

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

Srovnání vlivu narušení lesních ekosystémů

na půdní faunu

Diplomová práce

Autor:	Bc. Aneta Jirková
Studijní program:	N0588A030001 - Biologie a ekologie
Studijní obor:	Biologie živočichů
Vedoucí práce:	doc. Ing. Jakub Horák, Ph.D.

Zadání diplomové práce

Autor: Bc. Aneta Jirková

Studium: S22BI009NP

Studijní program: N0588A030001 Biologie a ekologie

Studijní obor: Biologie živočichů

Název diplomové práce: Srovnání vlivu narušení lesních ekosystémů na půdní faunu

Název diplomové práce AJ: Comparison of disturbance effect in forest ecosystems on soil fauna

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

1. Výběr 4 vhodných lesních ekosystémů.
2. Sběr dat na gradientu zachovalý-ovlivněný-silně narušený les, a to ve formě prosevů vegetace, hrabanky a svrchní půdy.
3. Sběr dat o jednotlivých plochách gradientu (biotické a abiotické podmínky).
4. Sběr dat o půdních bezobratlých pomocí extraktorů v laboratoři.
5. Statistické vyhodnocení sebraných dat pomocí vhodných metod.

Götmark, F., Von Proschwitz, T., & Franc, N. (2008). Are small sedentary species affected by habitat fragmentation? Local vs. landscape factors predicting species richness and composition of land molluscs in Swedish conservation forests. *Journal of Biogeography*, 35(6), 1062-1076.

Horák, J., Markovic, C., Dobrosavljevic, J., Rada, P., Mladenovic, S., Kohutka, A., ... & Tejnecky, V. (2022). The Interaction of Pedobiodiversity with Biotic and Abiotic Environment in Floodplain Forests of Serbia. *ResearchSquare* doi: 10.21203/rs.3.rs-1388384/v1.

Loskotová, T., & Horák, J. (2016). The influence of mature oak stands and spruce plantations on soil-dwelling click beetles in lowland plantation forests. *PeerJ*, 4, e1568.

Owens, B. E., & Carlton, C. E. (2015). "Berlese vs. Winkler": Comparison of Two Forest Litter Coleoptera Extraction Methods and the ECOLI (Extraction of Coleoptera in Litter) Protocol. *The Coleopterists Bulletin*, 69, 645-661.

McBratney, A., & Minasny, B. (2007). On measuring pedodiversity. *Geoderma*, 141, 149-154.

Schlaghamerský, J., Devetter, M., Háněl, L., Tajovský, K., Starý, J., Tuf, I. H., & Pižl, V. (2014). Soil fauna across Central European sandstone ravines with temperature inversion: From cool and shady to dry and hot places. *Applied Soil Ecology*, 83, 30-38.

Zadávací pracoviště: Katedra biologie,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Horák, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 23.1.2020

PROHLÁŠENÍ

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

V Hradci Králové dne 10.5.2024

.....
Bc. Aneta Jirková

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala panu doc. Jakubu Horákovi za odborné vedení mé diplomové práce, za pomoc při terénní a laboratorní části práce, za konzultace, a především za pomoc se zpracováním statistických dat. Mé poděkování je věnováno též panu doc. habil. Radoslawu Plewovi za odbornou determinaci taxonu Coleoptera. Dále děkuji celé své rodině, která mě během studia plně podporovala.

ANOTACE

JIRKOVÁ, A. *Srovnání vlivu narušení lesních ekosystémů na půdní faunu*: Diplomová práce. Hradec Králové: Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta, 2024, 48 str. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jakub Horák Ph.D.

Půdní makrofauna bezobratlých je důležitou součástí lesního ekosystému, jehož zachování je významné pro udržení vysoké biologické rozmanitosti. Díky tlaku společnosti dochází k zásahu do lesního ekosystému formou těžby dřeva a tvorbou lesních cest. Tato diplomová práce se zabývá vlivem antropogenního narušení na početnost jedinců taxonů makročlenovců v gradientu narušení lesa (přírodní les, hospodářský les, lesní cesta). Dále zkoumá vliv okolních podmínek na půdní makroarthropoda v lokalitách chráněných území České republiky. Na podzim roku 2022 byly získány vzorky proséváním ve čtyřech chráněných lokalitách (CHKO Český Kras, CHKO Křivoklátsko, Národní park Krkonoše, NPP Libický luh) a dále zaznamenány hodnoty okolních podmínek. Vzorky byly inkubovány v laboratoři a následně determinovány a statisticky vyhodnoceny. Pro statistické hodnocení byly zvoleny tyto taxony: Coleoptera, Diplopoda, Chilopoda, Isopoda, Araneae a Pseudoscorpiones. Reakce na narušenost prostředí byla zaznamenána u taxonu Isopoda a Chilopoda. Taxon Isopoda se vyskytoval nejhojněji v přírodním lese oproti lesním cestám a hospodářskému lesu. U taxonu Chilopoda jsme zaznamenali nejméně početný výskyt na lesních cestách. Výška hrabanky byla výrazně ovlivňujícím faktorem většiny námi zvolených taxonů. S jejím nárůstem došlo ke zvýšení počtu jedinců. Hrabanka poskytuje několika taxonům bezpečný úkryt a zdroj potravy. Při hospodaření v lesích je nutné vzít v potaz, kam až lidská činnost může zajít, aby nenarušila přirozené vztahy mezi organismy a aby nebyly narušeny koloběhy látek v krajině.

Klíčová slova: půdní fauna, bezobratlí, lesní ekosystém, disturbance, přírodní les, hospodářský les, lesní cesty

ANOTATION

JIRKOVÁ, A. *Comparison of disturbance effect in forest ecosystems on soil fauna*: Diploma thesis. Hradec Králové: University of Hradec Králové, Faculty of Science, 2024, 48 p. Thesis Supervisor doc. Ing. Jakub Horák Ph.D.

The soil macro-arthropods are an important part of the forest system. The protection of these animals is important mainly to maintain high biodiversity. The forest ecosystem is being affected by harvesting of wood or the creation of forest roads. This thesis deals with the effect of anthropogenic disturbance on the abundance of individuals of macroinvertebrate taxa in a forest disturbance gradient (natural forest, commercial forest, and forest road). Furthermore, it investigates the influence of environmental conditions on soil macro-arthropods in protected areas of the Czech Republic. In autumn 2022, samples were obtained by sieving in four protected areas (CHKO Český Kras, CHKO Křivoklátsko, NP Krkonoše, NPP Libický luh). The values of environmental conditions were also recorded. The samples were incubated in the laboratory and determined and statistically evaluated. The following taxa were selected for statistical evaluation: Coleoptera, Diplopoda, Chilopoda, Isopoda, Araneae, Pseudoscorpiones. The response to disturbance of the environment was recorded in the taxa Isopoda and Chilopoda. The taxon Isopoda was most abundant in natural forest versus forest roads and commercial forest. The taxon Chilopoda was least abundant on the forest roads. Height of a litter was significant influencing factor for most of our selected taxa. As it increased, the number of individuals also increased. The litter provides a safe shelter and food source for several taxa. When managing forests, it is necessary to understand how far human activity can go in order not to disturb the natural relationships and the cycles in the landscape.

Keywords: soil fauna, invertebrates, forest ecosystems, disturbance, natural forest, forest roads

Obsah

1	Úvod	1
1.1	Úvod do problematiky	1
1.1.1	Lesní ekosystém a jeho ochrana	1
1.1.2	Biodiverzita lesního ekosystému	1
1.1.3	Antropogenní disturbance v lesním prostředí.....	2
1.1.4	Bezobratlí živočichové v lesním ekosystému	3
1.2	Cíle práce	4
2	Metodika	5
2.1	Studované plochy	5
2.1.1	Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko	6
2.1.2	Národní přírodní rezervace Libický luh	7
2.1.3	Krkonošský národní park (KRNAP)	8
2.1.4	Chráněná krajinná oblast Český kras.....	9
2.2	Studované taxony.....	10
2.2.1	Diplopoda.....	10
2.2.2	Coleoptera.....	11
2.2.3	Chilopoda	11
2.2.4	Araneae	12
2.2.5	Isopoda.....	12
2.2.6	Pseudoscorpiones.....	13
2.3	Metody sběru fauny	14
2.4	Sběr environmentálních dat	15
2.4.1	Míra lesní disturbance	15
2.4.2	Teplota	16
2.4.3	pH	17
2.4.4	Vlhkost	17
2.4.5	Druhové složení dřevin (%)	18

2.4.6	Pokryvnost bylin (%)	19
2.4.7	Množství mrtvého dřeva (m ³)	19
2.4.8	Vzdálenost nejbližšího stromu	20
2.4.9	Výška hrabanky	20
2.5	Metody líhnutí, třídění a determinace	21
2.6	Statistické zpracování dat.....	22
3	Výsledky.....	23
3.1	Diverzita taxonů	23
3.2	Diplopoda	24
3.3	Coleoptera.....	25
3.3.1	Abundance	25
3.3.2	Druhové bohatství	26
3.4	Chilopoda	27
3.5	Araneae	28
3.6	Isopoda.....	29
3.7	Pseudoscorpiones.....	30
4	Diskuse	31
4.1	Diverzita taxonů	31
4.2	Diplopoda	32
4.3	Coleoptera.....	33
4.4	Chilopoda	34
4.5	Araneae	35
4.6	Isopoda.....	35
4.7	Pseudoscorpiones.....	36
	Závěr.....	38
	Seznam použité literatury.....	39
	Přílohy	48

1 Úvod

1.1 Úvod do problematiky

1.1.1 Lesní ekosystém a jeho ochrana

Les je velmi ceněný ekosystém přírody. Jeho komplexní složení zajišťuje habitat pro širokou škálu organismů. Významně se podílí na udržování biodiverzity v naší krajině. Zachování biodiverzity je pro nás nejen v této době klíčové, aby mohly fungovat všechny koloběhy látek a přírodní zákonitosti. Tento ekosystém je propojen napříč všemi složkami od abiotického světelného záření až po dekompozici v půdě. Lesy mají vliv nejen na biodiverzitu, ale také na regulaci klimatu a s ním spojený koloběh vody. Velkou účast mají též při fotosyntéze. Lesy jsou stanoviště, která omezují erozní aktivitu ^[1].

V Lesním zákoně (č. 289/1995 Sb.) je definováno, jak se o takový ekosystém řádně starat, aby nedošlo k poškození této nenahraditelné složky životního prostředí. Jedná se tedy o hospodaření v lese, o jeho obnovu a péči. Všechny tyto činnosti by měly být v souladu se zachováním udržitelnosti.

Se zachováním udržitelnosti a s ochranou nejen lesního ekosystému úzce souvisí samotná ochrana přírody a krajiny. V České republice má obor ochrany přírody a krajiny dlouholetou tradici. Dříve byla ochrana přírody a krajiny více konzervativní, dnes se stává dynamičtější. O moderní přístup se ochránci snaží svým aktivním přístupem péče o krajinu a přírodní fenomény ^[2]. Za poslední dobu vzrostl ekonomický tlak na využívání chráněných území, a to hlavně kvůli turismu. Turismus je jedním z činitelů antropogenní disturbance. Nejenom díky turismu, ale také díky hospodaření v lesích, vznikají nové lesní cesty pro lepší dostupnost území. Takové úpravy pak následně mohou narušovat komplexnost chráněných celků a mít negativní vliv na celkovou diverzitu organismů ^[2].

1.1.2 Biodiverzita lesního ekosystému

Les je stanovištěm, které obsahuje unikátní část druhové diverzity České republiky. Je proto nutné naše lesy chránit, aby nedocházelo k přílišnému mizení druhů. Ubývající druhy poté stěží shánějí svá nová útočiště v jiném prostředí. K ubývání druhů dochází především díky přeměně lesního prostředí na kulturní krajinu člověkem, protože zde špatně funguje princip sukcese a nového osidlování.

Trvá déle, než se organismy přizpůsobí novému prostředí. V lesích je aplikována těžba a s ní spojené zpřístupňování lesa tvorbou lesních cest [3]. Při tvorbě lesních cest je důležité zachovat typ substrátu a zamezit změně chemismu půdy [4]. Utváření lesů pro hospodářské účely se datuje od poslední doby ledové, hlavně je ovlivněna druhová skladba, podmínky stanoviště a již zmiňovaná biodiverzita [5]. V lesních plantážích, které jsou nejvíce obhospodařované člověkem, je druhová diverzita chudá až střední [6]. Naopak v některých národních parcích a chráněných územích lesa se můžeme setkat s vysokou biologickou rozmanitostí. Z lesů určených primárně pro produkci si v biodiverzitě nejlépe stojí lesy obhospodařované tradičně místní komunitou. Vyznačují se střední až vysokou biologickou rozmanitostí [6].

