

# Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí  
Katedra aplikované ekologie



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

## **Drobní zemní savci a jejich funkce v ekosystémech**

Small terrestrial mammals and their functions in ecosystems

Tereza Holá

Vedoucí práce: Ing. Zuzana Čadková, Ph.D., DiS.

2022

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tereza Holá

Aplikovaná ekologie

Název práce

**Drobní zemní savci a jejich funkce v ekosystémech**

Název anglicky

**Small terrestrial mammals and their functions in ecosystems**

---

### Cíle práce

Cílem bakalářské práce bude vytvoření aktuálního a uceleného literárního přehledu funkcí, které plní drobní zemní savci (především hlodavci a hmyzožravci) v ekosystémech, se zaměřením na role v potravním řetězci a managementu vegetace.

### Metodika

Studentka se nejdříve seznámí se způsobem získávání vědeckých informací a metodami jejich zpracování. Následně bude sama vyhledávat relevantní informační zdroje, především vědeckou literaturu v informačních databázích, tuto literaturu zpracuje a vytvoří aktuální literární přehled týkající se dané problematiky. Na základě shromážděných informací by studentka v závěrečné části práce měla být schopná shrnout získané poznatky o tom, jaké role mohou drobní zemní savci v ekosystémech plnit.

Časový harmonogram práce: 2.roč. LS – komletace zadání BP v systému UIS, vyhledávání relevantních zdrojů ve vědeckých databázích a sestavení osnovy bakalářské práce, absolvování bakalářské praxe; 3.roč. ZS – práce na samotné literární rešerži; 3.roč. LS – finální formální úpravy textu BP a její odevzdání.

**Doporučený rozsah práce**

min 30 stran textu bez příloh

**Klíčová slova**

hlodavci, hmyzožravci, habitat, potravní řetězec, zoochorie

---

**Doporučené zdroje informací**

- Barrett G. W., Peles J. D., 1999: Landscape Ecology of Small Mammals. Springer, New York, 348 s.  
Hansson L., 2002: Dynamics and trophic interactions of small rodents: landscape or regional effects on spatial variation? *Oecologia*. Jan;130(2), p. 259-266.  
Stoddart D. M., 1979: Ecology of small mammals. Springer, Dordrecht, 386 s.  
Zárybnická M., Riegert J. and Štátný 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.

---

**Předběžný termín obhajoby**

2021/22 LS – FZP

**Vedoucí práce**

Ing. Zuzana Čadková, Ph.D., DiS.

**Garantující pracoviště**

Katedra zoologie a rybářství

---

Elektronicky schváleno dne 21. 10. 2021

**prof. Ing. Iva Langrová, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 25. 10. 2021

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 28. 03. 2022

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma:

### **Drobní zemní savci a jejich funkce v ekosystému**

vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila, a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

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

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby. Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou, a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze 28. 3. 2022

.....  
Tereza Holá

## Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat své vedoucí práce Ing. Zuzaně Čadkové, Ph.D., DiS., za její odbornou pomoc a cenné rady a vstřícný přístup. Děkuji i svým rodičům, kteří mi byli oporou při psaní této práce.

## Abstrakt

Tato bakalářská práce je zpracována formou literární rešerše na téma drobní zemní savci a jejich funkce v ekosystémech. Cílem práce bylo vytvořit ucelený přehled funkcí, které tyto druhy plní. Těchto funkcí je nepřeberné množství. Úkolem bylo zaměřit se hlavně na role v potravním řetězci a managementu vegetace. Protože pod pojmem drobní zemní savci se ukrývá mnoho druhů savců. Práce je cílená na skupinu hlodavců a hmyzožravců, protože mají vysokou reprodukční schopnost a jsou tak ideální jako modelové skupiny.

Hlodavci slouží rostlinám jako roznašeči jejich semen. Semena roznášejí buď v srsti anebo hromaděním v norách. Hlodavci způsobují, spásáním trávy, úbytek vegetace. Významným škůdcem v zemědělství je hraboš polní (*Microtus arvalis*), který při přemnožení zničí velkou část úrody. Za rozšiřování nepůvodních druhů může člověk, díky němuž se do Evropy dostaly druhy, které zde nemají přirozeného nepřítele. Snadno se šíří a likvidují biodiverzitu daného prostředí. Dále práce popisuje druhy, kteří se uplatňují jako nástroj biomonitoringu. Díky drobným zemním savcům se dá zjistit stav půdy, která je zatížena těžkými kovy. Hlodavci a hmyzožravci slouží jako hostitelé pro různé spektrum parazitů, ať už vnějších nebo vnitřních. Hmyzožravci, jako jsou rejsci, přispívají k udržování stavů populace bezobratlých. Drobní zemní savci jsou důležitou součástí potravního řetězce.

Práce ukázala důležitost několika druhů z řádu hlodavců a hmyzožravců, kteří plní různé funkce v ekosystémech. Přínosem práce je přehled, z kterého plyne, že hlodavci a hmyzožravci nejsou jen škůdci, jak si mnozí myslí. Proto je potřeba jim věnovat pozornost, jelikož mohou posloužit, jako ukazatelé různých dějů v ekosystémech.

Klíčová slova: hlodavci, hmyzožravci, habitat, potravní řetězec, zoochorie

## Abstract

This bachelor thesis is processed by the form of literary search on the topic small terrestrial mammals and their roles in ecosystems. The aim of the thesis was to create a comprehensive overview of the functions performed by these species. There is a plethora of these functions, the task was to focus mainly on the roles in the food chain and vegetation management. As the term small terrestrial mammals embraces many species, the work is targeted group of rodent and insectivore, as they have a high reproductive ability and are thus ideal as model groups.

Rodents serve plants as seed dispersers. They spread seeds either in their fur or by accumulating in burrows. The grass grazing by rodents causes a loss of vegetation. An important pest in agriculture is the field vole (*Microtus arvalis*), which when overpopulated destroys a large part of the crop. The spreading of the non-native species is the fault to humans, who introduced these species into Europe, where they have no natural predators and due to excessive reproduction destroy the biodiversity of the environment. The thesis also describes species that are used as biomonitoring tools. Thanks to the small terrestrial mammals, the condition of soil that is loaded with heavy metals can be detected. Rodents and insectivores serve as hosts for a diverse spectrum of parasites, both external and internal. Insectivores such as shrews contribute to the population maintenance of invertebrates. Small terrestrial mammals are an important part of the food chain.

The thesis has shown the importance of several rodent and insectivore species that perform different functions in ecosystems. The contribution of the thesis is the overview, which shows that rodents and insectivores are not just pests, as many people think. Therefore, we need to pay attention to them as they can serve as indicators of various processes in ecosystems.

Keywords: rodents, insectivores, habitat, food chain, zoochory

# Obsah

1	Úvod.....	2
2	Cíle práce.....	3
3	Literární rešerše .....	4
3.1	Vymezení drobných zemních savců .....	4
3.1.1	Charakteristika řádu hlodavci .....	4
3.1.1.1	Čeleď Muridae .....	4
3.1.1.2	Čeleď Cricetidae .....	5
3.1.1.3	Další druhy hlodavců .....	6
3.1.2	Charakteristika řádu hmyzožravci.....	6
3.1.2.1	Čeleď Soricidae.....	7
3.1.2.2	Čeleď Talpidae.....	7
3.1.2.3	Čeleď Erinaceidae.....	7
3.2	Funkční role drobných zemních savců v ekosystému.....	8
3.2.1	Vztah mezi vegetací a primárními konzumenty.....	8
3.2.2	Vliv na abiotické faktory.....	10
3.2.2.1	Využívání nor drobných zemních savců jinými druhy .....	11
3.2.3	Drobní zemní savci jako škůdci v zemědělství .....	11
3.2.3.1	Způsoby hubení.....	12
3.2.4	Problém invazních druhů .....	13
3.2.5	Drobní zemní savci jako potrava.....	14
3.2.5.1	Přirození predátoři drobných zemních savců .....	16
3.2.6	Bezobratlí jako kořist hmyzožravců.....	17
3.2.7	Drobní savci jako přenašeči patogenů.....	18
3.2.8	Drobní zemní savci jako nástroj biomonitoringu.....	18
4	Výsledné zhodnocení .....	19
5	Diskuse a závěr.....	20
6	Zdroje .....	22



# 1 Úvod

Každý organismus na Zemi hraje v ekosystému svou zásadní roli. Lidé znají převážně velké druhy, které mají vliv na utváření ekosystému, jako jsou sloni nebo třeba šelmy jako pumy a vlci. Často se zapomíná na malé savce, proto cílem práce je představit role drobných zemních savců.

Když se řekne drobný savec, každý si představí něco jiného. Protože se budu věnovat hlavně hlodavcům a hmyzožravcům, představím si hned myš, která běhá po domě, všude si dělá hnízda a všechno rozkouše. Potom se myslí jedině na to, jak se jí zbavit. Což je pochopitelné, protože množství hlodavců okupujících zemědělské plochy se rok od roku zvyšuje, a tak se lidé zabývají různými způsoby hubení těchto škůdců. Myslím, že by bylo vhodné přemýšlet i nad alternativními způsoby, než hubit pouhými jedy, které způsobují sekundární otravy. Proto se v této práci budu zabývat i funkcemi, které jsou prospěšné pro daný ekosystém, ve kterém tyto skupiny zvířat žijí. Drobní zemní savci obývají různá prostředí a dají se najít po celém světě. Každý druh se přizpůsobil svému prostředí, ve kterém žije a plní v něm svou funkci. Protože tyto druhy mají rychlé rozmnožování, jsou schopny osidlovat disturbovaná stanoviště.

Ve spolupráci s teamem z Fakulty agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů jsem měla možnost účastnit se sama probíhajícího terénního výzkumu, kde bylo patrné, pouhým pozorováním dané krajiny, že výskyt drobných zemních savců má vliv na rozmanitost daného stanoviště i výskyt dalších druhů rostlin a živočichů.

## 2 Cíle práce

Cílem práce je vytvořit aktuální a ucelený literární přehled funkcí, které plní drobní zemní savci v ekosystémech, se zaměřením na hlodavce a hmyzožravce. Hlavní součástí přehledu jsou role v potravním řetězci a managementu vegetace.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Vymezení drobných zemních savců

Do kategorie drobných zemních savců patří mnoho skupin, od hlodavců až po několik druhů netopýrů. Všechny skupiny, které se dají zařadit do drobných zemních savců, mají společné to, že váží pod 5 kg (Bourlière 1975). Každá skupina si vytvořila svou životní strategii. Proto jednoznačně definovat drobný zemní savce nelze. Pokusím se vymezit aspoň to, co potřebuji pro svou práci a nebudu se zde věnovat všem skupinám. Zaměřím se hlavně na hlodavce a hmyzožravce.

