krušných hor v letech 2014—2020. Početnost myšic se signifikantně zvyšovala s výškou sněhové pokrývky v listopadu až květnu, červnu až květnu a se snižující se teplotou v březnu až květnu. Některé studie uvádí, že početnost drobných zemních savců je v posledních letech ovlivněna klimatickými vlivy, kde důležitou roli hraje průběh zimy a sněhová pokrývky (Stenseth et al. 2003). Např. ve Skandinávii je zimní období se sněhovou pokrývkou klíčové pro populační dynamiku drobných zemních savců (Stenseth 1999, Bierman et al. 2006). Podle Wolffa (1996) může dlouhodobě trvající zimní období s teplotami hluboko pod bod mrazu způsobit vyšší energetický výdej hlodavců, který přispívá ke zvýšené mortalitě jedinců. Bylo zjištěno, že pro přežití v zimním období je významná výška a souvislost sněhové pokrývky. Např. Pucek et al. (1993) zjistili, že vyšší míra přežití myšic byla v období souvislé sněhové pokrývky v průběhu zimního období. Sněhová pokrývky během zimy zvyšuje míru přežití drobných zemních savců dvěma způsoby. Slouží jako izolace před nepříznivými povětrnostními vlivy (Sipari 2015) a jako ochrana před různými druhy predátorů (Bilodeau et al. 2013, Haapakoski et Ylonen 2013).

Dešťové srážky v této práci pozitivně ovlivnily početnost myšic. K podobným výsledkům došel i Santoro et al. (2017) ve Španělsku. Lima et al. (2002) a Díaz et al. (2010) prokázali pozitivní vztah mezi dešťovými srážkami a početností drobných zemních savců v semiaridních a aridních oblastech. Vickery et Bider (1981) zjistili, že populace malých savců vykazují vyšší aktivitu během období dešťů nejspíše kvůli tomu, že dešťové srážky patrně brání predaci. Madison (1984) došel k závěru, že dešťové srážky by měly potlačit aktivitu predátora jen do té doby, kdy převáží riziko vyhladovění nad rizikem hledání potravy v dešti. Výsledky této práce jsou v souladu s tvrzením Díaze et al. (2010), že dešťové srážky zvyšují dostupnost potravních zdrojů pro myšice (zvýšená produkce semen a plodů, vegetativní růst).

Všechny zkoumané klimatické faktory, tj. sníh, srážky a teplota, měly vliv také na počet odchycených jedinců rodu *Microtus*, ovšem pouze v interakci s odchytovým obdobím. Početnost hrabošů na podzim se zvyšovala s výškou sněhové pokrývky měřenou v březnu až květnu, červnu až květnu a snižovala se zvyšujícím se množstvím

srážek měřených v červnu až květnu a zvyšující se teplotou měřenou v červnu až květnu. Vliv teploty a sněhové pokrývky na početnost hrabošů a norníků zkoumal Selås et al. (2019) v Norsku. Zjistil, že letní teploty negativně korelovaly s početností hrabošů a pozitivně se sněhovou pokrývkou. Zdá se, že dlouhodobě trvající sněhová pokrývka po celou zimu lépe prospívá hrabošům nežli norníkům ze dvou hlavních důvodů. Hraboši netráví tolik času na povrchu sněhové pokrývky jako norníci (Jacobsen et Sonerud 1993), tudíž se snižuje riziko predace. Příznivé sněhové podmínky během zimního období napomáhají reprodukci hrabošů (Duchesne et al. 2011), kteří se na rozdíl od norníků mohou rozmnožovat i během zimy (Hansson 1984). Ve Skandinávii Myllymäki et al. (1985) prokázali pozitivní vliv sněhové pokrývky na početnost hrabošů. Uvedli, že pro hraboše v severských oblastech je důležitá sněhová pokrývka, která jim umožňuje přístup k potravě v subniválním prostoru a chrání je před predátory (Hansson et Henttonen 1985).