1.1.3 Antropogenní disturbance v lesním prostředí

Nejnámější antropogenní disturbance v lese je hospodaření za účelem těžby dřeva. V minulosti se kladl důraz primárně na těžbu a ochrana lesní přírody byla upouštěna či vůbec nebyla řešena. Po těžbě dřeva dochází často k obnově lesa vysazením monokultur jehličnanů nejčastěji smrkových. Stejnorodá kultura je vždy náchylnější ke kalamitám, které mohou být v našich podmínkách například větrného nebo hmyzího původu [3]. Tento typ hospodaření má významný vliv na biotu. Některé druhy živočichů tak mohou být ohroženy. Například fytofágní hmyz je limitován druhy rostlin díky vysazování monokultur. Dále pak predátoři tohoto hmyzu jsou limitováni zase jejich rozmanitostí [7]. Živočichové, kteří jsou závislí na lesích, které jsou staré, jsou stejnověkou monokulturou s omezenou dobou obmýtí výrazně limitováni [6, 8].

Za další prokazatelně antropogenní disturbance v lese můžeme považovat i odvoz mrtvého dřeva z lesa, které ale plní funkci mikrostanoviště pro další organismy. Je na něj vázáno například společenstvo mnohonožek, stejnonožců a štírků [9-11], dále pak neživočišné společenstvo saproxylických hub a lišejníků [12, 13]. Jeho odstraňování výrazně snižuje lesní biodiverzitu. Při omlazování lesa a kácení starých ohromných stromů dochází k úbytku stanovišť nejen pro bezobratlé živočichy, ale také pro ptáky, kteří tímto způsobem přichází o svá hnízdiště v lese [14, 15]. Díky ptákům se totiž mohou rozšiřovat některé druhy půdních bezobratlých, například štírci [16].

Antropogenní činnost v lesích souvisí i se zpřístupňováním lesa ve formě tvorby lesních cest pro následnou těžbu či turismus. Tato lidská iniciativa s sebou může přinášet i své negativní důsledky. Příkladem nevhodně tvořených cest může být v minulosti zpevnění cest v Krkonoších [4]. V tomto případě se jednalo o turistické cesty nad horní hranicí lesa. Dnes se převážně jedná o tvorbu silnic. Jak již bylo dříve zjištěno, tvorba cest v Krkonoších vyvolala zásadní změny ve složení druhů. Na kyselý krkonošský podklad byl navezen bazický materiál, a z něj se v 70.-80. letech 20. stol. vytvořily lesní cesty [4]. Takto pozměněnou půdu osídlily druhy synantropní vegetace a částečně vytlačily druhy původní. Pokus o návrat původního chemismu půdy je velmi zdoluhavým procesem. V Krkonoších se o to pokouší od roku 1996 [4]. Takto pozměněný chemismus půdy může mít významný vliv i v lesním prostředí. Změna chemismu také ovlivňuje půdní bezobratlé, kteří by takovou změnu mohli špatně snášet [17].

1.1.4 Bezobratlí živočichové v lesním ekosystému

Skupina bezobratlých zaujímá významnou roli nejen v lesním ekosystému. V lese se setkáme například s opylovači, rozkladači nebo predátory. Půdní živočichové jsou často významnými ekosystémovými inženýry. Svou aktivitou usnadňují kolonizaci a dekompozici odumřelých částí bakteriemi nebo houbami. Napomáhají tak přirozenému procesu obnovy půdního chemismu. Díky predátorům dochází k regulaci půdních škůdců a také transportu mikroorganismů [18]. Po vymizení bezobratlých živočichů by nastal zřejmě ekosystémový kolaps [19].

Proto mají bezobratlí nezastupitelný význam v ekosystému a je důležité je patřičně chránit před některými změnami, které vytváří člověk. Nebezpečím se nejen pro tuto skupinu živočichů stávají antropogenní disturbance a největší vliv na narušení jejich stanoviště má špatné hospodaření v lesích, odlesňovací akce, změna klimatu a nevhodné chování člověka ke krajině. Početnost se u různých skupin bezobratlých živočichů v posledních letech může lokálně snižovat. Například v Německu byl pozorován létající hmyz po dobu 27 let a bylo zjištěno, že došlo k výraznému úbytku biomasy a početnosti o více než 70 % [20].

Jelikož je těžba dřeva a tvorba lesních cest antropogenní disturbancí, domníváme se, že se půdní makroarthropoda budou stěží adaptovat na takto pozměněnou krajinu. Porovnání gradientu narušení ve zvláště chráněných územích nám může poskytnout informaci, zda je výše zmíněná disturbance riziková pro jejich výskyt.

1.2 Cíle práce

Cílem práce bylo zjištění reakce půdní fauny bezobratlých živočichů na narušení lesního ekosystému. Konkrétně se jednalo o srovnání lesů s minimálním antropogenním narušením (přírodní lesy) s lesy hospodářskými a lesními cestami v chráněných oblastech našeho území. Dalším cílem bylo zaměřit se na vliv dalších proměnných prostředí (výška hrabanky, vzdálenost od stromu, vlhkost, teplota, druhové složení dřevin, pokryvnost bylin, množství mrtvého dřeva, pH) na faunu bezobratlých v lesním prostředí.

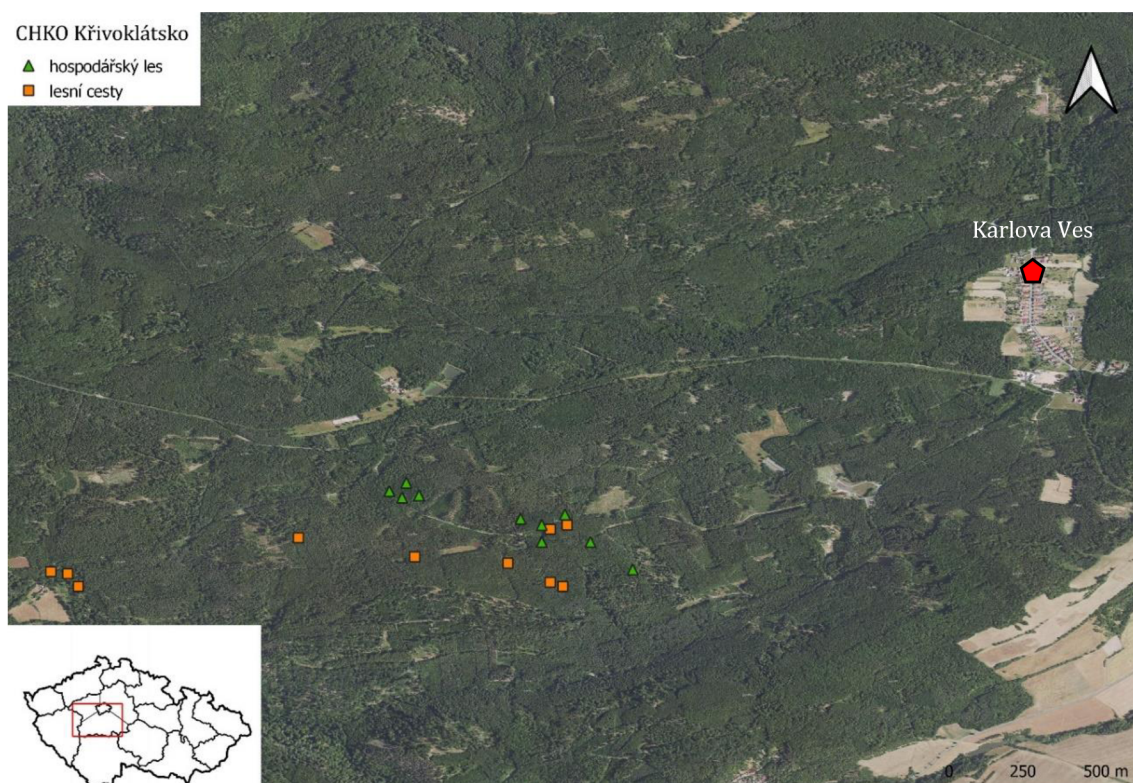
2 Metodika

2.1 Studované plochy

Pro odběr vzorků, který se uskutečnil na podzim roku 2022, byly zvoleny čtyři odlišné lokality: Krkonoše, Český kras, Libický luh, Kokořínsko (Obr. 1, 2, 3, 4). Tyto čtyři lokality byly vybrány pro větší variabilitu prostředí. Český kras a Libický luh byly zvoleny pro svou téměř bezzásahovou část typu přírodní les. Naopak v Křivoklátsku a Krkonoších byly odebrány vzorky z hospodářského lesa. Přírodní lesy a hospodářské lesy doplňovala lesní cesta ze všech čtyř lokalit.

2.1.1 Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko

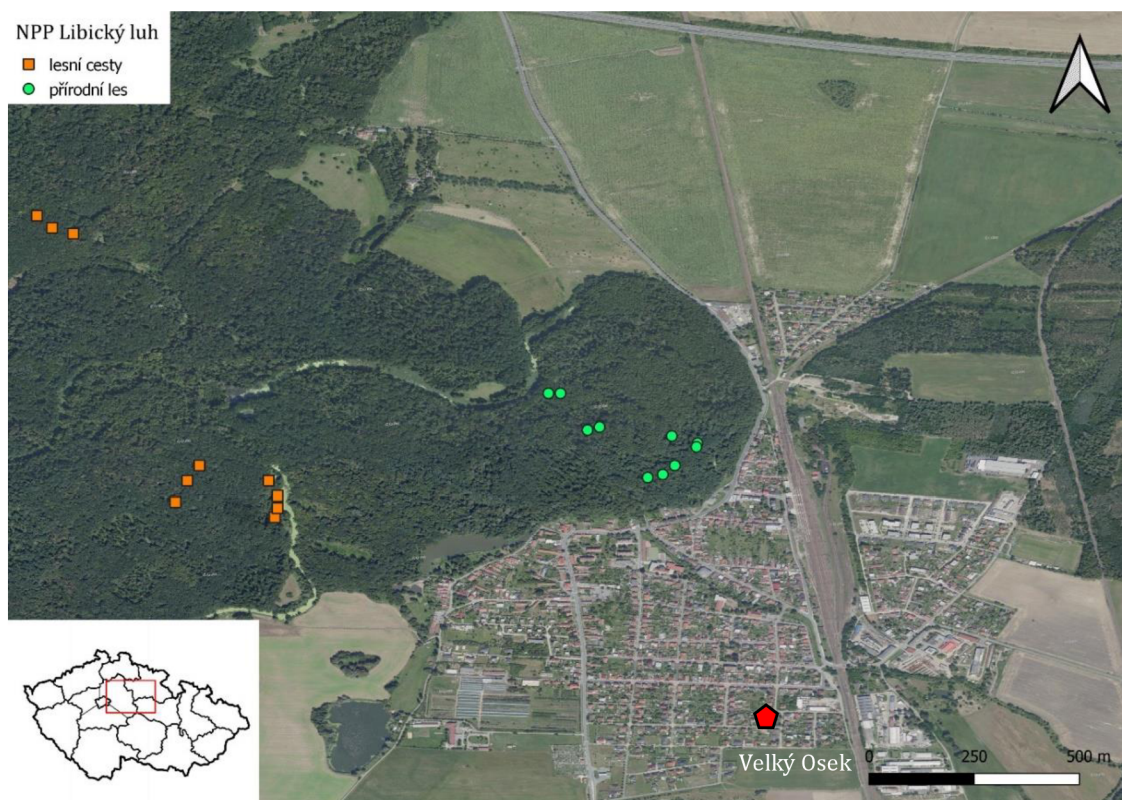
Chráněná krajinná oblast (CHKO) Křivoklátsko byla vyhlášena roku 1979. Tato plocha se nachází v rozsahu nadmořské výšky 212 až 617 m n. m. Jedná se o 27 maloplošných chráněných území včetně jedné ptačí oblasti. Chráněné území se rozkládá na dvou geomorfologických celcích: Křivoklátská vrchovina a Plaská pahorkatina. Lesní porost se skládá z listnatých a smíšených porostů, které pokrývají 62 % území CHKO. Krajinu utváří také meandrující řeka Berounka, která se zařezává do údolí a na jejích březích se tvoří říční terasy [21]. Hlavní složkou geologického podloží jsou břidlice a droby, které jsou zde uloženy z období starohorních moří [21] a také ryolit [22]. Ve třech místech odběru (Obr. 1) se vyskytuje kamenitý až hlinito-kamenitý sediment [22]. Půdním typem, který se zde nachází, je kambizem [23]. Průměrný roční úhrn srážek v roce 2022 byl 48,6 mm a celkově v této oblasti spadlo 582,6 mm srážek. V témže roce byla naměřena průměrná roční teplota 9,6 °C [24].