#### 3.1.1 Charakteristika řádu hlodavci

Hlodavci jsou jednou z nejpočetnějších skupin savců. Většinou zahrnují drobné formy, najdou se ale i výjimky v podobě bobra a kapybary. Tento řád můžeme najít prakticky kdekoliv. Hojně se vyskytuje na poli, v lese, ve stepi. Některé druhy žijí i na poušti. Nejsou jim cizí ani místa vysoko v horách a některé druhy se pohybují v bezprostřední blízkosti člověka (Anděra a Gaisler 2019). Díky tomuto rozšíření, téměř po celém světě, jsou hlodavci vhodná modelová skupina, skrz kterou se dají zkoumat různé vlastnosti krajiny (Barret a kol. 1999). Jejich rozmanitost je tak veliká, že se v biologických, ekologických či etologických aspektech nedá snadno popsat (Anděra a Gaisler 2019).

Poznávacím znamením této skupiny je chrup. Typickým znakem jsou trvale dorůstající přední řezáky, které jsou zepředu pokryty tvrdou sklovinou a ze zadu měkkým dentinem. Obrušování je zajištěn dlátovitý tvar. Dva řezáky se nachází v horní a dva ve spodní čelisti. Takzvaná diastema, je mezera v místě špičáků a zbylých řezáků a slouží především k přenášení potravy a hnízdního materiálu. Pak se zde nachází stoličky. Některé druhy mají lícní torby. Dalším znakem jsou přední končetiny, které mají čtyři prsty a zadní končetiny mající pět prstů (Zejska 2002).

Většina členů této skupiny jsou takzvaní r-stratégové, gradační druhy s rychlým rozmnožováním a velkou populační dynamikou, a proto slouží jako potrava pro další druhy. Hlodavci působí i jako škůdci zemědělských plodin anebo jako přenašeči některých nemocí. Významné je jejich využití jako laboratorních zvířat (Gaisler a Zima 2007).

V podkapitolách níže se zaměřuji na určité druhy ze skupiny hlodavců. Vybrala jsem je proto, že jsou součástí fauny České republiky a téměř denně se s nimi setkáváme. Práce je zaměřena na všeobecný přehled, věnuji proto pozornost i dalším druhům.

##### 3.1.1.1 Čeleď Muridae

První skupinou je čeleď myšovití, kam patří *Mus musculus* (myš domácí), jak uvádí Berghoff (1999). Podle Anděry a Gaislera (2019) se myš domácí od *Apodemus* (myšic) liší menšími ušními boltci. Charakteristický znak druhu je nepříjemný zápach moči (tzv. myšina). Myš je kosmopolitní druh, vydrží i extrémní podmínky jako teploty do  $-7^{\circ}\text{C}$ . V současnosti se vědci domnívají, že v Evropě žije nejméně pět druhů rodu *Mus* (Velenská 2007).

Až na výjimky žije synantropním způsobem života. Většinu času tráví v obydlí lidí, kde má dostatek potravy. Mimo budovy se vyskytuje během vegetačního období, kdy se zdržuje především na zrajících polích, vinicích a rekultivovaných výsypkách, jak uvádí Anděra a Gaisler (2019).

Myši jsou převážně granivorní. Nepohrdnou ani živočišnou potravou ve formě hmyzu. V lidských příbytcích a v hospodářských budovách konzumují uskladněné potraviny a hospodářské plodiny a tím způsobují škody (Pelikán et al. 1979, Aulagnier et al. 2018).

Dalším rodem patřící do čeledi myšovití je rod *Rattus*. Jak uvádí Ludwig (2010) krysy a potkani (*Rattus*) žijí v lidské přítomnosti už od počátku věků. V rámci objevování nových částí světa na lodích se tyto zástupci rozšířili na všechny kontinenty. Podle Anděry a Gaislera (2019) je potkan největší zástupce čeledi myšovití se zavalitým tělem. Oproti tomu krysa působí subtilnějším dojmem. Potkan přijímá různorodou stravu, a tím je nenáročný na potravu. Od rostlinné jako jsou semena až po živočišnou v podobě žab a jiných drobných živočichů. Krysa, podle Velenskéé (2007), má ve svém jídelníčku převážně rostlinnou potravu.

Jiným rodem patřícím do čeledi myšovití je rod *Apodemus*. U nás žijí čtyři druhy. Jsou jimi *A. flavicollis*, *A. sylvaticus*, *A. uralensis*, *A. agrarius* (myšice lesní, křovinná, malooká a temnopásá). Ze světových druhů zmíním třeba *A. alpicola* (myšice alpská), obývající především horské oblasti v Alpách nebo potom *A. speciosus* (myšice východní).

Myšice lesní a křovinná jsou velmi podobné druhy, jak vzhledově, tak výskytem téměř v celé Evropě. Společně osidlují většinu území v české republice. Žijí poblíž lesů, ale najdeme je i podél řek (Anděra a Gaisler 2019). Myšice křovinná se vyznačuje tím, že jako první z druhů osidluje člověkem ovlivněné lokality, jako jsou skládky, lomy a jiné prostranství (Anděra a Slovák 2018). Myšice jako myši jsou převážně granivorní, ale občas se v jejich jídelníčku můžou vyskytovat drobní živočichové jako žížaly, měkkýši a larvy nebo dospělci hmyzu (Anděra a Gaisler 2019).

### 3.1.1.2 Čeleď Cricetidae

Podle Anděry a Gaislera (2019) patří hraboši do čeledi křečkovití. Jsou to malé až středně velký hlodavci. V České republice žijí dva zástupci a to *Microtus arvalis* (hraboš polní) a *Microtus agrestis* (hraboš mokřadní). Oba druhy obývají téměř celou Evropu.

Hraboš polní se vyskytuje na stanovištích ovlivněných člověkem jako je orná půda (Zejda a Nesvatbová 2000). Podle Velenskéé (2007) se hraboš polní v době přemnožení uchyluje i do lesních porostů. Významným příbuzným druhem hraboše polního, je hraboš panonský, který je na Slovensku chráněným druhem.

Jak udává Anděra a Gaisler (2019) denní příjem potravy je asi 110-120 % hmotnosti těla. Ve vegetačním období se živí zelenými částmi rostlin, později semeny, kořeny a oddenky. Při přemnožení druhu se objevuje kanibalismus.

Anděra a Gaisler (2019) řadí norníka rudého jako zástupce žijícího v České republice do čeledi křečkovití, stejně jako hraboši. Rozdíl je ve zbarvení. Norník je na hřbetě výrazně rezavý. Podle Velenské (2007) obývá rozsáhlé území na většině míst v Evropě. Žije ve všech typech lesa s bohatým podrostem. Vyskytuje se i na výsypkách po povrchové těžbě, ale až v pozdějších stádiích lesnické rekultivace.

Výše uvedení autoři dále zmiňují, že semena a plody tvoří asi 39 % jeho potravy. Přes léto se živí houbami, bukvicemi, žaludy, lesními plody. V zimě ohryzává kůru stromů. Bohaté zastoupení v jeho jídelníčku má i živočišná potrava, hlavně larvy hmyzu, brouci a stonožky.

### 3.1.1.3 Další druhy hlodavců

Druhů z řádu hlodavců je velké množství. Žijí v různých koutech světa a jsou uzpůsobeny k různému způsobu života. Proto není možné zahrnout je v této práci všechny. Jedním druhem se zajímavým přizpůsobením je *Pteromys volans* (poletuška slovanská), jak uvádí Reichholf (2006) má létající blánu, která je natažená mezi předními a zadními nohama a je porostlá hustými chlupy. *Citellus citellus* (sysel obecný) je známý charakteristickým zvukem, pronikavého hvízdnutí, které slouží jako varovný signál. Jak uvádí Gaisler a Zima (2018) *Cricetus cricetus* (křeček polní) se může přemnožit, a pak populační hustota může dosáhnout 300-500 jedinců na hektar. I tak je v západních oblastech považován za ohrožený druh.

### 3.1.2 Charakteristika řádu hmyzožravci

Jak uvádí Anděra a Gaisler (2019), do této skupiny patří převážně drobní placentální savci. Většina druhů má velikost těla do 15 cm a hmotnost do 200 g. Někteří zástupci se řadí mezi nejmenší savce. Nejmenší z nich dosahují hmotnosti pouze 2 g.

Podle výše zmíněných autorů, je tato skupina stejně jako hlodavci velice rozmanitá. Nacházejí se v nejrůznějších podmínkách, tundry, lesy, pouště, a taky ve vysokohorských polohách. Zástupci jsou nejvíce aktivní v noci a za šera. Jejich potravou je převážně hmyz. Protáhlý rypáček slouží k zjišťování informací z okolí (Anděra a Gaisler 2019, Gaisler a Zima 2007).

Jejich chrup je úplný a schopný drtit kutikulu hmyzu. Na rozdíl od hlodavců jim zuby nedorůstají, ale naopak se opotřebovávají a zmenšují (Anděra a Gaisler 2019). Podle Churchfieldové, Rychlíka a Taylora (2012) jsou rejskové velmi nároční na příjem potravy. To pravděpodobně souvisí s jejich velikostí a metabolismem. Někteří za den přijmou až dvojnásobek své váhy.

Znovu v podkapitolách níže jako u hlodavců je k nalezení přehled převážně hmyzožravců z fauny České republiky. I tak zde nezapomenu uvést další druhy z této skupiny.

### 3.1.2.1 Čeleď Soricidae

Podle Anděry a Gaislera (2019) tvoří čeleď rejskovití nejpočetnější skupinu hmyzožravců. Jsou to drobní zástupci s velikostí těla jen pár centimetrů. Jak uvádí Gaisler a Zima (2007) zástupci mají vysokou úroveň metabolismu. Jsou aktivní i v zimním období, proto jsou spojováni s Dehnelovým fenoménem, při kterém v chladném období dochází ke snižování velikosti mozkovny i hmotnosti některých orgánů (Churchfield a kol. 2012). Reichholf (2006) uvádí nejběžnějšího zástupce rejska obecného, který se vyskytuje téměř na celém území Evropy. Nachází se jak na horách, tak v údolích a polích.

Většina zástupců této čeledi, jak rejsci, tak bělozubky se živí živočišnou potravou jako jsou žížaly, hlístice, různá stádia hmyzu, příležitostně i mršinami. Z důvodu rychlého metabolismu musí neustále hledat potravu (Anděra a Gaisler 2019).

### 3.1.2.2 Čeleď Talpidae

Anděra a Gaisler (2019) uvádí, že většina z 39 současných druhů žije v podzemí. Mají hustou srst a zavalité tělo. Přední končetiny jsou přizpůsobeny k hrabání. Podle Gaislera a Zimy (2018) jsou krtci rozšířeni v Evropě, Asii a Severní Americe. Dávají přednost loukám a úrodným polím. Vyznačují se citlivostí na světlo. V České republice žije jediný zástupce čeledi.

Krtek obecný nemá velké nároky na prostředí. V České republice se vyskytuje téměř na celém území. Tvoří systém podzemních nor, v některých případech jsou nory využívány i jinými drobnými savci. Živí se živočišnou potravou, hlavně žížaly a hmyz. V zimním období si vytváří zásobárny ze žížal a ponrav (Anděra a Gaisler 2019).