Zárybnická et al. (2017) zkoumali vliv klimatických faktorů na populační dynamiku drobných savců. Zjistili, že dešťové srážky v předchozím letním období negativně korelovaly s početností myšic, naopak teplota v předchozím jarním období měla pozitivní dopad na početnost myšic. Domnívají se, že populační dynamika drobných savců ve střední Evropě souvisí s produkcí bukvic, jelikož teplota i srážky mohou pozitivně ovlivnit produkci bukvic, kterými se živí myšice a norníci, a tím způsobit nárůst těchto populací v následující vegetační sezóně. Podobně i některé další studie prokázaly, že vysoké teploty v létě a období sucha jsou zásadními faktory, které mají vliv na produkci semen, např. bukvic a mohou zvýšit početnost drobných savců v následující sezóně (Pucek et al. 1993, Piovesan et Adams 2001, Zárybnická et al. 2017).

Teplota měla také významný vliv na počet odchycených rejsků rodu *Sorex*, ovšem pouze v interakci s odchytovým obdobím. Početnost rejsků na podzim se významně snižovala se zvyšující se teplotou měřenou v červnu až květnu. Oliveira et al. (2016) zjistili poněkud odlišné výsledky při zkoumání vlivu teploty na početnost rejsků. Očekával, že limitujícím faktorem bude teplota v průběhu zimy, a to ze dvou důvodů. Nízké teploty během zimy následně způsobují negativní energetickou bilanci u rejsků, jelikož mají malou velikost těla a nehromadí si žádné tukové zásoby. Dalším důvodem je, že většina ektotermních živočichů, kterými se živí rejsci, jsou ve stádiu hibernace a dochází tak pro ně k nedostatku potravy. Naopak vyšší teploty během léta

jsou příznivé pro rejsky, jelikož jim umožňují pasivní termoregulaci bez vysokých energetických nákladů. Během tohoto období jsou bezobratlí aktivní, poskytují tak dostatek potravní nabídky pro rejsky.

Závěr studie poukazuje na značný vliv klimatických faktorů na početnost populací myšic, hrabošů i rejsků ve studijní oblasti Krušných hor v letech 2014—2020. Klimatické faktory neměly žádný významný vliv na početnost norníka rudého.

7. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zjistit vliv klimatických faktorů na početnost drobných zemních savců ve studijní oblasti Krušných hor v letech 2014—2020. Při jarních a podzimních odchytech bylo chyceno celkem 528 jedinců drobných zemních savců. Ve sklapovacích pastech byli nalezeni zástupci rodu *Apodemus* (38,15 %, 201 ks), *Clethrionomys* (23,35 %, 124 ks), *Microtus* (21,27 %, 113 ks) a *Sorex* (17,23 %, 90 ks). Statistické analýzy ukázaly, že všechny tři klimatické faktory měly vliv na početnost drobných savců. Početnost myšic se pozitivně zvyšovala se zvyšující se výškou sněhové pokrývky měřené v listopadu až květnu a červnu až květnu. Zároveň se početnost myšic pozitivně zvyšovala se zvyšujícím se množstvím srážek a snižující se teplotou měřených v březnu až květnu bez ohledu na odchytové období. Početnost hrabošů se pozitivně zvyšovala s výškou sněhové pokrývky měřené v březnu až květnu a červnu až květnu a snižovala se zvyšujícím se množstvím srážek měřených v červnu až květnu a zvyšující se teplotou měřenou v červnu až květnu pouze při podzimních odchytech. Početnost rejsků se významně snižovala se zvyšující se teplotou měřenou v červnu až květnu pouze při podzimních odchytech. Žádný z klimatických prediktorů neměl vliv na početnost norníků ani v jednom z odchyťových období.

Tato práce přinesla řadu velmi užitečných informací o vlivu klimatických faktorů na populační dynamiku drobných zemních savců. Poskytuje díky tomu cenné informace, které se dají následně využít při dalším zkoumání vlivu klimatických faktorů na početnost drobných zemních savců v oblasti Krušných hor.