Obr. 1: Mapa s vyznačenými místy odběru vzorků v CHKO Křivoklátsko (vytvořeno v programu QGIS3)

2.1.2 Národní přírodní rezervace Libický luh

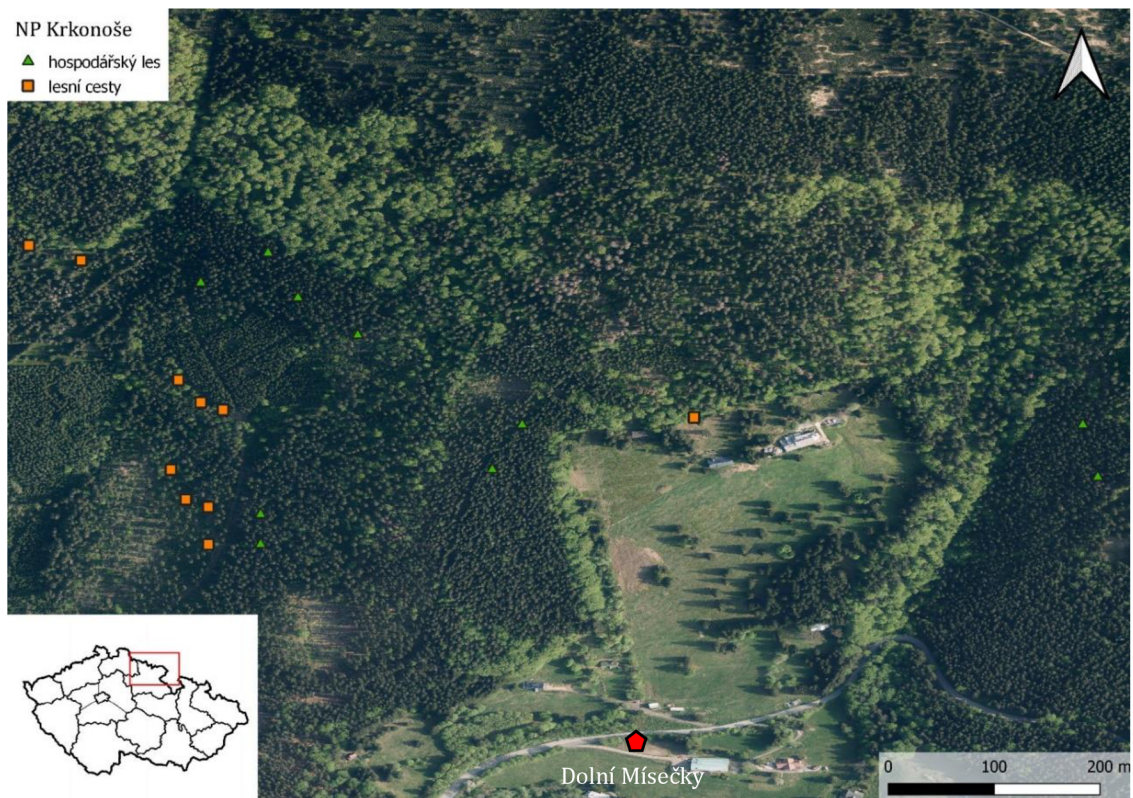
Oblast Libický luh je národní přírodní rezervací (NPP), která se rozkládá na 410 ha v okolí Kolína a Poděbrad. Jedná se o nejrozsáhlejší lužní les v Čechách. Geologickým podložím jsou štěrkopísky na křídových slínovcích [25] a také nivní sedimenty. Tři studované plochy odběru (Obr. 2) se nacházejí v místě, kde se podle Geovědních map vyskytují slatiny, rašeliny a hnilokaly. Nachází se zde převážně fluvizemě a v místě odběru vzorků černice [23, 25]. Celá oblast leží ve 190 m n. m. Přírodní rezervace byla vystavena několika antropogenním vlivům, jako byla například regulace toku Labe a výstavba dálnice D11. Od roku 1996 byly v Libickém luhu vymezeny bezzásahové porosty, které jsou roztroušené po celém chráněném území [25]. Lesní porost tvoří převážně listnaté stromy a dominantou je dub letní, který se zde v minulosti pěstoval [25]. V roce 2022 byl celkový roční úhrn srážek 567,3 mm a byla naměřena průměrná roční teplota 10,6 °C [24].



Obr. 2: Mapa s vyznačenými místy odběru vzorků v NPP Libický luh (vytvořeno v programu QGIS3)

2.1.3 Krkonošský národní park (KRNAP)

KRNAP byl vyhlášen roku 1963, ale ochrana započala mnohem dříve. Celková rozloha chráněného území je 550 km² a zaujímá nadmořskou výšku v rozmezí 400 až 1603 m n. m. Oblast je rozdělena do čtyř zón národního parku (přírodní zóna, zóna přírodě blízká, zóna soustředěné péče a zóna kulturní). Součástí geologického podloží jsou krystalické břidlice ze starohor. Svory, fylity a ortoruly zde převládají [22, 26]. Převládajícím půdním typem jsou kryptopodzoly a podzoly [23]. Při variském vrásnění do pohoří pronikl žulový pluton a dal tak základ pro hlavní hřeben. Krkonošské klima se označuje jako nejchladnější a největrnější ve střední Evropě. Studené proudění vzduchu přichází od Severního moře a Atlantiku [26]. V roce 2022 byla naměřena roční průměrná teplota 3,7 °C. Celkový roční úhrn srážek ve stejném roce činil 1538 mm [24]. Obrázek 3 znázorňuje místa odběru vzorků.



Obr. 3: Mapa s vyznačenými místy odběru vzorků v NP Krkonoše (vytvořeno v programu QGIS3)

2.1.4 Chráněná krajinná oblast Český kras

CHKO Český kras se nachází jihozápadně od Prahy ve Středočeském kraji. Disponuje plochou 130 m² a nadmořská výška dosahuje od 199 m do 499 m n. m. CHKO bylo vyhlášeno roku 1972 a zahrnuje 21 maloplošných chráněných území. V minulosti řeka Berounka vytvořila kaňonovité údolí s typem reliéfu pahorkatina [27]. Tato oblast se vyznačuje vápencovým geologickým podložím, a také se zde vyskytují břidlice či dolomitové vápence [22]. Půdním typem je rendzina [23]. Průměrná roční teplota roku 2022 byla 10,5 °C a celkové množství srážek bylo 672,2 mm [24]. Na území se vyskytují převážně dub zimní, pýřitý; habr a buk. Z jehličnanů jsou to hlavně smrky, borovice lesní a černá, modříný a jedle [27]. Na Obr. 4 jsou zaznamenány místa odběru vzorků v této lokalitě.



Obr. 4: Mapa s vyznačenými místy odběru vzorků v CHKO Český kras (vytvořeno v programu QGIS3)

2.2 Studované taxony

Pro výzkum byly vybrány taxony půdní makrofauny bezobratlých (makroarthropoda). Tato skupina bezobratlých je definována velikostí zvolených jedinců. Makroarthropoda jsou okem viditelní a rozpoznatelní jedinci taxonů. Oproti mikrofauně bezobratlých jsou schopni obývat větší plochu půdy a přemísťovat její části, tím se stávají ekosystémovými inženýry (např. mravenci, žížaly, hmyz). Tato aktivita živočichů pozitivně ovlivňuje chemismus a kvalitu půdy [18]. Saprofágní makrofauna má zásadní vliv na aktivitu mikroorganismů v půdě prostřednictvím vlastního trávení opadu listů, a tím usnadnění kolonizování bakteriemi či houbami [28], a také jsou málo probádány v souvislosti s ekologií obnovy, zde by se mohly tyto organismy významně podílet na obnově narušené krajiny [29]. Byly vybrány následující taxony bezobratlých živočichů (Tab.1).

Tab. 1: Taxonomické zařazení studovaných taxonů (Isopoda, Chilopoda, Diplopoda, Araneae, Pseudoscorpiones, Coleoptera)

kmen	podkmen	třída	řád
Arthropoda	Crustacea	Malacostraca	Isopoda
	Myriapoda	Chilopoda	
		Diplopoda	
	Chelicerata	Arachnida	Araneae
			Pseudoscorpiones
Hexapoda	Insecta	Coleoptera	

2.2.1 Diplopoda

Mnohonožky jsou významnými půdními „transformátory opadu“ (litter transformers), protože se živí rozkládajícím se rostlinným materiálem a významně přispívají k humifikaci půdy [30, 31]. Konzumací fragmentují odumřelé části rostlin, tlející dřevo, řasy a mikroskopické houby [10, 32], které poté jako výkaly lépe osidlují mikroorganismy (bakterie a houby), protože díky natrávení vznikne větší plocha pro kolonizaci [30, 33]. Mnohonožky obývají prostředí pod hrabankou v opadavých mírných, subtropických i tropických lesích [34]. Stanovišti, které mnohonožky obývají, jsou hlavně svrchní vrstva půdy dále i tlející dřevo a prostor pod kůrou stromů [10, 11, 32]. Vysokou početnost saprofágních zástupců nalezneme v mozaikovitých stanovištích. Fragmentace stanovišť v posledních dobách vysoce narůstá [34]. Větší diverzita druhů mnohonožek se vyskytuje v lesní půdě při okraji lesa, než na travnatých stanovištích

mimo les [35]. Mnohonožky jsou úspěšné v sukcesních rozvíjejících se stanovištích [32]. Výskyt třídy Diplopoda je ovlivňován půdním typem, výškou bylinného porostu, hodnotou pH půdy, sorpčním komplexem listoví, úrodností, vlhkostí, živinovým substrátem, výškou stromu a výskytem charakteristických mikrostanovišť [36, 37]. Dalším faktorem, který má prokazatelný vliv na výskyt mnohonožek je množství mrtvého dřeva v okolí [38].

2.2.2 Coleoptera

Brouci jsou velmi početnou a rozmanitou skupinou, která obývá různé typy stanovišť. Půdní makrofauně dominují epigeičtí brouci, kteří žijí na povrchu půdy nebo v hrabance [39]. Tato skupina brouků se využívá jako indikátor antropogenního narušení stanovišť [40]. Převládajícími čeleděmi jsou například střevlíkovití (Carabidae) a drabčíkovití (Staphylinidae). Střevlíkovití obývají takřka všechny biotopy. Můžeme se s nimi setkat i v rašeliništích či městech. Obývají i lesní prostředí, kde jsou aktivní po přezimování až do pozdního léta/podzimu. Vyskytují se v opadance, pod kameny nebo na samotné vegetaci. Jsou to převážně predátoři, kteří se živí živou potravou nebo také mršinami. Drobní střevlíci jsou schopni letu, ale spíše se tato skupina pohybuje po povrchu země [11]. Střevlíci bývají využíváni jako bioindikátorová skupina, protože velmi citlivě reagují na změny prostředí v biotopu [41]. Saproxyličtí brouci jsou velmi citliví na množství mrtvého dřeva, stáří porostu, oslunění a vhodnou vlhkost okolního prostředí. Vyhledávají tedy staré lesy, které v České republice ubývají, a proto se tyto druhy stávají ohroženými [42, 43].

2.2.3 Chilopoda

Stonožky jsou známé především svou dravostí oproti svým příbuzným mnohonožkám. Živí se hmyzem a pavoukovci v opadance a společně s dalšími predátory se označují jako regulátoři populací ostatních taxonů [11, 44]. Některé větší stonožky mají sklon ke kanibalismu [44]. Svoji potravu chytají pomocí modifikovaných končetin, ale také se živí mrtvou rostlinnou hmotou, kterou si nahrazují zdroj vody, když je v okolí sucho [11]. Zástupci řádu mnohočlenky (zemivky) svou kořist pronásledují v půdě a uloví ji obtočením svého těla [44]. Stonožky jsou obecně obyvateli lesních půd a travnatých stanovišť. Jedince řádu

různočlenky můžeme nalézt hlavně v opadance, pod dřevem nebo pod kameny. Zemivky zase využívají chodbičky žížal a roupic v půdě [11, 44].

2.2.4 Araneae

Pavouci jsou velmi početnou skupinou, která neobývá jen nadzemní arborikolní prostor, ale můžeme se s nimi setkat právě i v epigeické vrstvě na zemi nebo se vyskytují jako součást edafonu. Z celkového množství popsaných druhů vyskytujících se na území ČR (879 jedinců v roce 2015 [45]) jsou dvě třetiny z nich epigeickými druhy [11]. V půdě pavouci využívají chodbičky ostatních živočichů, protože většina neumí hrabat [44]. Proséváním půdy můžeme vzorkovat pavouky, kteří si staví pavučiny v opadu listů [11]. Jako potrava těmto pavoukům poslouží jakýkoliv živý organismus, který zavadí o pavučinku a který dokáže usmrtit svým jedem [44]. Podrost je také významným faktorem pro jejich výskyt. Pokryvnost bylinného patra pozitivně ovlivňuje jejich abundanci na lokalitě. Stoprocentní pokryvnost bylin na lokalitě zvyšuje množství potravy pro fytofágní hmyz, který je potenciální kořistí [7].