### 3.1.2.3 Čeleď Erinaceidae

Podle Anděry a Gaislera (2019) se čeleď dělí na dvě podčeledi, a to na srstiny a vlastní ježky. Ježků je celkem 24 druhů a v České republice se vyskytují dva zástupci. Ježci jsou rozšířeni v Evropě, Africe a Asii. Žijí hlavně v lesích a hájích. Svá doupata mají v hustých křovinách a dutinách stromů. Většina zástupců přijímá rostlinou i živočišnou potravu. Převážně jsou na jejich jídelníčku semena, ovoce, hmyz, slimáci a různé larvy. V zimním období se ukládají k hibernaci. Některým druhům v teplých oblastech slouží hibernace k přečkání suchých období (Reichholf 2006).

Náš zástupce ježek západní se podle Anděry a Gaislera (2019) vyskytuje na téměř celém území České republiky. Při hledání potravy dělá velký hluk. Během hibernace se probouzí v 1-2týdenních intervalech, ale zůstávají v úkrytech. V průběhu spánku ztratí 20-50 % tělesné hmotnosti.

Ježek východní (*Erinaceus concolor*) se od ježka západního liší bílým hrdlem a hrudí. Tento druh se také vyskytuje na území České republiky a dále se potom rozšiřuje na východ. Vyskytuje se na sušších a teplejších stanovištích. Při hledání potravy hlasitě funí a supí (Lohmann 2007).

### 3.2 Funkční role drobných zemních savců v ekosystému

Ekosystém podle českého zákona představuje funkční soustavu živých a neživých složek životního prostředí, jež jsou spojeny výměnou látek, tokem energie a předáváním informací, které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase (§ 3 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí).

Každý organismus na Zemi hraje v ekosystému svou zásadní roli. Lidé znají převážně velké druhy, které mají vliv na utváření ekosystému, jako jsou sloni nebo třeba šelmy jako pumy a vlci. Často se zapomíná na malé savce. Proto cílem práce je představit role drobných zemních savců, jako jsou hlodavci a hmyzožravci.

Funkce těchto skupin jsou nejlépe popsány v rámci krajinné ekologie, která krajinu zkoumá jako celek. Podle Barreta et al. (1997a) lze procesy v krajině nejlépe pochopit pomocí konceptu úrovně organizace. Barret et al. (1999) dále zmiňuje, že drobní zemní savci jsou ideální modelová skupina, protože známe podrobné informace o biologii četných druhů, jejich nárocích na přírodní podmínky, včetně role druhů žijících na zemědělcí využívaných plochách, pastvinách i v lesních ekosystémech. Drobní savci se mohou označovat (identifikovat) a díky tomu můžeme sledovat jejich život a pohybové vzorce. Můžeme určit jejich reprodukční úspěšnost, velikost domovského okrsku a další vlastnosti. Pomocí radiotelemetrie se dá zjistit, proč si konkrétní druh vybírá konkrétní ekosystém, kde žije.

Díky těmto všem poznatkům o drobných zemních savcích mohou ekologové pomocí experimentů odpovídat na otázky a testovat hypotézy a tím získat přehled o fungování krajiny, a dále pomoci při přípravě a realizaci legislativních norem na ochranu přírody.

#### 3.2.1 Vztah mezi vegetací a primárními konzumenty

Vegetace slouží, jako zdroj potravy primárním konzumentům. Mezi ně se řadí velcí býložravci, ale i drobní zemní savci. Každý z těchto druhů konzumuje určité procento rostlinné biomasy, v travinných společenstvech se toto procento pohybuje kolem 25 %. Podle Grodziilského (1968) a Townsenda a kol. (2010) je nutné si uvědomit, že ne všechna primární produkce v ekosystémech je vhodná nebo dostupná pro malé býložravce. Proto definoval dostupnou primární produkci (A.P.P.) jako „zdroj potravy, který se dá snadno sehnat a těmito drobnými savci je tento zdroj vybrán a sežrán.“

Tabulka 1 uvádí údaje o A.P.P. pro řadu systémů a ukazuje, že procento čisté primární produkce (N.P.P.), kterou lze považovat za dostupnou potravu pro malé savce, se liší jak s ekosystémem, tak s potravními zvyklostmi. Je zřejmé, že podíl N.P.P. dostupný jako potrava pro hlodavce je největší na pastvinách a agrocenózách, kde tvoří až 100 %, oproti tomu nejmenší podíl je v pouštních ekosystémech. Obecně platí, že drobní zemní savci spotřebují obvykle kolem 6 % primární produkce (Stoddart 1979). Což je poměrně zanedbatelné množství v porovnání s velkými býložravými savci. Přesto drobní savci hrají svou roli.

	<i>H = herbivore</i>	<i>G = granivore</i>	<i>O = omnivore</i>	
Ecosystem	Species and food habits	A.P.P. N.P.P.	%	Source
<i>Fagetum carpaticum</i> forest	<i>Clethrionomys glareolus</i> [H]	4.40		Grodziński <i>et al.</i> (1970)
	<i>Apodemus flavicollis</i> [G(O)]	2.40		Grodziński <i>et al.</i> (1970)
<i>Picea glauca</i> forest	<i>Microtus oeconomus</i> [H]	6.57		Grodziński 1971a, b
	<i>Clethrionomys rutilus</i> [O]	5.34		Grodziński 1971a, b
	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i> [G]	5.16		Grodziński 1971a, b
	<i>Glaucomys sabrinus</i> [G]			
<i>Tilio-Carpinetum</i> forest	All rodent species	5.16		Medwecka-Kornas <i>et al.</i> (1973)
Forest plantation	<i>Microtus oeconomus</i> [H]	55.74		Gebczyńska (1970)
Water meadow	<i>Arvicola terrestris</i> [H]	95.12		Ashby and Vincent (1976)
<i>Poa</i> grassland	<i>Microtus pennsylvanicus</i> [H]	100.00		Golley (1960)
Agrocoenosis	<i>Microtus arvalis</i> [H]	100.00		Trojan (1969)
Agrocoenosis	<i>Cricetus cricetus</i> [G(H)]	61.70		Górecki (1977)
Desert	<i>Lepus californicus</i> [H]			Chew and Chew (1970)
	<i>Spermophilus audubonii</i> [H]	39.46		
	<i>Dipodomys merriami</i> [G]	12.40		Chew and Chew (1970)
	<i>Peromyscus</i> spp. [O]	16.85		Chew and Chew (1970)

Tabulka 1: Procento čisté primární produkce (N.P.P.), které je k dispozici pro různé druhy hlodavců v různých ekosystémech. (Stoddart D. M., 1979)

Jakou tedy roli hrají drobní zemní savci ve vztahu k vegetaci? Harue a kol. (2006) se zabývali vlivem zoochorie na rozptyl semen *Camellia japonica*. Studie došla k výsledkům, že *Apodemus speciosus* pomocí hromadění semen přispívá k rozptylu dané rostliny. K podobnému závěru došli Dimitri, Longland a Vander Wall (2017) ve své studii, kde sledovali rozptyl semen *Juniperus occidentalis* (jalovec západní). Autoři zjistili, díky shromažďování semen hlodavci, že se rostlina snadno šíří. Jak uvádí výše zmíněný autoři, drobní zemní savci jsou schopni šířit semena dvou druhů jalovce až do vzdálenosti několika metrů, viz Tabulka 2.

Poloha	Druhy	Rozptyl (m+/-SD)
Pine Nut Mountains ( <i>Juniperus osteosperma</i> )	<i>Peromyscus truei</i>	5,23 (3,74)
	<i>Dipodomys panamintinus</i>	8,36 (6,92)
	<i>Neotamias minimus</i>	8,57
Shinn Peak ( <i>Juniperus occidentalis</i> )	<i>Peromyscus truei</i>	6,55 (5,35)
	<i>Poeciliopsis sonoriensis</i>	12,62 (0,44)
	<i>Dipodomys californicus</i>	8,37 (5,93)

Tabulka 2: Rozptyl semen ve zkoumaných oblastech druhy žijící na vybraném stanovišti. (Dimitri L. A., Longland W. S., Vander Wall S. B., 2017)



Studie, kterou se zabývali Barbé a kol. (2016) přinesla důkazy o tom, že drobní zemní savci zkoumaných oblastí, jako norník rudohřbetý nebo veverka americká jsou důležití roznašeči diaspor mechů a kapradin. Tyto diaspory se jim zachytávají v kožichu, což je rozdílný mechanismus než ve výše popsanych studií o rozšiřování rostlin pomocí hromadění semen. Veverka obecná je schopna na své srsti zanést spory až do vzdálenosti 3,5 km.

Je podstatné zmínit, že drobní savci dokáží vegetaci, kterou obývají i ničit. Jak uvádí Batzli (1975), záleží na konkrétním druhu osidlující danou oblast a jeho populační hustotě. Některé druhy dokážou změnit druhové složení rostlinných společenstev nebo způsobit změnu ve vzrůstu a reprodukci rostlin. Příkladem je studie Batzlia a Pitelka (1970) sledující vliv drobných savců na luční vegetaci. Výsledky ukázaly, že spásání travních porostů hrabošem udrželo biotop otevřený a zvýšila se rozmanitost rostlinných druhů. Dalším příkladem je studie Heroldové a kol. (2009) zabývající se chemickou analýzou kůry, ve které vysvětluje, proč je kůra mladých, listnatých stromů pro hlodavce chutnější než smrková kůra. Výsledky ukázaly, že buky a jeřáby obsahují více tuků a bílkovin. Jejich kůra se, tak stává alternativním zdrojem potravy pro hlodavce, kteří žijí v listnatých lesích. Takové okusování kůry u mladých stromků způsobuje jejich usychání. Při zvýšené populační hustotě hlodavců v listnatých lesích, může docházet ke snížení procenta buků a jeřábů v porostu.

### 3.2.2 Vliv na abiotické faktory

Jak uvádí Stoddart (1979), norování a sešlapávání vegetace má přímý dopad na abiotické faktory půdy. Tyto aktivity mohou změnit odvodňovací vlastnosti půdy, a také modifikují mikrotopografii. Voronov (1953) prováděl kvantitativní měření norování a struktur hnízd různých savců. Výsledky studie přinesly jasně patrnou disturbanci půdy skrz druhy *Talpa europaea* a *Arvicola amphibius*. Norováním se zabývala i Hausmann (2017), která došla k závěru, že norování způsobuje kypření a obnažování půdy, čímž se půda stává náchylnější k erozi. To potvrzuje i výzkum Kuznetzova (1970), který došel k závěru, že 11-12 krtků (*T. europaea*) mohou uvolnit 0,15 m<sup>3</sup> půdy ha<sup>-1</sup> den<sup>-1</sup> v listnatém lese. Oproti tomu Zimina a spol. (1970) přišli na to, že svišti (*Marmota spp.*) mohou přemístit 18-20 m<sup>3</sup> země ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>.

Dufour (1971) v laboratorním experimentu ukázal, že *Apodemus sylvaticus* za dvě hodiny dokáže narušit 1-3 kg půdy, což odpovídá 50-150 násobku hmotnosti zvířete. Golley a kol. (1975b) zjistili, že hraboši při hustotě osídlení 200-400 jedinců na hektar navrší 10 m<sup>3</sup> zeminy ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup>, a že tato činnost je omezena na horních 40 cm půdy, což je 0,25 % „dostupné“ půdy, to znamená, že toto množství půdy přeryjí za 400 let.