8. Použité zdroje

8.1 Literární zdroje

- AARS J. et IMS R. A., 2002: Intrinsic and climatic determinants of population demography: the winter dynamics of tundra voles. *Ecology* 83:3449–3456.
- ANDĚRA M. et GAISLER J., 2012: Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana. Academia, Praha, 286.
- ANDĚRA M. et GAISLER J., 2019: Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana. Academia, Praha, 285.
- ANDĚRA M. et HORÁČEK I., 1982: Poznáváme naše savce. Mladá fronta, Praha, 254.
- ANDĚRA M. et HORÁČEK I., 2005: Poznáváme naše savce, 2 vydání, Mladá fronta, Praha, 326.
- AULAGNIER S., HAFFNER P., MITCHELL-JONES A. J., MOUTOU F. et ZIMA J., 2009: Mammals of Europe, North Africa and the Middle East. Christopher Helm Publishers, London, 272.
- BIERMAN S. M., FAIRBAIRN J. P., PETTY S. J., ELSTON D. A., TIDHAR D. et LAMBIN X., 2006: Changes over time in the spatiotemporal dynamics of cyclic populations of field voles (*Microtus agrestis*). *American Naturalist* 167: 583–590.
- BILODEAU F., GAUTHIER G. et BERTEAUX D., 2013: Effect of snow cover on the vulnerability of lemmings to mammalian predators in the Canadian Arctic. *J Mammal* 94(4):813–819.
- BJØRNSTAD O. N., STENSETH N. C., SAITOH T. et LINGJAERDE O. C., 1998: Mapping the regional transition to cyclicity in *Clethrionomys rufocanus* – spectral densities and functional data analysis. *Researches on Population Ecology* 40: 77–84.
- DELANY M. et DELANY M., 1974: *The Ecology of Small Mammals*. London: Edward Arnold.
- DÍAZ M., TORRE I. et ARRIZABALAGA A., 2010: Relative roles of density and rainfall on the short-term regulation of Mediterranean wood mouse *Apodemus sylvaticus* populations. *Acta Theriol* 55: 251–260.
- DRDÁKOVÁ-ZÁRYBNICKÁ M., 2004: Sýc rousný-úspěšný druh imisních holin. *Živa* 3: 128–130.
- DUCHESNE D., GAUTHIER G. et BERTEAUX D., 2011: Habitat selection, reproduction and predation of wintering lemmings in the Arctic. *Oecologia*, 967–980.
- FORMOZOV A. N., 1976: Zveri, pticy i ich vzaimosvjazi so sredoj obitanija. Nauka, Moskva. 307.
- FULLER W. A., 1969: Changes in numbers of three species of small rodents near Great Slave Lake, N. W. T. Canada, 1964–1967, and their significance for general population theory. *Ann. Zool. Fennici* 6: 113–144.

- GIBSON CH., 2007: Nový kapesní atlas: Zvířata Evropy. Slovart, Praha.
- HAAPAKOSKI M. et YLÖNEN H., 2013: Snow evens fragmentation effects and food determines overwintering success in ground-dwelling voles. *Ecol Res* 28(2): 307–315.
- HALONEN M., MAPPE T., MERI T. et SUHONEN J., 2007: Influence of snow cover on food hoarding in Pygmy Owls *Glaucidium passerinum*. *Ornis Fennica* 84: 105–111.
- HANSSON L. D., 1984: Winter reproduction of small mammals in relation to food conditions and population dynamics *Spec. Publ. Carnegie Mus. Nat. Hist.*, 10, 225–234.
- HANSSON L. et HENTTONEN H., 1985: Gradient in density variation of small rodents: the importance of latitude and snow cover. *Oecologia* 67: 394–402.
- HETZE W., 1984: Krušné hory. Ústí nad Labem: Severočeské nakladatelství.
- HUITU O., JOKINEN I., KORPIMAKI E., KOSKELA E. et MAPPE T., 2007: Phase dependence in winter physiological condition of cyclic voles. *Oikos* 116: 565–577.
- JACOBSEN B. V. et SONERUD G. A., 1993: Synchronous switch in diet and hunting habitat as a response to disappearance of snow cover in Tengmalm's Owl *Aegolius funereus* *Ornis Fennica*, 78–88.
- KALCOUNIS-RUEPPELL M. C., MILLAR J. S. et Herdman E. J., 2002: Beating the odds: effects of weather on a short-season population of deer mice. *Canadian Journal of Zoology* 80: 1594–1601.
- KREBS C. J., 1996: Population cycles revisited. *Journal of Mammalogy* 77: 8–24.
- KREBS C. J., 2009: *Ecology*. Benjamin Cummings, San Francisco.
- KREBS C. J., 2013: *Population fluctuations in rodents*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- KREBS Ch. J. et MYERS J. H., 1974: Populations cycles in small mammals. In: *Advances in ecological research*. Acad. Press, New York: 267–399.
- LIMA M., STENSETH N. C. et JAKSIC F. M., 2002: Food web structure and climate effects on the dynamics of small mammals and owls in semi-arid Chile. *Ecol Lett* 5:273–284.
- MADISON D. M., 1984: Group nesting and its ecological and evolutionary significance in overwintering microtine rodents. 261–274 in *Winter ecology of small mammals* (Merritt J. F., ed.). Special Publication of Carnegie Museum of Natural History 10:1–380.
- MITCHELL-JONES A. J., AMORI G., BOGDANOWICZ W., KRYŠTUFEK B., REIJNDERS P. J. H., SPITZENBERG F., STUBBE M., THISSEN J. B. M., VOHRALIK V. et ZIMA J., 1999: *The atlas of european mammals*. Academic Press, London, 484.
- MYLLYMÄKI A., HANSSON L. et CHRISTIANSEN E., 1985: Models for forecasting population trends in two species of microtine rodent, *Microtus agrestis* and *Clethrionomys glareolus*. *Acta Zoologica Fennica*, 173, 93–101.