2.2.5 Isopoda

Stejnonožci se řadí mezi koryše, a část z nich se přizpůsobila životu na souši. Setkáváme se s nimi ve svrchní vrstvě půdy, v opadance, v tlejícím dřevě nebo pod kameny. Jejich typickým biotopem je lesní prostředí, ale vyskytují se také v lučních biotopech. Pro velmi drobné zástupce, kteří dýchají celým povrchem těla, je velmi důležité obývat stále vlhké prostředí [11]. Někteří jedinci mohou být velmi odolní vůči suchu a přežijí i ve velmi teplých prostředích. Jinak se stejnonožci vyskytují ve vlhkém prostředí a jejich početnost stoupá s vyšší humiditou [46]. Suchozemský způsob života vytvořil několik forem stejnonožců. Prvními z nich jsou běžci (runners), zde můžeme předpokládat, že jsou schopni pohybu na delší vzdálenost. Rollers (angl.) jsou svinky, které mají schopnost svinout se a zabránit tak vyschnutí. Endogeické formy se označují jako plazivci (creepers) a mají na svém těle kýly, které usnadňují pohyb v těsném prostředí (půdě) [11]. Řád stejnonožců má klíčový podíl stejně jako mnohonožky na rozkladu odumřelé organické hmoty v lesním ekosystému [47, 48]. Isopoda jsou schopna rozkládat i zvířecí mršiny [49]. Dále je tento taxon významným článkem potravního řetězce, kdy díky svému obsahu vápníku v těle přispívá k jeho příjmu (10%) hmyzožravým

ptákům či jiným živočichům [50]. Faktory prostředí, kterými je ovlivněn výskyt taxonu *Isopoda*, je stáří porostu, typ půdy, množství vápníku a pH půdy [51].

2.2.6 Pseudoscorpiones

Štírci, skupina pavoukovců známá pro svůj vzhled připomínající štíry, je skupina živočichů, která obývá lesní prostředí. Můžeme se s nimi setkat v teplých jarních až podzimních dnech, kdy převládá jejich aktivita. V lesním prostředí obývají několik typů stanovišť – hrabanku, prostor pod kameny, mech, tlející dřevo, hnízda ptáků a savců [52]. Jsou považováni za velmi odolné živočichy, kteří snesou širokou škálu typů prostředí [53]. V České republice lze rozdělit štírky na obývající lesní hrabanku, dutiny stromů nebo prostor pod kůrou na kmeni stromu. Významným biotopem štírků jsou tedy tlející a rozpadající se stromy, které jsou v kulturní krajině jen těžce dostupné, proto je jejich výskyt velmi ohrožen. Tlející staré stromy jsou nejčastěji přítomny v chráněných bezzásahových územích. Pseudoscorpiones jsou predátoři. Živí se larvami hmyzu, proto jsou velmi užiteční, pokud se vyskytují v lidských domácnostech, kde mohou likvidovat škodlivý hmyz, např. v archivech (*Cheiridium museorum*). Dále se krmí na roztočích, pisivkách, chvostokocích, mravencích, žížalách a dospělých zástupcích hmyzu (Coleoptera, Diptera) [52]. Štírek domácí (*Chelifer cancrivorus*) je schopen ulovit i kořist, která je větší než on sám. Ve včelínech napomáhá likvidovat škůdce včelstva *Varroa destructor* [54]. Štírci jsou velmi málo pohybliví živočichové na větší vzdálenosti. Pokud se však rozhodnou změnit kompletně své stanoviště, využijí k tomu forézii.

2.3 Metody sběru fauny

V každé lokalitě bylo odebráno 20 vzorků z míst, která měla odlišné souřadnice a lišila se typem prostředí (lesní cesta, hospodářský les, přírodní les). V Krkonošském národním parku a z lokality CHKO Kokořínsko bylo sebráno 10 vzorků z cesty a 10 vzorků z hospodářského lesa (Obr. 1, 3). Deset vzorků z lesní cesty a 10 vzorků z přírodního lesa bylo odebráno z lokality CHKO Český kras a NPP Libický luh (Obr. 2, 4). Pro reflektování heterogenity prostředí byla nasbírána hrabanka a svrchní část půdy z pěti různých míst pro jeden vzorek z jedné GPS souřadnice. Sebraný materiál byl prosíván přes prosívadlo a následně nasypán do látkových pytlíků o objemu 3 litry, které byly poté zavázány provázkem. Látkový pytlík byl označen příslušným kódem a společně s ostatními pytlíky byl odvezen do laboratoře. Po příjezdu do laboratoře byl obsah ihned umístěn do extraktorů o objemu 1,5 litru, který byl popsán kódem shodným s kódem na pytlíku, aby nedošlo k záměně. Extraktory se skládaly z rozstřižené PET lahve (Obr. 5), která ve svém hrdle obsahovala síto, které zabraňovalo propadnutí hrabanky do záchytné misky pro bezobratlé, která se nacházela ve spodní části extraktoru.



Obr. 5: Extraktory pro líhnutí bezobratlých

2.4 Sběr environmentálních dat

2.4.1 Míra lesní disturbance

Tato kategoriální proměnná měla reflektovat míru narušení člověkem v lesním prostředí. Byly vybrány tři typy, které mají gradient v antropogenním narušení. Antropogenní disturbance může být příčinou změny chemismu a fyzikálních vlastností půdy, které mohou negativně ovlivnit výskyt druhů živočichů [55].

Přírodní les

Podle vyhlášky č. 45/2018 Sb. se na vzniku tohoto typu lesa podílela příroda. Dále se podílel i člověk, který zde mohl pást dobytek nebo občasně těžít dřevo. Hlavní charakteristikou typu je dlouhodobý vývoj určovaný přírodou. Tento typ lesa většinou odpovídá stanovištním podmínkám, a to strukturou lesa, druhovou skladbou, a také dynamikou prostředí. Nicméně se místně liší v závislosti na antropogenní činnosti, kdy člověk zasahoval do územní nebo stále zasahuje. Samovolná sukcese na antropogenně pozměněných místech vytváří také odlišnosti od přirozeného stavu. Díky vhodnému managementu a samovolnému vývoji lze docílit původního stavu „prales“.

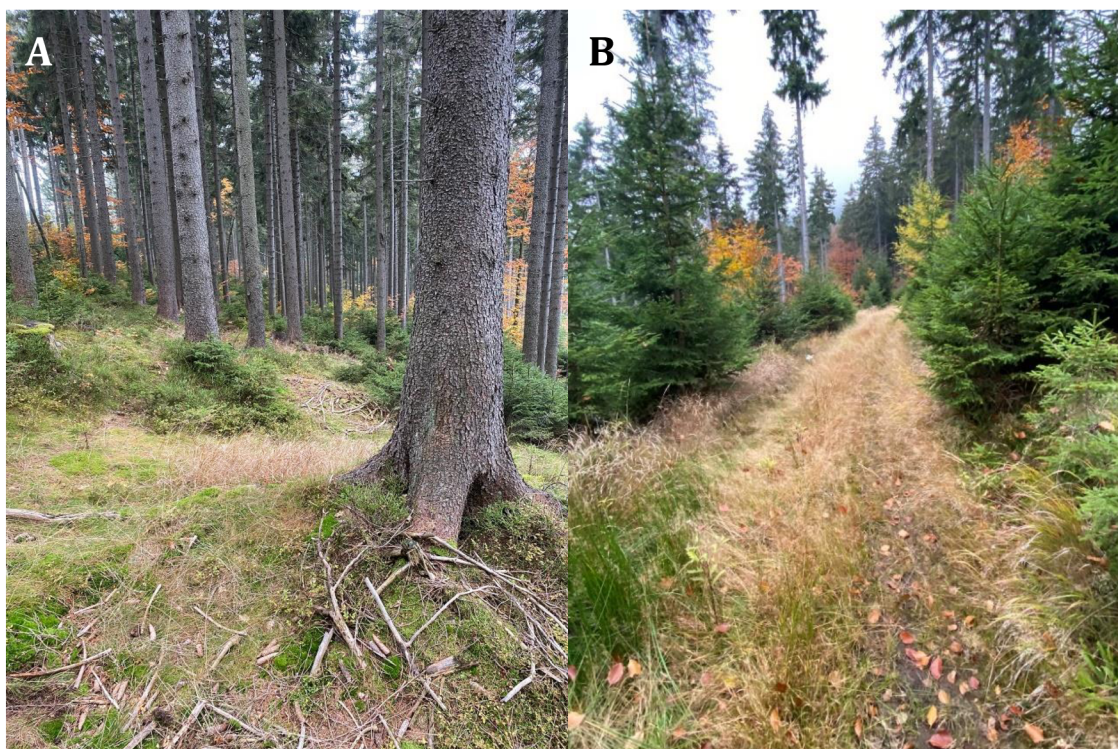
Hospodářský les

Lesní zákon (č. 289/1995 Sb.) definuje tento les jako nezařazený v kategorii ochranné lesy. Jeho hlavní funkcí je funkce produkční a také mimoprodukční, kam lze zařadit vodohospodářská nebo rekreační funkce. Typ lesa výrazně ovlivňuje člověk, který volí druhovou skladbu lesa (Obr. 6A).

Lesní cesta

Tato část lesa vznikla činností člověka. Na její výstavbě se podílí člověk a vyhláška č. 433/2001 Sb. stanovuje podmínky pro její výstavbu a definuje ji jako účelovou komunikaci, která je součástí lesa a má posloužit pro odvoz dříví, dopravu lidí a materiálu v zájmu vlastníka lesa. Člověk cesty vybudoval z různých materiálů, které ovlivňují chemické a fyzikální vlastnosti půdy. Antropogenní zásah může vyústit v různou míru změny v lesním ekosystému. Cesta může být přírodního

charakteru nezpevněná (Obr. 6B) a nebo naopak zpevněná z mechanicky zpevněného kameniva nebo i minerálního betonu [56].



Obr. 6: Míra lesní disturbance: A – hospodářský les, B – lesní cesta

2.4.2 Teplota

Veličina byla měřena pomocí hygrometru UNI-T UT 333 společně s vlhkostí. Minimální, průměrné a maximální naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 2. Teplota se zpravidla měří z důvodu, že někteří živočichové jsou náchylní na nízkou teplotu nebo na její výkyvy. Na podzim bývají teploty nižší a někteří bezobratlí přechází do prezimovacího stádia. Jedná se například o výzkum taxonů *Diplopoda* nebo *Isopoda* [57, 58].

Tab. 2: Zaznamenané hodnoty teploty (°C) na lokalitách

chráněné území	teplota (°C)		
	min	průměr	max
Libický luh	14.3	16.6	18.0
Krkonoše	9.4	11.7	14.1
Český kras	4.6	7.8	10.2
Křivoklátsko	6.0	7.7	8.8

2.4.3 pH

Hodnota pH byla zaznamenávána pomocí pH sondy, která byla umístěována do svrchní části půdy. V Tab. 3 jsou uvedeny maximální, průměrné a minimální hodnoty pH v dané lokalitě. V lokalitě Český kras a Křivoklátsko se nacházela místa s neutrálním až mírně zásaditým pH. Naopak v Libickém luhu a v Krkonoších byla změřena hodnota kyselá až neutrální. Studium pH hodnoty půdy se provádí, protože jsou některé organismy velmi náchylné na takovéto změny. Reakce půdních organismů byly zaznamenány v několika výzkumech [57, 59].

Tab. 3: Zaznamenané hodnoty pH na lokalitách

chráněné území	pH		
	min	průměr	max
Libický luh	6.84	7.10	7.46
Krkonoše	5.09	6.63	7.13
Český kras	7.25	7.63	8.24
Křivoklátsko	7.18	7.59	8.03

2.4.4 Vlhkost

Vlhkost byla měřena pomocí hygrometru UNI-T UT 333. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tab. 4. Mnoho půdních živočichů je náchylných na vlhkost půdy. Jen málo stenoekních živočichů většinou vzácných je přizpůsobeno životu v suchých podmínkách, jak plyne z výzkumů [32, 46, 60].

Tab. 4: Zaznamenané hodnoty vlhkosti (%) na lokalitách

chráněné území	vlhkost (%)		
	min	průměr	max
Libický luh	61.3	79.2	90.3
Krkonoše	65.9	76.5	86.6
Český kras	71.2	79.7	88.1
Křivoklátsko	71.3	76.6	81.2

2.4.5 Druhové složení dřevin (%)

Druhové složení dřevin ovlivňuje pH půdy a také následné složení hrabanky. Někteří půdní živočichové mohou být vázáni na určitý druh dřeviny, jejíž listy po opadu převažují v hrabance. Zabývali se tím například výzkumy taxonů Diplopoda, Isopoda, Araneae [17, 61-66].