Takovéto narušování půdy ovlivňuje přenos chemických látek v půdě, Abaturov (1972) uvedl, že krtci vynesou až 19000 kg půdy na ha ročně, a že tento materiál obsahuje 47 kg Si, 47 kg Fe, 139 kg Al a 30 kg Ca a Mg+. Výše zmíněný autor došel k závěru, že dochází k promíchávání půdních horizontů. Kuckeruk (1963) zjistil, že v půdě vyhrabané hlodavci přibylo organické hmoty. Toto zjištění potvrzuje i studie Moorhead a kol. (2017), kdy v době přítomnosti hlodavců a v důsledku promíchání půdy, může dojít ke zvýšenému obsahu živin pro rostliny. Aktivita malých savců, tak může ovlivnit distribuci minerálních látek. Zajímavé je, že může ovlivnit i rychlost

mineralizace organické hmoty a to může ovlivnit vzrůst rostlin. Zimina a kol. (1970) zmínil, že rostliny vyskytující se v místech kolonií *Marmota* spp. byly vyšší než ty, které rostly na jiných stanovištích. Teorie vychází z výzkumu Kuckeruka (1963), který ukázal, že vzrůst *Xanthium strimerium* je silně ovlivněn přítomností *Meriones taneriscinus*. Dalším příkladem může být studie Moorhead a kol. (2017), kteří zjistili, že když se *Microtus pennsylvanicus* (hraboš pensylvánský) dostane do prémie, která pro druh byla dříve nedostupná, způsobí změnu rostlinných společenstev daného území za 48 měsíců. Proto lze předpokládat, že aktivita hlodavců zvyšuje dostupnost rostlinných živin.

Jak ukazují různé vědecké studie, nejen norování má vliv na půdu, další důležitý aspekt jsou výkaly a moč malých savců. Kuckeruk (1963) inspirovaný Richadsem poukázal na to, že fekálie hlodavců mohou ovlivnit růst *Azotobacter* sp. v půdě. Podle Batzliho (1975) přispívá ukládání moči a stolice k rychlému hromadění živin v půdě. Ulehla a kol. (1974) zjistili, že vojtěška kolem nor křečků produkovala větší biomasu na jednotku plochy než jinde. Jev přisuzovali právě exkrementům a moči dané populace křečků. Moč a některé výkaly jsou velmi bohaté na dusík a jsou tak důležitou součástí koloběhu dusíku (Drozdi 1968). Proto výkaly drobných savců žijících se rostlinou potravou mohou posloužit dalším živočichům jako potrava s obsahem organické hmoty (Townsend a kol. 2010).

#### 3.2.2.1 Využívání nor drobných zemních savců jinými druhy

Studie Davidsona a kol. (2007), zabývající se sledováním ještěrek využívajících nor vyhloubených psounem Gunnisonovým (*Cynomys gunnisoni*) a tarbíkomyší dvoubarvou (*Dipodomys spectabilis*), přinesla zjištění, že přítomnost těchto druhů má příznivý vliv na biodiverzitu zkoumaných druhů ještěrek. Ještěrky využívají nory převážně k úniku před potenciálním predátorem.

Surikaty jsou dalším druhem, který raději využívá již vyhloubené nory. Využívají především nory vyhrabané sysly nebo mangustami. Surikaty s těmito druhy nesoutěží o zdroje a někdy s nimi dokonce sdílejí prostor (Dumke 2012).

Obyvatelem krtčích nor se často stává hryzec, který je zahrnuje do svého chodbového systému nebo je jen obývá (Fortmann 1997).

#### 3.2.3 Drobní zemní savci jako škůdci v zemědělství

Hrabošovití hlodavci, jako je hryzec vodní nebo hraboš polní, se řadí k významným škůdcům zemědělských plodin. V 50. až 60. letech 20. století se po celém světě intenzivně sledovalo devastující chování v době jejich přemnožení (Stoddart 1979). Je všeobecně známo, že se hraboši cyklicky přemnožují. Podle Hanssona a kol. (2002) tomu bývalo tak, že cykly byly 3 až 4 leté. Dnes je tomu jinak, v závislosti na hojnosti potravy a klimatických podmínkách. Globální oteplování přispívá k častějšímu přemnožování hrabošů. Podle Kazdy (2014) se hraboši při mírné zimně mohou ve stozích množit po celý rok a mít tak až sedm vrhů v daném roce. Tím, že na malém prostoru mohou žít 3-4 samice, se při přemnožení na jednom hektaru může vyskytnout více než 4000 jedinců (Fortmann 1997). Monitoringem výskytu hrabošů v České

republiky se zabývá Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, který sleduje výskyt hraboše polního na hospodářských plochách. Monitorování probíhá pomocí sledování užívaných nor na hektar a to na jaře a na podzim. Užívanou norou, je nora s čerstvým výhrabkem nebo tam, kde je dovnitř zatažena potrava. Ústav uvádí, že za období od začátku roku do konce března 2021 provedl přes 2000 sledování na více než 1400 lokalitách. Výsledky přinesly informace o hustotě populace, která byla 422 aktivních výchozů nor na hektar, přičemž za kalamitní stav na jaře se považuje 250 aktivních výchozů nor na ha.

Jednou ze zemědělských plodin, kterou hraboši obývají, je řepka ozimá. Výměra ploch osetých touto plodinou v posledních letech vzrostla a řepka se stala ekonomicky významnou plodinou (Vašák 2000, Volf 2002). Heroldová a kol. (2004) se zabývali významem řepky ozimé pro drobné hlodavce a došli k závěru, že hraboši jsou schopni zkonzumovat celou rostlinu, od listů až po kořen. Pro řepku je vhodný dlouhý vegetační klid, který díky hrabošům není zajištěn. V letech 2002 a 2003 byly špatné podmínky. Listy řepky byly hnědé, to donutilo hraboše změnit potravní strategii a specializovali se pouze na kořenový systém.

Suchomel a kol. (2019) se zabývali dalšími škodami způsobené hraboši, a to na ovocných stromech v hospodářských sadech. Hraboši si vybírají jen určité odrůdy ovocných stromů a škody působí převážně v podzimním období, jak dokazuje studie Virjamo a kol. (2013), kteří prokázali, že v lesních plantážích je větší poškození na podzimních než na letních výsadbách stromů.

### 3.2.3.1 Způsoby hubení

Škodám způsobeným hlodavci, především hraboši, se lidé snaží zabránit různými prostředky. Existuje několik způsobů, jak se daných škůdců zbavit. Podle Fortmanna (1997) se hubení dělí na dvě části, preventivní a cílená opatření. Mezi preventivní opatření řadí hlavně přirozený výskyt predátorů, jako jsou dravci a sovy. Dalším zajímavým řešením se zabývali Briner a kol. (2005). Ti zjistili, že pruhy planě rostoucích rostlin vsazené mezi pole, při dostatečné velikosti a hojnosti potravních zdrojů, udrží i početnou populaci hrabošů mimo zemědělsky obhospodařovaná území.



Obrázek 1: Pruh planě rostoucích rostlin. Foto: Hanah Mcgrath.

Na obrázku 1 je vidět bohaté druhové složení planě rostoucích rostlin v polích. Takovýto pruh by měl stačit k udržení hlodavců mimo zemědělské plodiny.

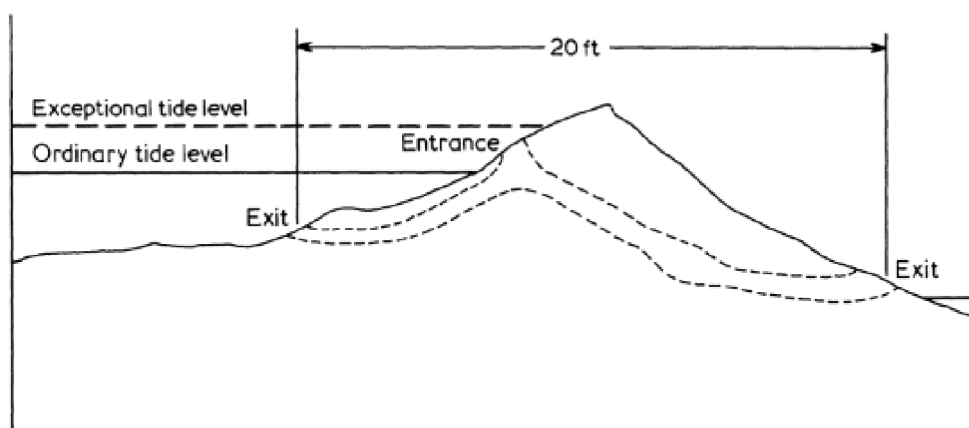
Podle portálu ÚKZÚZ je dalším preventivním opatřením snížení bezorebných technologií a půdopokryvných technologií. Tyto postupy, které podporují výskyt hraboše, by se měly změnit. Příkladem může být hluboká orba. U pěstování ovocných stromů v sadech je vhodné obhospodařovat okolní plochy. V intenzivních produkčních sadech se bylinné patro seče nebo mulčuje, tím se udržuje nízká výška rostlin, která není pro hraboše atraktivní, raději se schovávají ve vysoké trávě, která je chrání před predátory (Suchomel a kol. 2019).

Mezi cílené opatření řadí Fortmann (1997) různé pasti a otrávené návnady. Vždy je nutné se ujistit, že k otráveným návnadám nemají přístup jiná zvířata. Na stránkách ÚKZÚZ je uveden seznam chemických přípravků na ochranu rostlin. Jedním z takových přípravků je STUTOX II. Jurek (2020) se zabýval otázkami aplikací rodenticidů na zemědělských pozemcích. STUTOX II. je prostředek na hubení hlodavců s víc jak 5% obsahem fosfidu zinečnatého. Tyto zelené granulky se v žaludku hlodavce mění na fosfan, který proniká skrz sliznici do plic, jedinec se v podstatě udusí. Toxin nadále zůstává v žaludku mrtvého zvířete, stává se tak nebezpečným pro ostatní živočichy. Vznikají tak sekundární otravy, na které zatím nejsou žádné ověřené studie. Mnohem horší problém, jak autor uvádí, jsou jedy na myši a krysy, jejichž základem jsou antikoagulanty, ty způsobují rozpad krvinek, jedinci umírají dlouho, potácí se a jsou snadnou kořistí pro predátory, kteří po pozření takového jedince hynou. Zajímavým poznatkem je, že tyto jedy jsou oproti STUTOXU II. volně dostupné a každý s nimi může nakládat dle libosti.

#### 3.2.4 Problém invazních druhů

S problémem škůdců, souvisí další problém v podobě invazních druhů. Každý druh se v průběhu času vyvíjí a snaží se přizpůsobit podmínkám prostředí, jinak nepřežije. Jednotlivé druhy mají svůj přirozený prostor ohraničený tzv. biogeografickou bariérou, přes kterou se většina druhů nemůže dostat. Rozdíl přirozeného šíření a invazního šíření druhů je, že invazním nepůvodním druhům k šíření pomáhá člověk. Ten díky své potřebě zkoumání světa umožňuje šíření druhů i přes biogeografické bariéry. Invazní druhy se pak nekontrolovaně a rychle šíří a narušují biodiverzitu daného území (Wolfgang 2014).