OLIVEIRA F. G., TAPISSE J. T., MONARCA R. I., CERVEIRA A. M. et MATHIAS M. L., 2016: Phenotypic flexibility in the energetic strategy of the greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*, *Journal of Thermal Biology*, 56: 10–17.

PELIKÁN J., 1975: K ujednocení odchytového kvadrátu a linie pro zjišťování populační hustoty drobných savců v lesích. *Lynx*, Praha, 17:58–71.

PINTER A. J., 1978: Population dynamics of *Microtus montanus* (Rodentia) over nine years. In: O brtel et al. (eds.): Abstracts of papers: II. Congr. Theoriol. Inter. 20.-27. 6. 1978, Brno, Czechoslovakia:121.

PIOVESAN G. et ADAMS J. M., 2001: Masting behaviour in beech: linking reproduction and climatic variation. *Can J Bot* 79(9):1039–1047.

PUCEK Z., JÊDRZEJEWSKI W., JÊDRZEJEWSKA B. et PUCEK M., 1993: Rodent population dynamics in a primeval deciduous forest (Białowieża National Park) in relation to weather, seed crop, and predation. *Acta Theriol.*, 38: 199–232.

REICHHOLF J., WENDLER F., KOTYK A. et MALLOTOVÁ H., 1996: Savci, Euromedia Group-Knižní klub, Praha, 287.

SANTORO S., SUAREZ S. C., ROUCO C., PALOMO L. J., FERNÁNDEZ M. C., MAURA B. KUFNER M. B. et MORENO S., 2017: Long-term data from a small mammal community reveal loss of diversity and potential effects of local climate change. *Current Zoology*, Volume 63, Issue 5, October, 515–523.

SELÅS V., FRAMSTAD E., SONERUD G. A., WEGGE P. et WIIG Ø., 2019: Voles and climate in Norway: Is the abundance of herbivorous species inversely related to summer temperature? *Acta Oecologica* 95: 93–99.

SCHRÖPFER R., 1972: Zur Autökologie der Waldspitzmaus *Sorex araneus* (Insectivora, Soricidae) im Dümer-Gebiet/Norddeutsche Tiefebene. *Abh. Landesmus. Naturk., Münster* 2:16–24.

SIPARI S., 2015: Overwintering strategies of a boreal small mammal in a changing climate. *Univ. Jyväskylä, Jyväskylä*.

SOLOMON T., 2004: Are vole-eating owls affected by mild winters in southern Finland? *Ornis Fennica* 81(2):65–74.

STEEN H., IMS R. A. et SONERUD G. A., 1996: Spatial and Temporal Patterns of Small-rodent Population Dynamics at a Regional Scale. *Ecology* 77: 2365–2372.

STENSETH N. C. et IMS R. A., 1993: Population dynamics of lemming: temporal and spatial variation – an introduction. In: Stenseth, N. C., Ims, R. A. (eds.): *The Biology of Lemmings*. Academic Press, London.

STENSETH N. C., 1999: Population cycles in voles and lemmings: density dependence and phase dependence in a stochastic world. *Oikos* 87: 427–461.