V CHKO Český kras byl v každé lokalitě přítomen a převažoval dub (*Quercus*) a habr (*Carpinus*) v poměrově menším zastoupení. U lesních cest v Českém krasu byly dále zaznamenány v ojedinělých případech dřeviny: javor babyka (*Acer campestre*), javor mléč (*Acer platanoides*), buk (*Fagus*). Na jedné lokalitě v přírodním lese se vyskytoval i jeřáb (*Sorbus*).

V NP Krkonoše převládal smrk (*Picea*), ve většině případů byl jediným druhem. V okolí lesních cest byl zmíněný smrk doplňován bukem (*Fagus*). V jediné lokalitě u lesní cesty rostl jeřáb (*Sorbus*).

V CHKO Křivoklátsko dominoval v lokalitách lesních cest buk (*Fagus*) a v hospodářském lese dub (*Quercus*). Dále se v této oblasti v menším zastoupení vyskytovaly druhy: smrk (*Picea*), habr (*Carpinus*), modřín (*Larix*), borovice (*Pinus*) a bříza (*Betula*).

V NPP Libický luh jsme zaznamenali dominantní druh dub (*Quercus sp.*), který byl v 16 lokalitách jediným druhem. V ostatních se společně s dubem ojediněle vyskytovaly druhy: lípa (*Tilia*), olše (*Alnus*), habr (*Carpinus*) a javor klen (*Acer pseudoplatanus*).

2.4.6 Pokryvnost bylin (%)

Pokryvnost bylin byla hodnocena pozorováním v terénu a byla zvolena pro předpoklad většího počtu makroarthropodních zástupců a jejich larev. Na lokalitách se nacházela místa jak s minimálním pokrytím bylinného pásma, tak s téměř celkovým nebo s úplným pokrytím povrchu. Tabulka 5 znázorňuje naměřené hodnoty. Pokryvnost bylin je studována v souvislosti s mnoha různými taxony [7, 37, 67, 68].

Tab. 5: Zaznamenané hodnoty pokryvnosti bylin (%) na lokalitách

chráněné území	pokryvnost bylin (%)		
	min	průměr	max
Libický luh	0	34	85
Krkonoše	0	57	95
Český kras	5	28	80
Křivoklátsko	5	26	100

2.4.7 Množství mrtvého dřeva (m³)

Množství mrtvého dřeva bylo vyhodnoceno poměrově k modelovému kmeni stromu, který odpovídá 1 m³. Následným pozorováním byla hodnota jednotlivé lokality odhadnuta a zaznamenána (Tab. 6). Mrtvé dřevo poskytuje vhodný úkryt pro několik půdních organismů. Někteří jsou fixováni i na konkrétní druh padlého stromu a někteří se jím také živí jako rozkladači [38, 69, 70].

Tab. 6: Zaznamenané množství mrtvého dřeva (m³) na lokalitách

chráněné území	množství mrtvého dřeva (m ³)		
	min	průměr	max
Libický luh	0.10	1.28	9.00
Krkonoše	0.01	0.19	0.50
Český kras	0.10	0.27	0.60
Křivoklátsko	0.20	0.37	0.90

2.4.8 Vzdálenost nejbližšího stromu

Vzdálenost nejbližšího stromu od místa sběru byla změřena odhadem v jednotkách m. Naměřené hodnoty se nachází v Tab. 7. Tato nezávislá proměnná byla zvolena pro determinaci lesní cesty. Některé organismy jsou citlivější na otevřenost stanoviště, fragmentovanost a zápoj jednotlivých stromových korun [71].

Tab. 7: Zaznamenaná vzdálenost nejbližšího stromu (m) na lokalitách

chráněné území	vzdálenost nejbližšího stromu (m)		
	min	průměr	max
Libický luh	1.0	2.5	4.0
Krkonoše	0.5	2.3	10.0
Český kras	2.0	2.6	4.0
Křivoklátsko	1.0	2.7	6.0

2.4.9 Výška hrabanky

Výška hrabanky byla změřena v oblasti sběru a zaznamenána, výsledné hodnoty jsou v Tab. 8. S vyšší hrabankou lze očekávat vyšší počet jedinců taxonů. Výška hrabanky je velmi významným faktorem pro mnoho taxonů, kteří v listovém opadu hledají útočiště, úkryt i potravu [60, 67, 72, 73].

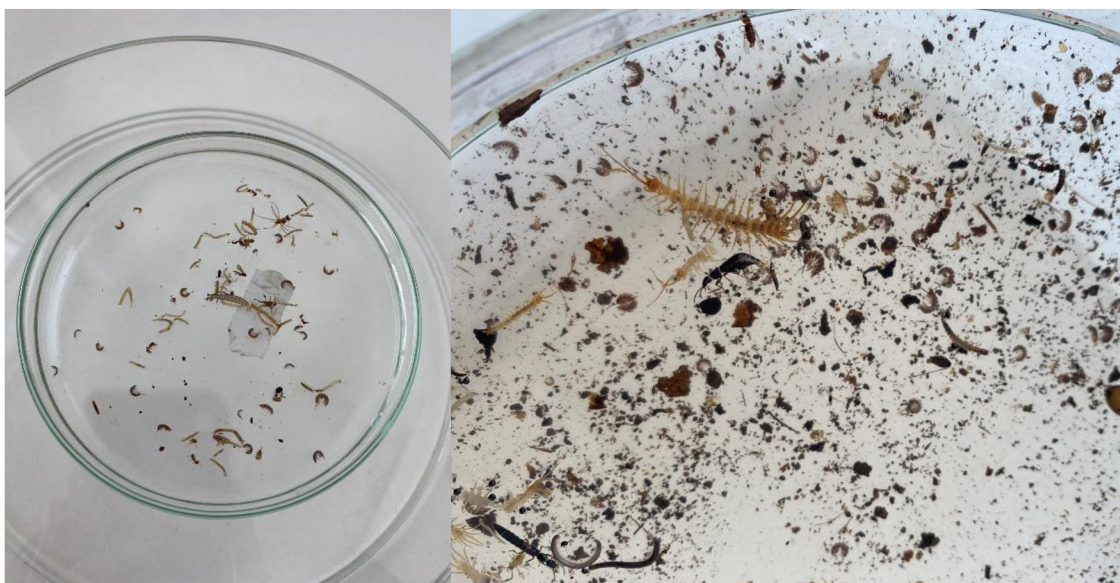
Tab. 8: Zaznamenaná výška hrabanky (cm) na lokalitách

chráněné území	výška hrabanky (cm)		
	min	průměr	max
Libický luh	0.50	2.70	5.00
Krkonoše	0.05	0.22	3.00
Český kras	1.00	1.90	3.00
Křivoklátsko	1.00	2.35	3.00

2.5 Metody líhnutí, třídění a determinace

Extraktory byly založeny na vlhkostním principu, a proto byly rozmístěny v laboratoři u okna na slunečné straně. Celý proces líhnutí sledoval vlhkost hrabanky v extraktorech. Ruční narušování svrchní části hrabanky v extraktoru probíhalo jednou za tři dny a napomáhalo celkovému prosychání. Dále byl suchý materiál odebírán z extraktorů. Postupné schnutí materiálu zapříčiňovalo pohyb živočichů směrem dolů a vyhledávání vlhčích míst. Následně propadali skrz síto do připravené mističky s roztokem solanky a saponátu. Tato směs bezobratlé usmrtila a konzervovala. Celková doba schnutí hrabanky se pohybovala v rozmezí od 14 do 21 dní. Po líhnutí byl obsah z misek přesunut do epruvet a uskladněn v lednici.

Následoval proces třídění (Obr. 7), který se věnoval skupině makroarthropoda (macro-arthropods). Určili jsme jednotlivé taxony do tříd, a to Coleoptera, Chilopoda, Diplopoda, Isopoda, Araneae, Pseudoscorpiones. Jednotliví živočichové byli umístěni do eppendorfek s roztokem lihooctu (voda:ocet:láh; 1:2:1), který bezobratlé zakonzervoval a připravil je pro následnou determinaci. Po umístění do lihooctu se bezobratlí stávají pružnými a dobře se s nimi manipuluje při určování. Taxon Coleoptera byl determinován a druhově zařazen panem doc. habil. R. Plewou.



Obr. 7: Třídění vzorku na Petriho miskách

2.6 Statistické zpracování dat

Tab. 9: Rozdělení závislých a nezávislých proměnných

závislé proměnné	abundance taxonů, druhová diverzita taxonu Coleoptera
nezávislé proměnné	míra narušení prostředí, teplota, vlhkost, pH, pokryvnost bylin, výška hrabanky, množství mrtvého dřeva, vzdálenost od stromu

Statistické vyhodnocení bylo provedeno díky zobecněnému lineárnímu modelu, který byl sestaven z naměřených hodnot nezávislých proměnných, a bylo zjišťováno, jaký vliv mají na závislé proměnné (Tab. 9).

V první fázi se model zaměřoval obecně na počet taxonů. V další fázi pak konkrétně na početnost vybraných taxonů (Diplopoda, Chilopoda, Araneae, Pseudoscorpiones, Coleoptera, Isopoda). V poslední fázi byly testovány konkrétní druhy Coleoptera.

Data, která byla získána na lokalitách, byla zaznamenána do tabulky v programu Excel. Následně byl soubor převeden do formátu CSV (textový soubor s oddělovači; *.csv). V prvním kroku bylo nutné v programu R pomocí příkazů vyhledat, připnout a načíst data, která byla nutná otestovat.

Závislé proměnné byly podrobeny analýze, která měla najít vhodné statistické rozdělení residuálů modelu. Nejprve byla použita knihovna DHARMA, která vyobrazila normalitu rozdělení residuálů. Zpočátku byl proveden test lineární regrese s Gaussovským rozdělením. Pokud v tomto testu nebyla nalezena normalita, byl následně použit test s Poissonovským rozdělením. V případě, že ani tento test nevykazoval normalitu, se použil test pro negativně binomiální rozdělení spolu se zaznamenáním hodnoty Theta. Jestliže ani jedno z výše uvedených rozdělení nebylo správné, bylo použito quasi Poissonovské. Nakonec byly použity zobecněné lineární modely se smíšenými efekty s náhodným faktorem, kterým byly lokality. Sledovanými hodnotami byly P a t. Hodnota P vyjadřovala, zda byla konkrétní nezávislá proměnná průkazná, a t hodnota vyjadřovala, jakou nabývala nezávislá proměnná hodnotu (+/-). Statisticky průkazná nezávislá proměnná s vlivem na početnost druhů měla hodnotu $P < 0,05$.

3 Výsledky

3.1 Diverzita taxonů

Odlišnost prostředí (cesta, hospodářský les a přírodní les) nebyla statisticky průkazná. Naopak hrabanka statisticky průkazně ovlivnila diverzitu taxonů (Tab. 10). Čím vyšší vrstva hrabanky se na místě nacházela, tím větší počet taxonů se tam vyskytoval. Ostatní nezávislé proměnné (pH, druhové složení dřevin, pokryvnost bylin, množství mrtvého dřeva, vlhkost, nejbližší vzdálenost stromu) nebyly statisticky průkazné.

Tab. 10: Vztah lesního prostředí k diverzitě taxonů v ČR

taxony	t-hodnota	p-hodnota
hospodářský les vs. cesta	0.4	0.68
přírodní les vs. cesta	1.6	0.12
přírodní les vs. hospodářský les	1.1	0.28
pH	1.7	0.09
dřeviny	0.2	0.88
pokryvnost bylin	1.9	0.06
množství mrtvého dřeva	-1.3	0.19
vlhkost	0.5	0.60
nejbližší strom	-0.8	0.40
hrabanka	3.6	0.001

3.2 Diplopoda

Srovnání vlivu narušení prostředí průkazné nebylo. Stejně jako v případě taxonů byla statisticky průkazná nezávislá proměnná hrabanka (Tab. 11). Čím více se na daném místě nacházelo hrabanky, tím více se tam vyskytovalo jedinců taxonu Diplopoda. Nezávislé proměnné (pH, druhové složení dřevin, pokryvnost bylin, množství mrtvého dřeva, vlhkost, vzdálenost nejbližšího stromu) nebyly statisticky průkazné.