Podle Stoddarta (1979) druh *Myocastor coypus* (nutrie říční) je schopen vyhrabat nory o průměru 20-50 cm a tím zničit protipovodňové hráze, viz. Obrázek 2.



Obrázek 2: Řez říční stěnou ukazující tunel vytvořený nutrií, v Haddiscoe v roce 2012 v Norfolku. (Stoddart, 1979)

Jak ukazuje Wolfgang (2014) tento problém, který byl zaznamenán v Anglii, byl vyřešen kompletním vyhlazením nutrií na celém anglickém území. Další státy Evropy se snaží řešit problém s nutriemi, zatím neúspěšně. Tento druh je původem z jižní Ameriky a do Evropy se dostal kvůli kožešině. Bohužel zde nemá, kromě člověka, přirozeného nepřítele, a tak má skvělé podmínky pro osidlování různých oblastí. Díky tomu může ničit životní podmínky původních druhů, jako je vegetace v okolí břehů, kde se ukrývají bezobratlí. Skyriene a Paulauskas (2012) studovali introdukci druhu *Ondatra zibethicus* (ondatra pížmová) do Evropy. Podobně jako nutrie, byla ondatra do Evropy zavlečena, kvůli kožešinám. Ani v jednom případě nebyla po produktu taková poptávka, jaká se očekávala, proto se ondatry vypouštěly do volné přírody, kde způsobují škody a jako nutrie narušují biodiverzitu.

Riebert a kol. (2021) zabývající se prostorovými vzorci společenstev drobných zemních savců ve středomoří, na základě potravy *Tyto alba* (sova pálená) zjistili, že rodům *Rattus* a *Apodemus* se na ostrovech velmi daří. Jsou to introdukované druhy, které se na ostrovy dostaly činností člověka při kolonizaci a obchodu už během středověku. Díky své nenáročnosti se stala *Rattus rattus* (krysa obecná) zásadním problémem místní biodiverzity, která se začala její přítomností snižovat. Výraznou převahou druhu dokazuje i závěr studie, kdy se krysa obecná vyskytovala na 96 % ostrovních lokalit. Nejen ve středomoří mají problém s krysami. Jak ukazuje studie Clouta (2005) tyto invazní druhy jsou komplikací na Novém Zélandu a okolních ostrovech. Odborníci na ochranu přírody se snaží počty snižovat, bohužel často dochází k reinvazím. Je potřeba udržovat zabezpečení skladů a včas detekovat hlodavce a mít dostatek materiálu na potlačení invaze (Roberts 2003).

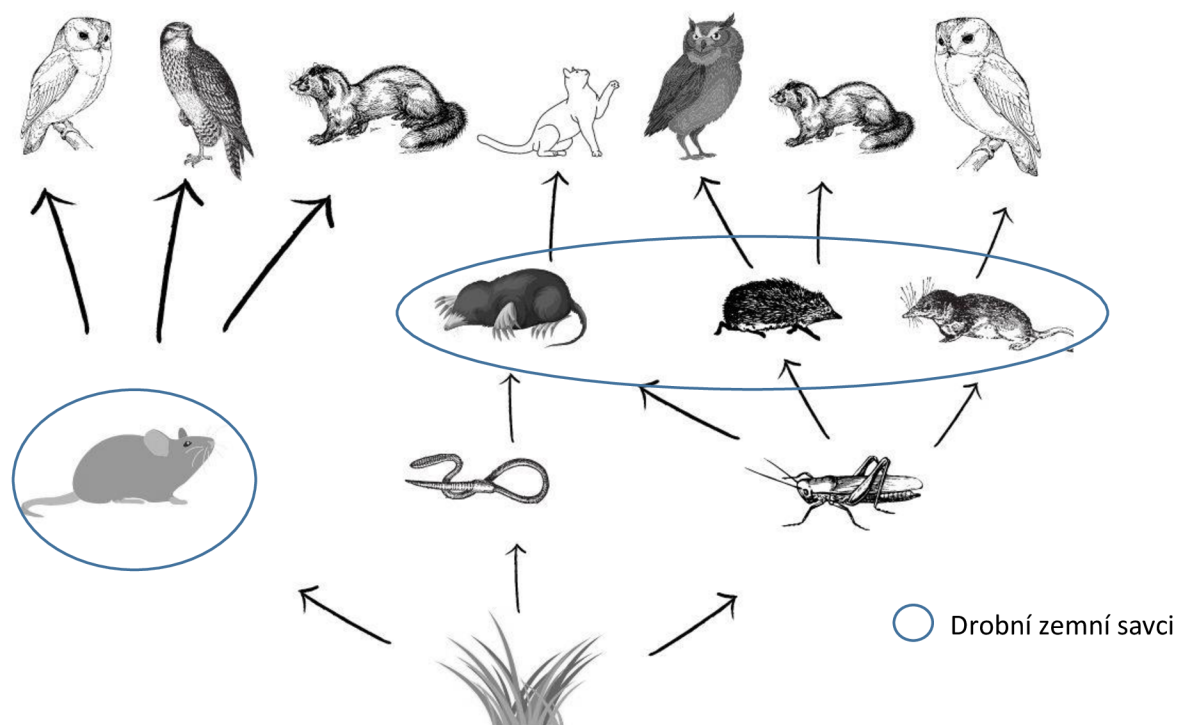
### 3.2.5 Drobní zemní savci jako potrava

Důležitou rolí, jakou drobní zemní savci hrají v ekosystémech různého typu je potrava. Potravní řetězce, jehož jsou tito savci součástí, můžeme rozdělovat na tři typy.

Pastevně kořistnický, dekompoziční a parazitický. V uspořádání pastevně kořistnického řetězce se hlodavci a hmyzožravci se řadí mezi konzumenty (Townsend a kol. 2010). V každém z těchto řetězců je nutné udržovat stabilitu systému (Mougi 2022).

Jak uvádí Stoddart (1979) stabilita a nestabilita nejsou typické vlastnosti pro populace drobných savců. Důvodem může být, jak uvádí Hansson a kol. (2002), cyklické množení druhů, především hraboše polního. Ve studii, kde se Hansson (2002) zabýval dynamikou a trofickými interakcemi drobných hlodavců. Přemýšlel nad tím, že interakce mezi hraboši a jejich predátory může vysvětlit odchylky v cyklech hraboše. Townsend a kol. (2010) uvádí, že při vzájemné interakci populace kořisti a populace predátora dojde k vzájemné oscilaci abundance obou druhů. Je zde uveden, pouze jednoduchý příklad, i když faktorů ovlivňující oscilaci je mnoho. Populace predátora, který se živí danou kořistí, se při hojnosti potravy bude zvyšovat. To znamená vyšší predační tlak, následkem toho se populace potravy začne snižovat. Z toho vyplývá méně kořisti, a proto se početná populace predátorů musí začít snižovat. Zmenšení populace predátora vede k nárůstu kořisti, tedy výchozí pozice. Na tuto skutečnost reaguje studie Korpimäkiho (2009), která se zabývala reakcí sov a *Falco tinnunculus* (poštołka obecná) na změny početnosti jejich hlavní potravy. Díky vyššímu predačnímu tlaku jsou populační hustoty hraboše během období rozmnožování sov a poštolek nižší. V průběhu léta se počty zvyšují.

Hraboši jsou z jednou hlavních složek potravy různých druhů sov. To dokazuje i studie Charreau a kol. (2012), která zjistila, že právě hraboš polní je oblíbenou potravou *Asio otus* (kalous ušatý). Tyto sovy preferují jako potravu hraboše před ptáky, protože ptáci se musí rozčtvrtit, aby je mláďata mohla pozřít, kdežto hraboše mohou pozřít v celku. Studie Riegerta a kol. (2009) ukazuje, že i když poštolky a kalousové vymění lesní prostředí za městské, jejich jídelníček se téměř nemění. Tato studie z Českých Budějovic ukazuje i fakt, že jeden druh potravy, dokáže uživit dva rozdílné druhy predátorů. Oproti tomu studie Zárybnické a kol. (2013) ukazuje, že *Aegolius funereus* (sýc rousný) má ve střední Evropě dostatek potravy a může si vybírat mezi hraboši a myšicemi, podle jejich dostupnosti v terénu, a tak oba druhy představují hlavní složku potravy sýce rousného.



Obrázek 3: Schéma potravního řetězce. (autorka práce)

Obrázek 3 představuje potravní pyramidu, kde ve spodním patře jsou primární producenti, druhé patro představují spásací, sem se řadí většina hlodavců a potrava hmyzožravců. Ve třetím patře se nachází hmyzožravci, kteří jsou následně požíráni konzumenty třetího řádu.

Ve studii, kterou provedli Fufachev a kol. (2019), se zjistilo, že *Buteo lagopus* (káně rousná) preferuje jako potravu lumíky. Za několik let pozorování se populační hustota lumíků snížila, v důsledku toho se zvýšila abundance hrabošů a káně se tak muselo přizpůsobovat potravní alternativě. Tyto změny ve společenstvích malých savců byly pozorovány i v Arktidě, kde byly připisovány změně klimatu (Ims a Fuglei 2005). Aby lumíci dosáhli vysoké populační hustoty, rozmnožují se pod sněhem. Proto kratší zimy a teplejší období mají vliv na snížení populací lumíků. Klíčová role lumíků byla prokázána i v potravě jiných arktických druhů predátorů (Ims a kol. 2017). Fufachev a kol. (2019) uvádí, že predátoři preferují lumíky před hraboši z důvodu jejich velikosti, jsou větší a tím poskytují více potravy a dají se snáze chytit.

### 3.2.5.1 Přirození predátoři drobných zemních savců

Pojem predátor zahrnuje víc věcí, než se běžně myslí. Většina si představí velké, silné zvíře, zabíjející na potkání. Z ekologického hlediska je predátorem jakýkoliv organismus, který konzumuje živé organismy nebo jejich části. Tato definice predace zahrnuje mnohem větší škálu organismů než jen velká, silná zvířata. Díky definici se můžou predátoři rozdělit do skupin.

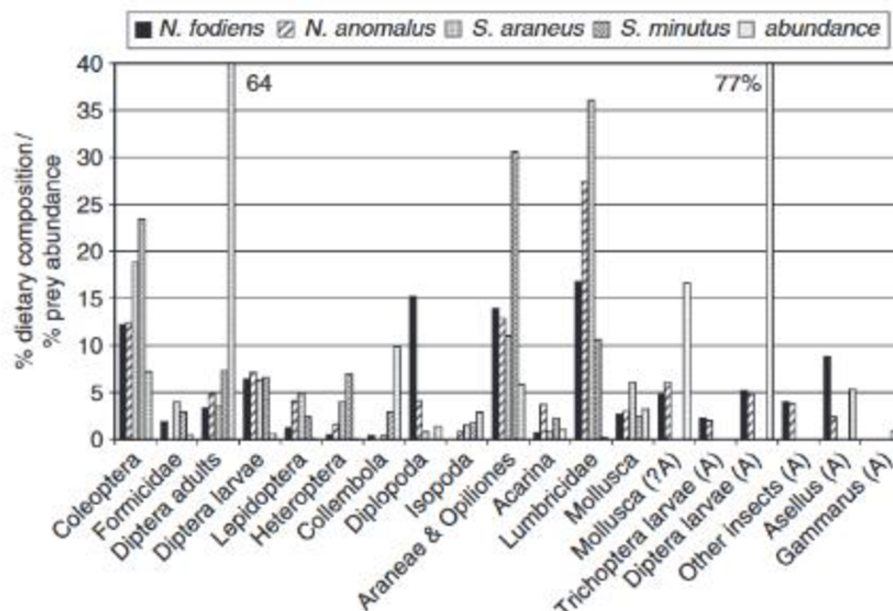
Praví predátoři, kořist vždy zabíjejí a konzumují po jejím chycení (Townsend a kol. 2010). Portál ÚKZÚZ uvádí výčet predátorů hraboše polního v České republice.