STENSETH N. C., BJØRNSTAD O. N. et W. FALCK W. 1996: Is spacing behaviour coupled with predation causing the microtine density cycle? A synthesis of current process-oriented and pattern-oriented studies. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 263:1423–1435.

STENSETH N. C., OTTERSEN G., HURRELL J.W., MYSTERUD A., LIMA M., CHAN K.S., YOCCOZ N.G. et ADLANDSVIK B., 2003: Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. The Royal Society.

STENSETH, N. C., 1999: Population cycles in voles and lemmings: density dependence and phase dependence in a stochastic world. *Oikos* 87: 427–461.

SUCHOMEL J. et HEROLDOVÁ M., 2004. Small terrestrial mammals in two types of forest complexes in intensively managed landscape of the South Moravia (The Czech Republic). *Ekológia (Bratislava)*, 23 (4): 377–384.

ŠEVČÍK J., AULAGNIER S., MITCHELL-JONES J. A., HAFFNER P., MOUTOU F., ZIMA J., CHVALLIER J., NORWOOD J. et VARELA SIMO J., 2018: Savci Evropy, severní Afriky a Blízkého východu. Nakladatelství Ševčík, Plzeň, 272.

ŠŤASTNÝ K., BEJČEK V. et ZÁRYBNICKÁ M., 2010: Využití predátorů v biologickém boji s drobnými hlodavci ve vyhlášených ptačích oblastech na Krušných horách. Praha.

TICHOINSKAJA M. V., 1978: About the role of yearling *Arvicola terrestris* L. (Rodentia) in population reproduction. In: Obrtel a kol. (eds.): Abstract of papers II. Congr. Theriol. Inter., Brno, Czechoslovakia: 312. (In Russian.).

TKADLEC E. et STENSETH N. C., 2001: A new geographical gradient in vole population dynamics. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B*, 268: 1547–1552.

TORRE I., ARRIZABALAGA A. et DÍAZ M., 2002: Ratón de campo (*Apodemus sylvaticus* Linnaeus, 1758) *Galemys*, 14: 1–26.

VICKERY W. L. et BIDER J. R., 1981: The influence of weather on rodent activity. *Journal of Mammalogy* 62: 140–145.

VLASÁK P. et PORKERT J., 1973: Immigration von Kleinsäugetern in ein Wohngebäude, abhängig von meteorologischen Bedingungen. *Lynx* 14: 70–98.

VLASÁK P., 1986: *Ekologie savců*. Československá akademie věd. Praha. 292.

WOLFF J.O., 1996: Coexistence of white-footed mice and deer mice may be mediated by fluctuating environmental condition. *Oecologia* 108: 529–533.

ZÁRYBNICKÁ M., RIEGERT J. et ŠŤASTNÝ K., 2013: The role of *Apodemus* mice and *Microtus* voles in the diet of the Tengmalm's owl in Central Europe. *Population Ecology*, 55(2), 353–361.

ZÁRYBNICKÁ M., RIEGERT J. et ŠŤASTNÝ K., 2015: Non-native spruce plantations represent a suitable habitat for Tengmalm's owl (*Aegolius funereus*) in the Czech Republic, Central Europe. *J Ornithol* 156: 457–468.

ZÁRYBNICKÁ M., RIEGERT J., BEJČEK V., SEDLÁČEK F., ŠŤASTNÝ K., ŠINDELÁŘ J., HEROLDOVÁ M., VILÍMOVÁ J. et ZIMA J., 2017: Long-term changes of small mammal communities in heterogeneous landscapes of Central Europe. *European Journal of Wildlife Research*, 63(6), 1–2.

8.2 Internetové zdroje

HOMOLKA M. et ŠVEHLÍK P., 2010: Populační dynamika hlodavců. Lesnická práce (online) [cit. 2023. 03. 18], dostupné z < <https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-89-2010/lesnicka-prace-c-1-10/populacni-dynamika-hlodavcu> >.

9. Přílohy

Příloha 1: Sklapovací pasti pro odchyt drobných zemních savců (autor: Patrik Houser).



Příloha 2: Sklapovací past na odchytové ploše, která slouží pro odchyt drobných zemních savců (autor: Patrik Houser).