Tab. 11: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Diplopoda v ČR

Diplopoda	t-hodnota	p-hodnota
hospodářský les vs. cesta	0.3	0.80
přírodní les vs. cesta	0.4	0.72
přírodní les vs. hospodářský les	0.01	0.99
pH	0.2	0.81
dřeviny	-0.4	0.68
pokryvnost bylin	0.6	0.52
množství mrtvého dřeva	-0.6	0.53
vlhkost	-1.5	0.14
nejbližší strom	-0.3	0.76
hrabanka	2.3	0.024

3.3 Coleoptera

3.3.1 Abundance

Narušenost prostředí neměla statisticky průkazný vliv na počet jedinců taxonu Coleoptera (Tab. 12). Početnost jedinců taxonu Coleoptera byla ovlivněna vzdáleností nejbližšího stromu a výškou hrabanky. Tyto dvě nezávislé proměnné byly průkazné. Čím vyšší hrabanka se na lokalitě nacházela, tím větší počet jedinců taxonu Coleoptera se v lokalitách vyskytoval. Tam, kde strom byl ve větší vzdálenosti od místa sběru hrabanky, bylo více jedinců taxonu Coleoptera. Ostatní nezávislé proměnné nebyly statisticky průkazné (pH, druhové složení dřevin, pokryvnost bylin, množství mrtvého dřeva, vlhkost).

Tab. 12: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Coleoptera v ČR

Coleoptera	t-hodnota	p-hodnota
hospodářský les vs. cesta	-0.6	0.52
přírodní les vs. cesta	0.6	0.58
přírodní les vs. hospodářský les	1.3	0.21
pH	-0.4	0.72
dřeviny	-0.5	0.61
pokryvnost bylin	<0	0.99
množství mrtvého dřeva	-1.8	0.07
vlhkost	0.5	0.63
nejbližší strom	-2.2	0.029
hrabanka	2.7	0.009

3.3.2 Druhové bohatství

Vliv prostředí nebyl statisticky průkazný (Tab. 13). Na výskyt počtu druhů taxonu Coleoptera neměla vliv žádná z nezávislých proměnných.

Tab. 13: Vztah lesního prostředí k druhové diverzitě taxonu Coleoptera v ČR

Coleoptera druhy	t-hodnota	p-hodnota
hospodářský les vs. cesta	0.8	0.42
přírodní les vs. cesta	1.8	0.07
přírodní les vs. hospodářský les	1.4	0.18
pH	0.2	0.81
dřeviny	-0.2	0.84
pokryvnost bylin	0.4	0.67
množství mrtvého dřeva	-1.1	0.29
vlhkost	0.7	0.47
nejbližší strom	-1.2	0.23
hrabanka	0.3	0.79

3.4 Chilopoda

V tomto případě lze vidět, že vliv narušení lesních ekosystémů hrál významnou roli. V případě, kdy lokalitu tvořila lesní cesta, se na místě vyskytovalo méně jedinců než na lokalitě hospodářský les nebo přírodní les. Tyto vztahy byly statisticky průkazné (Tab. 14). Vztah hospodářského lesa a přírodního lesa nebyl statisticky průkazný. Ostatní nezávislé proměnné v níže uvedené tabulce (č. 14) nebyly statisticky průkazné, tudíž neměly vliv na početnost jedinců taxonu Chilopoda.

Tab. 14: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Chilopoda v ČR

Chilopoda	t-hodnota	p-hodnota
hospodářský les vs. cesta	2.1	0.042
přírodní les vs. cesta	2.9	0.005
přírodní les vs. hospodářský les	0.7	0.47
pH	-0.2	0.86
dřeviny	1.7	0.10
pokryvnost bylin	-0.7	0.48
množství mrtvého dřeva	-1.5	0.15
vlhkost	-1.1	0.28
nejbližší strom	0.7	0.47
hrabanka	0.8	0.41

3.5 Araneae

Míra narušení lesního prostředí nebyla statisticky průkazná. Z ostatních nezávislých proměnných okolí byla statisticky průkazná výška hrabanky (Tab. 15). Čím větší vrstva hrabanky na daném místě byla, tím více jedinců taxonu Araneae se tam vyskytovalo. Hodnota pH, druhové složení dřevin, pokryvnost bylin, množství mrtvého dřeva, vlhkost a vzdálenost nejbližšího stromu byly statisticky neprůkazné.

Tab. 15: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Araneae v ČR

Araneae	t-hodnota	p-hodnota
hospodářský les vs. cesta	0.2	0.81
přírodní les vs. cesta	0.4	0.68
přírodní les vs. hospodářský les	0.2	0.84
pH	0.5	0.61
dřeviny	0.6	0.54
pokryvnost bylin	0.9	0.38
množství mrtvého dřeva	-0.1	0.89
vlhkost	0.4	0.70
nejbližší strom	-0.5	0.65
hrabanka	2.6	0.010

3.6 Isopoda

Varianta přírodní les byla statisticky průkazně odlišná od ostatních kategorií. Přírodní les byl pro taxon Isopoda nejvhodnější a nacházelo se zde nejvíce jedinců oproti lesní cestě a hospodářskému lesu. Rozdílnost prostředí hospodářský les a lesní cesta nebyla statisticky průkazná. Množství mrtvého dřeva v lokalitách mělo průkazný vliv na početnost taxonu (Tab. 16). Čím méně mrtvého dřeva bylo přítomno v lokalitě, tím více jedinců taxonu Isopoda se tam nacházelo. Zbýlé nezávislé proměnné byly statisticky neprůkazné (pH, druhové složení dřevin, pokryvnost bylin, množství mrtvého dřeva, vlhkost, vzdálenost nejbližšího stromu).

Tab. 16: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Isopoda v ČR

Isopoda	t-hodnota	p-hodnota
hospodářský les vs. cesta	-0.7	0.49
přírodní les vs. cesta	2.0	0.046
přírodní les vs. hospodářský les	2.3	0.024
pH	1.7	0.09
dřeviny	1.2	0.22
pokryvnost bylin	0.9	0.37
množství mrtvého dřeva	-2.8	0.007
vlhkost	-1.4	0.17
nejbližší strom	-1.2	0.25
hrabanka	0.9	0.37

3.7 Pseudoscorpiones

Míra disturbance prostředí (lesní cesta, hospodářský les, přírodní les) nebyla statisticky průkazná. Výška hrabanky byla v tomto případě jasně statisticky průkazná (Tab. 17). Čím více se na daném místě nacházelo hrabanky, tím více zde bylo jedinců taxonu Pseudoscorpiones. Ostatní nezávislé proměnné byly statisticky neprůkazné (pH, druhové složení dřevin, pokryvnost bylin, množství mrtvého dřeva, vlhkost, vzdálenost nejbližšího stromu).

Tab. 17: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Pseudoscorpiones v ČR

Pseudoscorpiones	t-hodnota	p-hodnota
hospodářský les vs. cesta	1.3	0.20
přírodní les vs. cesta	0.2	0.81
přírodní les vs. hospodářský les	-1.1	0.26
pH	1.2	0.23
dřeviny	0.5	0.65
pokryvnost bylin	-0.2	0.87
množství mrtvého dřeva	0.9	0.38
vlhkost	0.1	0.91
nejbližší strom	-0.01	0.99
hrabanka	4.1	0.0001

4 Diskuse

4.1 Diverzita taxonů

Jednotlivé taxony jsme odchyťovali a vyhodnotili jejich výskyt v různě narušených lesních prostředích (lesní cesta, hospodářský les, přírodní les). Toto obecné pozorování nepřineslo informaci, že by byla početnost taxonů výrazně ovlivněna mírou narušení prostředí. Narušenost pak spíše ovlivňovala konkrétní taxony našeho výzkumu.

Jako významně ovlivňující faktor se v mé práci ukázala výška hrabanky. Výška hrabanky pozitivně ovlivňovala diverzitu všech námi vybraných taxonů. Dále pak ovlivňovala i několik dílčích taxonů, což tedy potvrzuje její celkový vliv, který též uvádí několik zdrojů [60, 67].

Během výzkumu v bukovém lese na vápenci na severu Německa se v blízkosti stromů nahromadil opad listů, a toto místo bylo kyselejší (3,7) než dále od stromu (5,3). Z výzkumu jasně vyplývá, že jsou některé druhy na takové podmínky odlišně náchylné. Taxonomické druhy endogeické se vzdalovaly kyselému prostředí v okolí stromů a druhy, které obývaly hrabanku, byly stejně až více početné v okolí stromu než ve větší vzdálenosti od něj [17]. Tento výzkum se zabýval hustotou druhů, zatímco náš výzkum byl zaměřen hlavně na početnost jednotlivých taxonů. V lokalitách, které jsme studovali, bylo naměřeno průměrné pH vždy okolo neutrální hodnoty (Tab. 3), tudíž se naše hodnoty nepřiblížily hodnotám z německého výzkumu. Hodnota pH se statisticky neprokázala ani u jednoho z námi vybraných taxonů.

Množství mrtvého dřeva lze považovat jako refugium pro některé půdní organismy [70]. Mrtvé dřevo je významným prvkem, který ovlivňuje biodiverzitu. Na volně trouchnivějící dřevo v lese je spousta druhů vázaných, zajišťuje jim úkryt a potravu. Vědecké výzkumy se snaží vyvodit parametry pro management lesa v souvislosti s množstvím vyskytujícího se mrtvého dřeva například ve švédských boreálních lesích. V tomto výzkumu se prokázalo, že půda a hrabanka měla větší diverzitu druhů, ale pod kůrou pařezů se vyskytovalo více jedinců [69].

Pokryvnost bylin se jako další proměnná ve studiích dubohabřinové půdní makrofauny v severozápadním Slovensku jevila jako významný ovlivňující faktor

výskytu jednotlivých taxonů [7, 37, 60, 67]. Vzhledem k tomu, že se v těchto výzkumech řešila hlavně druhová diverzita, se naše výsledky mírně odlišují. V našem výzkumu pokryvnost bylin neovlivňovala početnost taxonů. Může to být způsobeno tím, že jsme vybrali odlišné ekosystémy, odebírali jsme vzorky z lesních cest nebo že jsme studovali pouze početnost jednotlivých taxonů.

4.2 Diplopoda

Početnost mnohonožek statisticky průkazně ovlivnila výška hrabanky. Ve sledovaných lokalitách se narůstající výška hrabanky stala příčinnou vyššího počtu jedinců.

Výška hrabanky v našem výzkumu byla jedinou průkaznou proměnnou, avšak literatura uvádí také druhovou skladbu dřevin, která úzce souvisí s opadem listů a která má statisticky průkazný vliv na početnost v jiných studiích [63-65]. Výzkum v centrálním Slovensku (Borová hora) prokázal, že na lokalitě s druhem jilm vaz (*Ulmus laevis*) bylo nejpočetnější zastoupení taxonů Diplopoda [59]. Obecně lze říci, že mnohonožky preferují jilm vaz před lípou srdčitou (*Tilia cordata*) nebo javorem babykou (*Acer campestre*), které jsou pro většinu druhů mnohonožek nepalatabilní [66]. V prostředí, kde jsme odebírali vzorky pro mou práci, jsme zaznamenali pouze v ojedinělém případě druh javor babyka (kap. 2.4.5)

Hodnota pH je také velmi sledovaným faktorem prostředí, který ovlivňuje početnost nejen taxonu Diplopoda. Náš výzkum nepotvrdil signifikantnost této proměnné. Ostatní výzkumy se oproti tomu našemu zabývají druhovou diverzitou mnohonožek. Z výzkumu v okolí Borové hory vyplývá, že určité druhy mnohonožek preferují kyselé prostředí (*Unciger foetidus*, *Unciger transsilvanicus*). Většina druhů však obývala neutrální prostředí a se snižující se hodnotou pH druhů výrazně ubývalo. V tomto případě záleží na konkrétních druzích a jejich adaptacích [59]. Jak již bylo zmíněno výše, naměřené hodnoty pH v našem výzkumu se pohybovaly okolo neutrální hodnoty. Další zdroje uvádí, že se na kyselých a křídových půdách nachází méně jedinců oproti mezotrofnímu prostředí [57].

Ve velmi chladných oblastech se nevyskytují jedinci taxonu Diplopoda [57, 58]. V našem výzkumu byla teplota jako nezávislá proměnná vyřazena (multikolinearita).

Mnohonožky jsou často spojovány s dostupností mrtvého dřeva na lokalitě. V našem vyhodnocení mrtvé dřevo nefigurovalo ve statisticky průkazných proměnných. Bylo prokázáno, že jejich početnost s narůstajícím množstvím mrtvého dřeva stoupá [38]. Ve švédských lesích bylo sledováno, že 98 % z identifikovaných jedinců bylo nalezeno na nebo pod kůrou mrtvého dřeva [69], avšak v tomto výzkumu se zabývali druhovou diverzitou a mnohonožky byly inkubovány přímo z odebrané kůry pařezů. Sběr byl proveden v odlišném typu lesa (pařeziny).