*Mustela nivalis*, *Mustela erminea*, *Vulpes vulpes*, *Mustela putorius*, *Mustela eversmannii*, *Martes martes*, *Martes foina*, *Felis silvestris f. catus*, *Canis lupus f. familiaris*, *Sus scrofa*, *Falco tinnunculus*, *Buteo buteo*, *Buteo lagopus*, *Milvus migrans*, *Milvus milvus*, *Pernis apivorus*, *Circus aeruginosus*, *Falco vespertinus*, *Asio otus*, *Tyto alba*, *Athene noctua*, *Strix aluco*, *Asio flammeus*, *Larus ridibundus*, *Corvus frugilegus*, *Ciconia ciconia*, *Ardea cinerea*, *Corvus monedula*, *Corvus corax*, *Phasianus colchicus*, *Corvus corone*, *Lanius collurio*, *Lanius excubitor*. Většina uvedených druhů jsou ptáci, jako sovy nebo dravci. Najdou se mezi nimi i drobné šelmy, jako liška obecná. I přes velký počet druhů živící se hrabošem polním, se hraboš řadí mezi významné škůdce zemědělských plodin.

Jinou skupinou jsou parazité. Kořist obvykle nezabíjejí, přinejmenším ne bezprostředně. Tradiční paraziti drobných zemních savců, je svrab, vši, blechy a klíšata.

### 3.2.6 Bezobratlí jako kořist hmyzožravců

Role, které zastávají hmyzožravci, nejsou tak prozkoumané jako u hlodavců. Důvodem je, že hmyzožravci jsou aktivnější v noci. Jejich důležitou funkcí je redukce početnosti bezobratlých. Podle Gaislera a Zimy (2007) mají rejsci vysokou látkovou výměnu, proto musí přijímat potravu každé 2 až 3 hodiny a jsou aktivní i v zimě. Studie Churchfielda a Rychlíka (2006) se zabývala složením potravy rejšků ve východním Polsku. Výsledky studie ukázali, že rejsci vyhledávají jak druhy vodních, tak druhy suchozemských bezobratlých. Základem bylo porovnání potravy 4 druhů hmyzožravců. V tabulce 3 jsou druhy bezobratlých, kteří se nachází v potravě rejšků z bažinaté oblasti východního Polska.



Tabulka

3: Procentuální složení bezobratlých v potravě *Neomys* a *Sorex* obývajících bažinaté oblasti ve východním Polsku. (Churchfield, S., Rychlík, L., 2006)



Dalším významným druhem z řádu hmyzožravců je krtek, na kterého za rok připadne asi 36 kg živočišné potravy (Fortman 1997). Ježci, kteří přes zimu hibernují, musí na jaře shánět velké množství potravy, aby dohnali zimní ztráty. Před zimou je hledání potravy ještě intenzivnější. Ježci za noc sežerou až 150 g živočišné potravy (Reichholf 2006).

### 3.2.7 Drobní savci jako přenašeči patogenů

Paraziti, jak lidé nazývají určitou skupinu organismů, se vyskytují i u drobných zemních savců. Paraziti se rozdělují na ektoparazity a endoparazity. K běžným ektoparazitům drobných zemních savců patří vši, všenky a klíšťata. Všechny tyto druhy mohou být nebezpečné pro člověka, protože jejich hostitelem může být i člověk. Klíšťe je významným přenašečem *Borrelia* spp. nebo *Babesia* spp. (Klimpel a kol. 2006). V minulosti byla velmi nebezpečným ektoparazitem blecha, která přenášela bakterii *Yersinia pestis*, která způsobuje nemoc zvanou mor. Hostitelem blech jsou divoce žijící hlodavci, hlavně v minulosti, kdy krysy byly součástí životů lidí, se mor snadno přenášel a vznikaly epidemie (Lester 2007).

Populace endoparazitů jsou u drobných zemních savců hojnější, hlavně u hlodavců, ukazuje to i studie Ondrikové a kol. (2010), která se věnovala endoparazitům-helmitům (Cestoda, Tremetoda a Nematoda). Klimpel a kol. (2006) se zabývali parazity dvou druhů myšic. Zjistili, že parazitická fauna obou druhů je velmi podobná. Důvodem může být podobný způsob života. Dále autoři zjistili, že nejhojnější druh, vyskytující se u myšic jsou *P. strongyloides*, *H. polygyrus* a druhy rodu *Syphacia*. Teorii potvrzuje i studie Ondrikové a kol. (2010), která dosáhla podobných výsledků jako autoři výše. Dále bylo zjištěno, že druhy *H. diminuta* mohou infikovat člověka. Jak zjistil Klimpel a kol. (2006) nejběžnějším endoparazitem u myši, potkanů a někdy i u ježků je druh *H. spumosa*.

Proč je význam studií zabývajících se parazity u drobných savců pro člověka tak důležitý? Jsou důležité z různých hledisek, z biologického a ekologického ukazuje společenstva parazitů drobných zemních savců v různých prostředích. Dalším hlediskem je medicínské, zde tyto studie mohou ukázat druhy způsobující nemoci lidí (Stojcevic a kol. 2004).

### 3.2.8 Drobní zemní savci jako nástroj biomonitoringu

Mnoho rostlin a živočichů je velmi nápomocno při měření zátěže organismu toxickými chemickými sloučeninami, protože jsou schopny kolonizovat i ty nejvíc znečištěné a nehostinné prostředí. Výjimkou nejsou ani drobní savci. Podle Vávrové (2005) se doporučuje využívat druhy, které se živí převážně rostlinou potravou. Studiím sledující ekotoxikologické zátěže v krajině slouží z drobných zemních savců hlavně hraboš polní, myšice a norníci. Sebestiánová a kol. (2001) posuzovali vhodnost vybraných druhů drobných zemních savců pro potřeby biomonitoringu a došli k závěru, že výše zmíněné druhy drobných savců, mohou být použity jako bioindikátory. Pomocí nich se dají získat informace o kontaminaci, které korespondují s údaji zjištěnými u lovné zvěře. Zjištěná zátěž drobných zemních savců xenobiotiky

typu PCB je výhodnější, než zjišťování znečištění dané lokality z lovné zvěře. Jak uvádí Anděl (2011) je hraboš polní vhodným druhem pro ekotoxikologické bioindikační studie in situ. Pro tyto účely se mohou sledovat například chromozomové aberace (genotoxicita), biochemické a fyziologické parametry (např. krevní obraz), kumulace těžkých kovů a dalších látek v srsti a vnitřních orgánech. Tyto poznatky mohou posloužit hlubšímu porozumění ekotoxikologických problémů.

Kovalchuk a kol. (2017) se zabývali akumulací těžkých kovů u drobných zemních savců. Tato studie ukázala statisticky významné rozdíly v bioakumulaci exogenních a esenciálních prvků v orgánech vybraných druhů, kterými jsou *Clethrionomys glareolus*, *Sorex araneus* a *Apodemus uralensis*, žijících ve středním a jižním Uralu. Je prokázáno, že akumulace mědi, zinku a kadmia v tkáních rejska obecného se výrazně liší od normy rudého a myšice lesní, viz Tabulka 4. Výsledky se dají využít při hodnocení ekologické újmy území a také pro určení prognózy genetické nebezpečnosti těchto prvků.

Species	Parameters	n	Concentration of heavy metals, µg/g		
			Cu	Zn	Cd
<i>Apodemus uralensis</i>	liver	96	2.9 ± 0.2	25.5 ± 0.4	0.10 ± 0.01*
		62	3.2 ± 1.0	33.8 ± 10.6	0.70 ± 0.09
	kidney	96	3.4 ± 0.7	13.1 ± 1.1	0.38 ± 0.01*
		62	2.2 ± 0.7	10.6 ± 3.3	0.80 ± 0.06
	spleen	96	4.9 ± 0.1	24.2 ± 2.6*	0.95 ± 0.09*
		62	5.1 ± 1.6	8.40 ± 2.6	1.30 ± 0.01
<i>Clethrionomys glareolus</i>	liver	109	5.3 ± 0.1	20.2 ± 1.1	0.05 ± 0.01*
		78	3.5 ± 1.1	20.8 ± 6.5	0.50 ± 0.06
	kidney	109	2.4 ± 0.1	18.3 ± 0.2	0.39 ± 0.01*
		78	1.6 ± 0.01	23.5 ± 7.4	0.80 ± 0.03
	spleen	109	3.3 ± 0.02	21.7 ± 1.9	1.57 ± 0.1*
		78	4.5 ± 1.4	24.5 ± 0.1	2.9 ± 0.09
<i>Sorex araneus</i>	liver	108	13.1 ± 0.8	28.2 ± 2.4*	0.20 ± 0.02*
		54	24.2 ± 7.6	69.4 ± 21.8	0.60 ± 0.04
	kidney	108	7.7 ± 0.9	13.7 ± 2.2*	0.39 ± 0.05*
		54	11.3 ± 3.5	37.8 ± 11.8	0.90 ± 0.15
	spleen	108	5.6 ± 0.1*	14.7 ± 2.1*	0.50 ± 0.02*
		54	34.2 ± 10.7	48.6 ± 15.2	0.70 ± 0.02

Tabulka 4: Koncentrace těžkých kovů v orgánech (játra, ledviny, slezina) drobných savců. Kovalchuk A. L., Mikshevich V. N., Chernaya V. L. (2017)

## 4 Výsledné zhodnocení

Představení nejdůležitějších funkcí, jaké drobní zemní savci v ekosystémech zastávají je užitečné pro získávání potřebných informací. Není v mých silách popsat je všechny, ale všechny funkce, popsané v mé práci jsou důležité. Výsledky různých studií ukázaly, že hlodavci a hmyzožravci jsou významní zoochoristé, tedy přispívají k rozptylu různých rostlin, tak jak popisuje Haruea a kol. (2006) nebo Dimitri, Longland a Vander Wall (2017). Dalším poznatkem je jejich vlastnost tvoření nor, které pomáhají k prokypřování půdy. Krtci, kteří dělají své chodby, roznášejí zeminu a vynášejí živiny na povrch, což je další důležitá funkce. Některé tyto nory a chodby slouží jako úkryt pro jiné živočichy. S promícháváním půdy souvisí i její chemické vlastnosti, které se zlepšují za přítomnosti hlodavců, jak bylo popsáno ve studii Moorheata a kol. (2017).