4.3 Coleoptera

Výška hrabanky pozitivně ovlivnila výskyt brouků na daných lokalitách. Se zvyšující se vrstvou hrabanky přibýval i počet jedinců. Střevlíci ve finském boreálním lese reagovali na vyšší lesní hrabanku pozitivně. Ve Finsku se snažili nasimulovat hrabanku v jehličnatých lesích, a tím zjistit, zda má druhová diverzita dřevin vliv na početnost a druhovou diverzitu střevlíků. Jejich druhová diverzita se zvýšila s vyšší hrabankou i s rozmanitostí druhů dřevin [72]. Veličina druhová skladba dřevin se v našem výzkumu nepotvrdila jako významná. Může to znamenat, že oproti finskému výzkumu v našich vybraných lokalitách bylo dostatečné zastoupení jak jehličnatých, tak listnatých stromů (kap. 2.4.5).

Naopak negativně početnost ovlivňovala vzdálenost nejbližšího stromu, kdy došlo k úbytku početnosti jedinců na dané lokalitě, pokud se strom vyskytoval blíže k místu odběru. Tato skutečnost může být zapříčiněna u některých druhů preferencí, která se týká fragmentace stanovišť či větší otevřenosti stanoviště. Vzdálenost změřena na daném místě měla determinovat prostředí lesní cesty. Je tedy možné, že druhy nalezené ve sledovaných lokalitách mohly preferovat fragmentované nebo otevřené prostředí. Jak již bylo v předešlých výzkumech prokázáno, nosatcovití (Curculionoidea) preferují v severozápadním Slovensku fragmentovaná stanoviště lesa, která jsou narušována antropogenní činností. Zástupci čeledě nosatcovití byli nalezeni i na námi vybraných lokalitách (Příloha 1).

Hodnota pH se v mém výzkumu neprokázala jako signifikantní, ale například v subtropickém lese Číny rostoucí půdní pH zapříčinilo menší počet jedinců čeledi střevlíkovití na daném místě [68]. V mém výzkumu lesů mírného pásu bylo naměřeno pH v neutrálních hodnotách (Tab. 3).

Množství mrtvého dřeva se v mém výzkumu neprokázalo jako vlivné. Příkladem pozitivního vlivu mrtvého dřeva je například porovnávání monokultur a přírodních lesů na Šumavě. Zde bylo prokázáno, že tam, kde bylo ponecháno ležící mrtvé dřevo, stoupla početnost a diverzita brouků. Na mrtvých kmenech se mohou vyskytovat specifické druhy, které likvidují například kůrovce padlých stromů [74]. V tomto výzkumu došli k závěru, že jsou některé druhy citlivé k těžbě, např. druhy čeledi drabčíkovití, které vykazovaly větší početnost v netěžených místech. Jednalo se o výzkum s velkými plochami narušení. Oproti takovému narušení jsou lesní cesty v našem výzkumu malým narušením pro brouky. Také využili odlišnou metodu sběru, a to zemní pasti pro odchyt [74]. Ve výzkumu švédských boreálních lesů byl zaznamenán výskyt jednotlivých druhů saproxylických brouků v souvislosti s výskytem identifikovaných houbových mycelií *Fomitopsis pinicola* a *Trichaptum abietinum*. Tento fakt značí mnohem komplexnější provázanost taxonu Coleoptera s faktorem množství mrtvého dřeva [75].

Statistické vyhodnocení pro jednotlivé druhy taxonu Coleoptera nepřineslo žádné signifikantní proměnné. V Příloze 1 lze najít tabulku s determinovanými čeleděmi a druhy. Při determinaci bylo určeno menší množství druhů, než bylo nalezených jedinců. Pravděpodobně to bylo zapříčiněno rozpadem jedinců při transferu. Do statistického vyhodnocení byli zařazeni určeni jedinci. Dále se ve vzorcích nacházela stadia larev, která nebyla vyhodnocena. Je možné, že při přesném zařazení a identifikování všech nalezených jedinců by výsledky vyšly jinak.

4.4 Chilopoda

Stonožky jsou dle našich výsledků ovlivňovány antropogenním narušením. Antropogenní narušení zde v tomto případě představuje budování lesních cest. Jedinci taxonu Chilopoda se průkazně více vyskytovali na lesním stanovišti. Nehrálo zde roli, zda je to hospodářský les nebo přírodní les. Oproti lesní cestě měly ale tyto dva typy lesa vyšší početnost jedinců stonožek. Stonožky v dubohabřinách severozápadního Slovenska preferují staré lesy, které mají dostatečnou vrstvu hrabanky a také vlhkost. To u cest nemůžeme s jistotou říci. Cesty mohou být podobně jako půdy mladých lesů SZ Slovenska suché s malou vrstvou hrabanky [60].

Při studiu půdní diverzity v bukových lesích na vápenci v Německu bylo zjištěno, že půdní druhy stonožek špatně snáší posun pH hodnoty do kyselých hodnot. Stonožky obývající hrabanku s tímto posunem pH půdy neměly žádný problém a dále se tam vyskytovaly. Reagovaly dokonce i na vzdálenost stromu. V bezprostřední blízkosti stromu byla jejich početnost větší [17]. V našich lokalitách k výraznému posunu pH hodnot půdy nedošlo, hodnota pH se pohybovala okolo neutrální.

4.5 Araneae

V našem výzkumu se potvrdila výška hrabanky jako průkazná proměnná. Větší vrstva hrabanky ovlivňovala výskyt pavouků na dané lokalitě v pozitivním směru. Ve větších vrstvách bylo nalezeno více jedinců. Tato skutečnost vyplývá i z výzkumu v USA, kde byli pavouci pozitivně ovlivňováni výškou hrabanky. Hrabanka jim poskytuje výhodné prostředí pro život. Obsahuje dostatek potravy a úkrytu [73].

Literatura uvádí, že pro pavouky je velmi podstatný bylinný pokryv země. Byliny můžeme porovnat s faktorem výška hrabanky, kdy je můžeme označit za podobného významu. S téměř stoprocentní pokryvností bylin se jejich početnost zvyšuje, protože v porostu nacházejí velmi dobře potravu. Na byliny se slétá fytofágní hmyz, který je pak následně loven pozemními pavouky. Díky dostatečnému množství potravy v rostlinném podrostu se zvyšuje početnost pavouků [7]. V Německu je téměř 50 % z celkového počtu druhů vázáno na lesní prostředí. Lesní zápoj a také jednotlivé stromy hrají významnou roli ve výskytu tohoto taxonu [62].

4.6 Isopoda

Z výsledků našeho výzkumu vyplývá, že početnost taxonu Isopoda se zvyšuje s přirozeností lesa. Minimálně narušené prostředí (přírodní les) na našich lokalitách obsahovalo na svém území větší počet jedinců taxonu Isopoda oproti typu hospodářský les i lesní cesta. Z výzkumů fragmentace stanovišť [76] vyplývá, že se výskyt jednotlivých druhů odvíjí od okolních podmínek. Nejvíce druhů a jedinců se vyskytovalo na velkých fragmentovaných částech lesa, které obsahovaly rozmanitá mikrostanoviště. Rozmanitější mikrostanoviště můžeme zaznamenat

i v přírodním lese. Výzkum uvádí, že fragmentace lesa nemusí nutně způsobovat úbytek druhů, ale spíše odlišnou dominanci druhů [76]. Je tedy zřejmé, že se zabývali druhovou diverzitou. Pro nás je podstatné, že taxon *Isopoda* vyhledává rozmanitější mikrostanoviště jak v lesích přírodních, tak ve fragmentovaných. Nestudovali jsme druhovou diverzitu, ale s naší vyšší početností jedinců v přírodním lese se mohla diverzita zvyšovat, protože v tomto typu lesa mohlo nacházet vhodné podmínky mnoho druhů taxonu *Isopoda*.

V námi zvolených lokalitách mrtvé dřevo negativně ovlivňovalo výskyt taxonu *Isopoda*. Naopak v Západních Karpatech (střední Slovensko) byl proveden odchyt a výsledkem byla pozitivní korelace s výskytem mrtvého dřeva [38]. Vliv mrtvého dřeva na tento taxon také závisí na míře rozkladu dřeva, zda jsou *Isopoda* schopná takové dřevo efektivně osidlovat. Jak již bylo zmíněno u taxonu *Coleoptera*, některé druhy makročlenovců jsou ovlivněny nejen množstvím mrtvého dřeva, ale také jeho osídlením jinými organismy, například houbovým myceliem [77]. Houbové organismy nebyly předmětem našeho zkoumání, tudíž nemůžeme tuto skutečnost posoudit. Houbové organismy jsou s výskytem taxonu *Isopoda* velmi úzce spjaty. *Isopoda* stejně jako *Diplopoda* napomáhají rozkladu odumřelé organické hmoty. Můžeme zde vyvodit závěr, že se v těchto místech mohly vyskytovat jiné druhy, které taxonu *Isopoda* konkurovaly.

Dále bylo v jiných studiích zjištěno že hodnota pH má prokazatelný vliv na výskyt taxonů *Isopoda*. Na kyselých a křídových půdách se nachází méně jedinců oproti mezotrofnímu prostředí [57], kyselost prostředí se v našem výzkumu neprokázala, pH hodnota se pohybovala v neutrální škále. Při studiu *Isopod* v CHKO Český kras bylo zjištěno, že tolerance na hodnotu pH se odvíjí druh od druhu. Vyšší hodnotu snáší například pozorovaný druh *Armadillidium vulgare*, naopak v kyselejším pH žije například *Porcellio scaber* [76]. V našem výzkumu hrála roli pouze početnost taxonu, která hodnotou pH nebyla ovlivněna.

4.7 Pseudoscorpiones

Při studiu posledního taxonu se neprokázalo, že by disturbance prostředí měla prokazatelný vliv na početnost štírků. Tato skupina se vyskytuje na rozmanitých stanovištích [53].

Podstatným faktorem pro jejich výskyt a vysokou početnost na lokalitě zůstává výška hrabanky, která se v našem případě jevila jako průkazná s pozitivním účinkem. Tento výsledek potvrzuje i výzkum provedený v SZ Slovensku v dubohabřinách. Staré lesy (80 – 100 let) vykazovaly větší početnost štírků než mladé lesy (60 – 80 let). Půdy mladých lesů byly převážně suchého charakteru a taktéž chudé na listovou pokrývku půdy [67].

Pokud bychom se zaměřili na druhovou diverzitu, pak by rozmanitost ovlivňovala například i vlhkost. V malajských subtropických lesích byl proveden výzkum na diverzitu taxonu, kde hrála roli již zmíněná vlhkost. V místech, kde byla vlhkost půdy nízká se nevyskytovali zástupci štírků [78].

Závěr

Ochrana lesního ekosystému je velmi významným krokem k udržení vysoké biologické rozmanitosti. V České republice se o to ochrana přírody velmi usilovně snaží formou zvláště chráněných území. Velmi významným narušujícím faktorem je lidská činnost v lesích. Studium půdní makrofauny v souvislosti s narušením je velmi podstatnou součástí pochopení, jak je komplexní les a jeho biodiverzita.

Taxony, které reagovaly na narušení v námi zvolených lokalitách, byly Chilopoda a Isopoda. Taxon Isopoda se nacházel ve větší početnosti v přírodních lesích oproti narušeným hospodářským lesům a lesním cestám. Větší početnost taxonu Chilopoda jsme zaznamenali na místech, kde se nacházel souvislý les, nezáleželo na tom, zda je to přírodní nebo hospodářský les. Na lesních cestách byla jejich početnost nejmenší.

Významným okolním faktorem se stala výška hrabanky, která ovlivnila hned několik taxonů. Jedním z nich byl taxon Pseudoscorpiones, u kterého početnost narůstala s narůstající výškou hrabanky. Se stejným výsledkem jsme se setkali také u taxonu Araneae, Coleoptera a Diplopoda. Narůstající výška hrabanky též pozitivně ovlivňovala celkovou početnost taxonů. Vzdáleností nejbližšího stromu byl ovlivněn taxon Coleoptera (abundance). V jeho bližší vzdálenosti se vyskytoval menší počet brouků. V přítomnosti většího množství mrtvého dřeva se na lokalitě vyskytovalo méně jedinců taxonu Isopoda.

Půdní makrofauna je málo studovaným společenstvem, přitom je tak důležitá pro pochopení ekologických vztahů. Zabývají se ní výzkumy staré přes 20 let. Je nutné tyto studie aktualizovat, aby se zjistilo, jak makrofauna reaguje na změny vyvolané člověkem a jeho hospodařením. Aby bylo možné lépe interpretovat reakci makroarthropod, je nutné dlouhodobé sledování jejich výskytu a vývoje. Provázanost jednotlivých skupin makročlenovců lze také zhodnotit podle jejich druhové diverzity na jednotlivých lokalitách, a jak si vzájemně konkurují. Například mezi brouky jsou predátoři, kteří mohou konkurovat predátorským stonožkám. V tomto konkrétním výzkumu šlo hlavně o početnost daných taxonů a jak tuto početnost ovlivňují vybrané proměnné. Pro lidskou populaci je v tuto chvíli důležité najít způsob hospodaření a zasahování do lesních ekosystémů v souladu s ochranou přírody a zachování druhové diverzity nejen živočichů, ale také rostlin.