Významnou funkci tyto druhy zastávají jako kořist. Jsou důležitou součástí potravního řetězce a bez nich, by se některé systémy mohly zhroutit. Příkladem je popis Fufachova a kol. (2019), kdy při absenci původní kořisti si predátoři musí hledat jinou potravu, což pro ně není mnohdy snadné. Výsledky dalších studií ukázaly, že jsou potravou hlavně pro sovy a dravce, kteří jimi živí své potomky.

Výše zmíněné funkce drobných zemních savců jsou nezávislé na člověku. Dále popíšu studie, které potvrzují, že člověk má na drobné zemní savce velký vliv. Přesto, že hlodavci a hmyzožravci mají svoje přirozené nepřátele a slouží jako potrava, lidé svým zemědělským hospodařením přispívají k přemnožování těchto savců, kteří následně způsobují na těchto plochách značné škody. Důkazem je pravidelný monitoring jejich výskytu. Aby se těmto škodám zamezilo, používají se jedy, bohužel jak ukázaly studie, jedy zabijí i další savce a ptáky, kteří tyto otrávené jedince pozřou (Jurek 2020).

Kapitola problém invazních druhů ukázala, že druhy by se nestaly invazními, kdyby jim člověk nepomohl dostat se přes biogeografické bariéry, které udržují druhy ve svých biotopech. Protože se invazní druhy úspěšně množí a rychle šíří na nová území, ničí tak přirozené podmínky pro jiné živočichy a dochází k jejich likvidaci. I přesto, že se lidé snaží hubit hlodavce a hmyzožravce, zjistili, že jsou užiteční při biomonitoringu. Díky nim se dají zjistit zátěže půdy těžkými kovy nebo se dají využít při zkoumání parazitů. Z výše uvedených skutečností vyplývá, že tyto druhy jsou důležití a hrají svou roli.

## 5 Diskuse a závěr

Práce ukázala mnoho zajímavých poznatků o drobných zemních savcích. Nejdůležitější je jejich přínos v travnatých a lesních stanovištích, kdy mají velký vliv na rozptyl semen různých druhů rostlin. Přesto si myslím, že tato oblast ještě není dostatečně prozkoumána, protože i když mají pozitivní vliv, působí na těchto stanovištích i negativně. Určitě by bylo zajímavé porovnat tyto negativní a pozitivní vlivy na prostředí mezi sebou. Barbé a kol. (2016) se zabýval rozptylem diaspor mechů a kapradin pomocí vybraných druhů hlodavců. Oproti tomu Heroldová a kol. (2009) zkoumali chemické složení kůry a řeší negativní vliv na dané prostředí. Myslím si, že porovnání těchto dvou studií a dalších podobného ražení, by mohlo dát hlubší vhled, proč si drobní zemní savci vybírají dané ekosystémy.

Víme, že norování rozrušuje půdu a přispívá tak k erozi půdy. Na druhou stranu přispívá k prokypření a promíchání půdních horizontů. Tím se můžou živiny dostat blíže na povrch a tím jsou blíže pro rostliny. Jiné studie ukázaly, že nory po drobných zemních savcích jsou využívány jinými živočichy. Davidson a kol. (2007) zjistili, že se díky osídlení nor ještěrkami, zvýšila jejich biodiverzita na daném stanovišti.

Jak se rozvíjí zemědělství, mění se ráz krajiny, a hlavně hlodavci mají dobré životní podmínky. Proto se snadněji rozmnožují a zvyšují svou populaci, což má za následek ničení zemědělských ploch. Na tuto skutečnost upozornily i studie Sttodarta (1979) a Kazdy (2014). Jedním z dalších problémů jsou invazní druhy. Rychle se adaptují na nové prostředí, osidlují tak areály ostatních živočichů, které tím vytlačují. Studie Skyriene a Paulanskase (2012) poukázala na introdukci ondatry z Ameriky do Evropy.

V Evropě nemá ondatra přirozeného nepřítele, který by snižoval její stavy. Naproti tomu by bylo zajímavé udělat výzkum, zda nově vzniklé prostředí, způsobené invazními druhy, nepřináší něco pozitivního pro nové organismy.

Pozorování vybraných stanovišť pro probíhající výzkum na Fakultě agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, bylo pro mě velmi zajímavé a přínosné. Výzkum probíhá na Sokolovsku v post těžebních oblastech. Lokality jsou různorodé, od zemědělsky využívaných ploch až po zarostlý les. Překvapením pro mne bylo, že na místech, která vypadala, jako vhodné prostředí pro drobné zemní savce, se téměř žádní nevyskytovali. Oproti tomu na jiných lokalitách, kde už z dálky bylo vidět, že je zde živo, díky poletujícímu hmyzu a dravcům, bylo drobných zemních savců hojně. Proto důležitou součástí této práce jsou poznatky o rolích drobných zemních savců v potravním řetězci. Je zajímavé kolik různých druhů jsou drobní zemní savci schopni uživit. Je to způsobeno jejich schopností snadno se množit a mít velký počet potomků. Mnoho studií se zabývá tím, kdo všechno se drobnými savci živí, myslím, že by bylo přínosné zjistit, jak velký vliv by mělo vymizení drobných savců z potravní pyramidy. Studie Fufacheva a kol (2019) se sice zabývala přizpůsobením káněte na jinou potravu, ale ne z dlouhodobého hlediska.

Drobní zemní savci jsou dobrou modelovou skupinou taky proto, že jsou přenašeči různých patogenů. Různé studie, jako práce Ondrikové a kol. (2010) se zabývala endoparazity drobných savců. Díky těmto studiím, je možné zjistit parazitické druhy, které se můžou přenášet i na lidi a způsobovat různé nemoci.

Jedním z dalších problémů v ekosystémech, kterým se tato práce věnuje, jsou ekologické zátěže a hodnocení jejich škodlivých vlivů. Studie Kovalchuka a kol. (2017) se zabývala akumulací těžkých kovů u drobných zemních savců. Ze studie je patrné, proč drobní savci mohou pomoci při zkoumání těchto zátěží. Proto je vhodné druhy drobných zemních savců využívat pro biomonitoring.

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit přehled funkcí drobných zemních savců v ekosystémech. V práci jsou zastoupeny hlavní funkce vykonávané drobnými savci, především hlodavci a hmyzožravci. Těmito funkcemi, jak je uvedeno výše, jsou hlavně rozptýlení semen rostlin a potrava pro různé predátory, hlavně sovy a dravce. V práci nejsou zaznamenány všechny role. Například zde chybí pojednání o mezidruhových vztazích. Určitě by bylo vhodné provádět další výzkumy, ve kterých drobní zemní savci hrají svou roli a posloužily by k pochopení fungování různých ekosystémů.

## 6 Zdroje

Abaturov B. D., 1972: The role of burrowing animals in the transport of mineral substances in the soil. *Pedobiologia*, 12, 261-266.

Anděra M., Gaisler J., 2019: *Savci České republiky: popis, rozšíření, ekologie, ochrana*. Praha: Academia.

Anděra M., Slovák J., 2018: *Atlas fauny České republiky*. Praha: Academia.

Aulagnier S., Mitchel-Jones A. J., Haffner P., Moutou F., Zima J., Chevallier J., Norwood J., Varela Simo J., 2018: *Savci Evropy, severní Afriky a Běžkého východu*. Ševčík. Plzeň.

Babé M., Chavel E. Ě., Fenton J. N., Imbeau L., Mazerolle J. M., Drapeau P., Bergeron Y., 2016: Dispersal of Bryophytes and Ferns is Facilitated by Small Mammals in the Boreal Forest, *Ecoscience*, 23(3-4), 67-76.

Barrett G. W., Hanski I., Peles J. D., 1999: *Landscape Ecology of Small Mammals*. Edition 1, Springer New York.

Barrett G. W., Peles D. J., Odum P. E., 1997a: Transcending processes and the levels-of-organization concept. *BioScience* 8, 531-535.

Batzli G. O., 1975: The role of small mammals in arctic ecosystems. In *Small Mammals: their productivity and population dynamics*. eds. Golley, F. B., Petruszewicz, K. and Ryszkowski, L. Cambridge University Press.

Batzli G. O., Pitelka F. A., 1970: Influence of meadow mouse populations on California grassland. *Ecology*, 51, 1027-1039.

Berghoff P. C., 1999: *Malé hlodavce: choroby a chov*. Bratislava: Hajko & Hajková, malá knižnica praktického veterinára. ISBN 80-88700-47-7.

Briner T., Nentwig W., Airoidi J. - P., 2005: Habitat quality of wildflower strips for common voles (*Microtus arvalis*) and its relevance for agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105(1-2), 173–179.

Bouliere F., 1975: Mammals, small and large: the ecological implications of size. Pages 1-8 in Golley FB, Petruszewicz K, Ryszowski L. editors. *Small mammals: their productivity and population dynamics*. 1. edition. Cambridge University Press. Cambridge.

Clout M., 2005: Rodent incursions on New Zealand islands. In *Proceedings of the 13th Australasian Vertebrate Pest Conference*. Landcare Research, 324-330.

Davidson D. A., Lightfoot C. D., 2007: Interactive effects of keystone rodents on the structure of desert grassland arthropod communities, *Ecography* 30, 515- 525, ISSN 0906-7590.

Dimitri L. A., Longland W. S., Vander Wall S. B., 2017: Cone and seed traits of two *Juniperus* species influence roles of frugivores and scatter-hoarding rodents as seed dispersal agents. *Acta Oecologica*, 85, 93–103.

- Drozdi A., 1968: Digestibility and assimilation of natural foods in small rodents. *Acta Theriologica*, 13, 367-389.
- Dufour B., 1971: Donees quantitatives sur la construction du terrier chez *Apodemus sylvaticus* L. *Revue Suisse de Zoologie*, 78, 568-57.
- Fortman M., 1997: Krtci a hraboši: poznání, prevence, ochrana, vydavatelství Blesk Ostrava 2, ISBN 80-86060-15-2.
- Fufachev I. A., Ehrich D., Sokolova N. A., Sokolov V. A., Sokolov A. A., 2019: Flexibility in a changing arctic food web: can rough-legged buzzards cope with changing small rodent communities? *Global Change Biology*, 25, 3669-3679.
- Gaisler J., Zima J., 2007: *Zoologie obratlovců. Druhé, přepracované vydání.*, Praha Academia.
- Gaisler J., Zima J., 2018: *Zoologie obratlovců / Jiří Gaisler, Jan Zima*, ISBN 9788020027023.
- Golley, F. B., Petruswicz, K., Ryszkowski, L., 1975: Small mammals: their produktivity and population dynamics. *International Biological Programme 5*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Golley F. B., Ryszkowsk L., Sokur J. T., 1975b: The role of small mammals in temperate forests, grasslands and cultivated fields. In *Small Mammals: their productivity and population dynamics*. eds. Golley, F. B., Petruswicz, K., & Ryszkowski, L., Cambridge University Press, 223-242.
- Grodziński W., 1968: Energy flow through a vertebrate population. In *Methods of Ecological Bioenergetics*, eds. Grodziński, W. & Klekowski, R. Z., Warsaw: Polish Academy of Sciences, 239- 252.
- Hansson L., 2002: Cycles and travelling waves in rodent dynamics: a comparison, *Acta Theriologica* 47, Suppl. 1, 9–22.
- Hansson L., 2002: Dynamics and trophic interactions of small rodents: landscape or regional effects on spatial variation? *Oecologia*. Jan;130(2), 259-266.
- Hausmann S. N., 2017: Soil movement by burrowing mammals: A review comparing excavation size and rate to body mass of excavators, *Progress in Physical Geography*, Vol. 41(1), 29–45.
- Harue A., Rikyu M., Saneyoshi U., Makoto N., Masami H., 2006: Dispersal of *Camellia japonica* seeds by *Apodemus speciosus* revealed by maternity analysis of plants and behavioral observation of animal vectors. *Ecological Research* 21, 5, 732-740.
- Heroldová M., Jánová E., Suchomel J., Purchart L., Homolka M., 2009: Bark chemical analysis explains selective bark damage by rodents, *Časopis Beskydy*, 2 (2), Mendel University, Brno, 137-140.
- Heroldová M., Zejda J., Zapletal M., Obdržálková D., Jánová E., Bryja J., Tkadlec E., 2004: Importance of winter rape for small rodents, *Plant soil environ*, 50 (4), 175–181.

- Charter M., Izhaki I., Leshem Y., Roulin A., 2012: Diet and breeding success of long-eared owls in a semi-arid environment. *Journal of Arid Environments*, 85, 142–144.
- Churchfield, S., Rychlik, L., 2006: Diets and coexistence in *Neomys* and *Sorex* shrews in Bialowieza forest, eastern Poland. *Journal of Zoology*, 269(3), 381–390.
- Churchfield S., Rychlik L., Taylor J. R. E., 2012: Food resources and foraging habits of the common shrew, *Sorex araneus*: does winter food shortage explain Dehnel's phenomenon? *Oikos*, 121(10), 1593–1602.
- Ims R. A., Fuglei E., 2005: Trophic interaction cycles in tundra ecosystems and the impact of climate change. *BioScience*, 55(4), 311–322.
- Ims R. A., Killengreen S. T., Ehrich D., Flagstad Ø., Hamel S., Henden J. - A., Yoccoz N. G., 2017: Ecosystem drivers of an Arctic fox population at the western fringe of the Eurasian Arctic. *Polar Research*, 36(sup1), 8.
- Kazda J., 2014: Škúdcí polních plodin, Profi Press s.r.o., Praha, ISBN 978-80-86726-61-8.
- Klimpel S., Förster M., Schmahl G., 2006: Parasites of two abundant sympatric rodent species in relation to host phylogeny and ecology. *Parasitology Research*, 100(4), 867–875.
- Korpimäki E., Hakkarainen H., Laaksonen, T., Vasko V., 2009: Responses of Owls and Eurasian Kestrels to Spatio-Temporal Variation of Their Main Prey. *Ardea*, 97(4), 646–647.
- Kovalchuk A. L., Mikshevich V. N., Chernaya V. L., 2017: Accumulation of heavy metals by small mammals the background and polluted territories of the Urals, *Vestnik zoologii*, 51(4), 325–334.
- Kuckeruk V. V., 1963: Vozdeist vie travoyadnykh mlekopitayushchikh na produktivnost' travostoyo stepi i ikh znacherie v obrazovanii organicheskoi chasti stepnyk pochv. *Transactions of the Moscow Society of Naturalists*, 10, 157-193. (In Russian).
- Kuznetsov G. B., 1970: O voynschoy detatielnosti kav kaz kogo krota (*Talpa caucasica*). *Zoologicheskii Zhurnal*, 49, 1245-1247. (In Russian).
- Lester K. L., 2007: *The Pandemic of 541–750*, Ed. Cambridge University Press, Cambridge, in association with the American Academy, Roma, ISBN 9780521846394.
- Little I. T., Hockey P. A. R., Jansen R., 2015: Assessing biodiversity integrity for the conservation of grazed and burnt grassland systems: avian field metabolic rates as a rapid assessment tool. *Biodiversity and Conservation* 24, 1443–1471.
- Lohmann M., 2007: *Svět zvířat*, Soliter, Praha, ISBN 978-80-7234-705-6.
- Ludwig G., 2010: *Potkan*. Praha: Jan Vašut s.r.o., ISBN 978-80-7236-585-2.

- Moorhead L. C., Souza L., Habeck W. C., Lindroth L. R., Classen T. A., 2017: Small mammal activity alters plant community composition and microbial activity in an old-field ecosystem. *Ecosphere* 8(5).
- Mougi A., 2022: Predator interference and complexity – stability in food webs. *Sci Rep* 12, 2464.
- Pelikán J., Gaisler J., Rodl P., 1979: *Naši savci*. Academia. Praha.
- Ondříková J., Miklisová D., Ribas A., Stanko M., 2010: The helminth parasites of two sympatric species of the genus *Apodemus* (Rodentia, Muridae) from south-eastern Slovakia. *Acta Parasitologica*, 55(4).
- Reichholf J., Wendler F., Kotyk A., Mallotová H., 2006: *Savci*, Euromedia Group, Praha, ISBN 802421637X.
- Riegert J., Lövy M., Fainová D., 2009: Diet composition of Common Kestrels *Falco tinnunculus* and Long-eared Owls *Asio otus* coexisting in an urban environment. *Ornis Fennica*, 86(4), 123-130.
- Riegert J., Šindelář J., Zárbynická M., 2021: Large-scale spatial patterns of small-mammal communities in the Mediterranean region revealed by Barn owl diet. *Sci Rep* 11, 4985.
- Roberts A., 2003: *Island Biosecurity SOP Best Practice Manual*, Department of Conservation, Wellington, 32.
- Sebastianová N., Vávrová M., Zlámalová H., Gargošová, 2001: Posouzení vhodnosti vybraných druhů drobných zemních savců pro potřeby biomonitoringu, *Brno, Veterinářství*, 51, 524-528.
- Skyrienė G., Paulauskas A., 2012: Distribution of invasive muskrats (*Ondatra zibethicus*) and impact on ecosystem. *Ekologija*, 58(3), 357–367.
- Stoddart D. M., 1979: *Ecology of small mammals*. Springer, Dordrecht.
- Stojcevic D., Mihaljevic Z., Marinculic A., 2004: Parasitological survey of rats in rural regions of Croatia. *Veterinarni Medicina*. 49 (3), 19-34.
- Suchomel J., Šipoš J., Čepelka L., Heroldová M., 2019: Impact of *Microtus arvalis* and *Lepus europaeus* on apple trees by trunk bark gnawing. *Plant Protect. Sci.*, 55, 142–147.
- Townsend R. C., Begon M., Harper L. J., 2010: *Základy ekologie*, Univerzita Palackého v Olomouci, Olomoc ISBN 978-80-244-2478-1.
- Ulehla J., Pelikan J., Zichoza L., 1974: Rodent burrowing activity and heterogeneity of a lucerne stand. *Zoologické Listy*, 23, 113-121.
- Vašák J., 2000: *Řepka*, Agrospoj, Praha.
- Vávrová M., 2005: *Využití bioindikátorů při hodnocení starých zátěží terestrického ekosystému*, (VUT Brno).



Velenská N., 2007: Hlodavci. Rudná u Prahy: Robimaus. ISBN 978-80-903357-2-1.

Virjamo V., Julkunen-Tiitto R., Henttonen H., Hiltunen E., Karjalainen R., Korhonen J., Huitu O., 2013: Differences in vole preference, secondary chemistry and nutrient levels between naturally regenerated and planted norway spruce seedlings. *Journal of Chemical Ecology*, 39, 1322–1334

Volf M., 2002: Perspektiva pěstování řepky v době před a po vstupu do Evropské unie. In: Intenzita v pěstování a ochraně řepky ozimé, DAS Praha, 1–5.

Voronov N. P., 1953: Iz nablyudeniia nad royushchei deyatelnostyu gryzunov v lesu. *Pochvovedenie*, 10, 61-74. (In Russian).

Welker K., Thompson M. T., 2018: Pesticides, Rosen's Emergency Medicine: Concepts and Clinical Practice, Elsevier, 1947-1956.

Wolfgang N., 2014: Nevítání vetřelci, invazní rostliny a živočichové v Evropě, Praha Academia.

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, 2, 353-361.

Zejska J., 2002: Hlodavci, 9-15 in Zejska J, Zapletal M, Pikula J, Obdržálková D, Heroldová M, Hubálek Z. *Agrospoj*. Praha.

Zejska J., Nesvadbová J., 2000: Abundance and reproduction of the common vole, *Microtus arvalis* in crop rows and associated agricultural habitats, *Folia Zoologica*, 49 (4), 261–268.

Zimina R. P., Pogodina O. S., Urushadze I. F., 1970: Landshaftoobrazuyushchaya rol surkov v aridnykh vysokogoryakh Iyan-Shanya i Pamira. *Materialy k poznanyu/aunyii flory. SSSR (MOIP)*, 45, 177-191. (In Russian).

Ostatní zdroje a obrázky:

Dumke K., 2012: Burrow, National Geographic Society, dostupné z <  
<https://www.nationalgeographic.org/encyclopedia/burrow/>>

ÚKZÚZ, © 2014-2022: Hraboš polní (online) [cit. 2022.02.21], dostupné z <  
[https://eagri.cz/public/app/srs\\_pub/fytoportal/public/?k=0#rlp|so|skudci|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c34c669|popis](https://eagri.cz/public/app/srs_pub/fytoportal/public/?k=0#rlp|so|skudci|detail:c18ccd9cbe2ba381e37b810d0c34c669|popis)>

Vilém J., 2020: Proč může být použití STUTOXu nutné, a kde jsou jeho limity, BRNO, (online) [cit. 2022.02.21], dostupné z <  
<https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/vilem-jurek-za-hrabosi-kalamitu-muze-zmena-klimatu#diskuse>>.

§ 3 zákona č. 17/1992 Sb., o životním prostředí.

Obrázek 1: <https://www.rothamsted.ac.uk/articles/big-picture-using-wildflower-strips-pest-control>, [cit. 2022.03.24]

Obrázek 2: Stoddart D. M., 1979: Ecology of small mammals. Springer, Dordrecht.

Obrázek 3: Vlastní schéma potravního řetězce.

Tabulka 1: Stoddart D. M., 1979: Ecology of small mammals. Springer, Dordrecht.

Tabulka 2: Dimitri L. A., Longland W. S., Vander Wall S. B., 2017: Cone and seed traits of two *Juniperus* species influence roles of frugivores and scatter-hoarding rodents as seed dispersal agents. *Acta Oecologica*, 85, 93–103.

Tabulka 3: Churchfield, S., Rychlik, L., 2006: Diets and coexistence in *Neomys* and *Sorex* shrews in Białowieża forest, eastern Poland. *Journal of Zoology*, 269(3), 381–390.

Tabulka 4: Kovalchuk A. L., Mikshevich V. N., Chernaya V. L., 2017: Accumulation of heavy metals by small mammals the background and polluted territories of the Urals, *Vestnik zoologii*, 51(4), 325–334.