Seznam použité literatury

1. Lesní ekosystém. mezistromy.cz. [online]. Online. 2017. [cit. 24.04.2024]. Dostupné z: <https://www.mezistromy.cz/ekosystem-lesa/lesni-ekosystem/odborny>
2. Miko, L. et Štursa, J. *Národní parky a chráněné krajinné oblasti v České republice*. 2. Praha: Ministerstvo životního prostředí 2010. 978-80-7212-543-2.
3. Rotter, P. et Purchart, L. *Ekologie lesa. Jak se les mění a funguje*. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2022. 978-80-7509-927-3.
4. Vítková, M., Vítek, O. et Müllerová, J. Antropogenní změny vegetace nad horní hranicí lesa v Krkonošském národním parku s důrazem na vliv turistiky. *Opera Corcontica*. Online. 2012, vol. pp. 5. 0139-925X.
5. Hagge, J., Abrego, N., Bässler, C., et al. Congruent patterns of functional diversity in saproxylic beetles and fungi across European beech forests. *Journal of Biogeography*. Online. 2019, vol. 46, pp. 1054-1065. 0305-0270.
6. Kraus, D. et Krumm, F. *Integrative approaches as an opportunity for the conservation of forest biodiversity*. Joensuu: European Forest Institute, 2013. 978-952-5980-07-3.
7. Krumpálová, Z. Epigeic spiders (Araneae) in ecosystems of oak-hornbeam forests in the Malé Karpaty Mts.(Slovakia) and their ecological categorization. *Ekológia* Online. 2005, vol. 24, pp. 87-101.
8. Ishii, H. T., Tanabe, S.-i. et Hiura, T. Exploring the Relationships Among Canopy Structure, Stand Productivity, and Biodiversity of Temperate Forest Ecosystems. *Forest Science*. Online. 2004, vol. 50, pp. 342-355. 0015-749X.
9. Pavlíčko, A. Kdopak by se štír (k) ů bál–aneb monitorování „neviditelných“ druhů. *Ochrana onrody, cislo*. Online. 2013, vol. 5, pp. 19-21.
10. Scheu, S. Changes in the millipede (Diplopoda) community during the secondary succession from a wheat field to a beechwood on limestone. *Memoires du Museum National d'Histoire Naturelle (France)*. Online. 1996, vol. 169, pp. 1243-4442.
11. Tuf, I. H. *Praktika z půdní zoologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2013. 9788024434797.
12. Heliövaara, K. et Väisänen, R. Effects of modern forestry on northwestern European forest invertebrates: a synthesis= Nykyaikaisen metsänkäsittelyn vaikutukset luoteiseurooppalaisen metsän selkärangattomiin: synteesi. *Acta forestalia fennica*. Online. 1984, vol. 189, pp.

13. Söderström, L. Sequence of bryophytes and lichens in relation to substrate variables of decaying coniferous wood in Northern Sweden. *nordic Journal of Botany*. Online. 1988, vol. 8, pp. 89-97. 0107-055X.
14. Humphrey, J. et Bailey, S. *Managing deadwood in forests and woodlands*. Edinburgh: Forestry Commission, 2012. 978-0-85538-857-7.
15. Linder, P. et Östlund, L. Structural changes in three mid-boreal Swedish forest landscapes, 1885-1996. *Biological conservation*. Online. 1997, vol. 85, pp. 9-19.
16. Christophoryová, J. Pozor, černý pasažér! Co víme o forézii štírků. *Živa*. Online. 2023, vol. 1, pp. 34 - 37.
17. Scheu, S. et Poser, G. The soil macrofauna (Diplopoda, Isopoda, Lumbricidae and Chilopoda) near tree trunks in a beechwood on limestone: indications for stemflow induced changes in community structure. *Applied Soil Ecology*. Online. 1996, vol. 3, pp. 115-125. 0929-1393.
18. Coleman, D. C., Callahan, M. A. et Crossley, D. A. *Fundamentals of Soil Ecology* 3. Londýn: Academic Press, 2018. 978-0-12-805251-8.
19. Wilson, E. O. The little things that run the world (the importance and conservation of invertebrates). *Conservation Biology*. Online. 1987, vol. 1, pp. 344-346.
20. Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., et al. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one*. Online. 2017, vol. 12, pp. e0185809. 1932-6203.
21. Chráněná krajinná oblast Křivoklátsko. AOPKČR. [online]. Online. 2023. [cit. 02.10.2023]. Dostupné z: <https://krivoklatsko.nature.cz/web/chko-krivoklatsko>
22. Geovědní mapy 1 : 50 000. Česká geologická služba. [online]. Online. 2023. [cit. 24.10.2023]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/#>
23. Národní geoportál INSPIRE [online]. Online. Národní geoportál INSPIRE. 2023. [cit. 17.10.2023]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map/>
24. Měsíční a roční data dle zákona 123/1998 Sb. . Český hydrometeorologický ústav. [online]. Online. 2023. [cit. 02.10.2023]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data/mesicni-data-dle-z.-123-1998-Sb#>
25. Formanová, I., Dort, M. et Beran, L. Libický luh. *Ochrana přírody*. Online. 2008, vol. 5, pp.

26. Krkonošský národní park. Krkonoše.eu. . [online]. Online. 2023. [cit. 11.10.2023]. Dostupné z: <https://www.krkonoše.eu/krkonosky-narodni-park>
27. CHKO Český kras. AOPKČR. [online]. Online. 2023. [cit. 17.10.2023]. Dostupné z: <https://www.nature.cz/web/chko-cesky-kras>
28. Anderson, J. M. Spatiotemporal effects of invertebrates on soil processes. *Biology and Fertility of Soils*. Online. 1988, vol. 6, pp. 216-227. 1432-0789.
29. Snyder, B. A. et Hendrix, P. F. Current and Potential Roles of Soil Macroinvertebrates (Earthworms, Millipedes, and Isopods) in Ecological Restoration. *Restoration Ecology*. Online. 2008, vol. 16, pp. 629-636. 1061-2971.
30. Lavelle, P. et Spain, A. *Soil ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002. 1-4020-0490-7.
31. Hopkin, S. P. et Read, H. J. *The biology of millipedes*. Oxford: Oxford University Press, 1992. 9780198576990.
32. Tajovský, K. Millipede succession in abandoned fields. *Fragmenta Faunistica*. Online. 2000, vol. 43, pp. 361-370.
33. Wardle, D. A. *Communities and ecosystems: linking the aboveground and belowground components (MPB-34)*. Oxford: Princeton University Press, 2002. 0-691-07486-9.
34. David, J. F. et Handa, I. T. The ecology of saprophagous macroarthropods (millipedes, woodlice) in the context of global change. *Biological reviews*. Online. 2010, vol. 85, pp. 881-895. 1464-7931.
35. Bogyó, D., Magura, T., Nagy, D., et al. Distribution of millipedes (Myriapoda, Diplopoda) along a forest interior, forest edge, grassland habitat complex. *Zookeys*. Online. 2015, vol. 510, pp. 181–195.
36. Kime, R. D. et Wauthy, G. Aspects of relationships between millipedes, soil texture and temperature in deciduous forests. *Pedobiologia*. Online. 1984, vol. 26, pp. 387. 0031-4056.
37. Stašiov, S. Millipede communities (Diplopoda) of oak-hornbeam ecosystems (the Malé Karpaty Mts, Trnavská pahorkatina hills, SW Slovakia). *Ekológia*. Online. 2005, vol. 24, pp. 143. 1335-342X.
38. Topp, W., Kappes, H., Kulfan, J., et al. Distribution pattern of woodlice (Isopoda) and millipedes (Diplopoda) in four primeval forests of the Western Carpathians (Central Slovakia). *Soil Biology and Biochemistry*. Online. 2006, vol. 38, pp. 43-50. 0038-0717.
39. Boháč, J. et Jahnova, Z., 2015. Land Use Changes and Landscape Degradation in Central and Eastern Europe in the Last Decades: Epigeic Invertebrates as

Bioindicators of Landscape Changes, Environmental Indicators. vydání, Dordrecht. 395-420. 978-94-017-9499-2

40. Bohac, J. et Fuchs, R. The structure of animal communities as bioindicators of landscape deterioration. *Bioindicators and environmental management. Academic Press, London, UK*. Online. 1991, vol. pp. 165-178.
41. Hůrka, K., Veselý, P. et Farkač, J. Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana*. Online. 1996, vol. 32, pp. 15-26.
42. Berg, Å. Fungus Species in Swedish. *Conservation Biology*. Online. 1994, vol. 8, pp. 718-731.
43. Jonsell, M., Nittérus, K. et Stighäll, K. Saproxyllic beetles in natural and man-made deciduous high stumps retained for conservation. *Biological conservation*. Online. 2004, vol. 118, pp. 163-173. 0006-3207.
44. Tuf, I. H. et Machač, O. Půda plná predátorů. *Ochrana přírody*. Online. 2021, vol. 5, pp. 13 - 15.
45. Řezáč, M., Kůrka, A., Růžička, V., et al. Red List of Czech spiders: 3rd edition, adjusted according to evidence-based national conservation priorities. *Biologia*. Online. 2015, vol. 70, pp. 645-666. 1336-9563.
46. Hornung, E. Population dynamics and spatial distribution of *Trachelipus nodulosus* (CL Koch, 1838)(Crustacea Isopoda) in a sandy grassland. *Monografia. Monitore zoologico italiano*. Online. 1989, vol. 4, pp. 399-409. 0391-1632.
47. Davis, R. et Sutton, S. A comparative study of changes in biomass of isopods inhabiting dune grassland. *Scientific Proceedings of the Royal Dublin Society* Online. 1978, vol. 6, pp. 223-223.
48. Hassall, M. et Dangerfield, J. Inter-specific competition and the relative abundance of grassland isopods. *Monografia. Monitore zoologico italiano*. Online. 1989, vol. 4, pp. 379-397. 0391-1632.
49. Grassberger, M. et Frank, C. Initial Study of Arthropod Succession on Pig Carrion in a Central European Urban Habitat. *Journal of Medical Entomology*. Online. 2004, vol. 41, pp. 511-523. 0022-2585.
50. Graveland, J. et Van Gijzen, T. Arthropods and seeds are not sufficient as calcium sources for shell formation and skeletal growth in passerines. *Ardea*. Online. 1994, vol. 55, pp. 299-314. 0373-2266.
51. Tuf, I. H. et Tufová, J. Communities of terrestrial isopods (Crustacea: Isopoda: Oniscidea) in epigeon of oak-hornbeam forests of SW Slovakia. *Ekológia*. Online. 2005, vol. 24, pp. 113. 1335-342X.

52. Hodgson, E. W., Roe, A. H. et Lambert, B. Pseudoscorpions. *Utah State University extension*. Online. 2008, vol. 7, pp. 1-2.
53. Cloudsley-Thompson, J. L. *The Ecology and Natural History of Woodlice," myriapods" and Arachnids*. New York: Pergamon Press, 1958.
54. Machač, O. Chelifer cancroides - štírek domácí. [online]. *Natura Bohemica*. Online. 2020. [cit. 25.02.2024]. Dostupné z: <http://www.naturabohemica.cz/chelifer-cancroides/>?
55. Bird, S., Coulson, R. N. et Crossley, D. Impacts of silvicultural practices on soil and litter arthropod diversity in a Texas pine plantation. *Forest Ecology and Management*. Online. 2000, vol. 131, pp. 65-80. 0378-1127.
56. Řehouňková, L. Technologie lesních cest. *Lesu zdar*. Online. 2008, vol. 1, pp. 30.
57. Kime, R. D. On abundance of West-European millipedes(Diplopoda). *BER. NAT.-MED. VER. INNSBRUCK*. Online. 1992, vol. pp.
58. Schaefer, M. et Schauer mann, J. The soil fauna of beech forests: comparison between a mull and a moder soil. *Pedobiologia*. Online. 1990, vol. 34, pp. 299-314. 0031-4056.
59. Stašiov, S., Stašiová, A., Svitok, M., et al. Millipede (Diplopoda) communities in an arboretum: Influence of tree species and soil properties. *Biologia*. Online. 2012, vol. 97, pp. 945—952.
60. Országh, I. et Országhová, Z. Structure of centipede communities (Myriapoda: Chilopoda) in oak-hornbeam forests of the Malé Karpaty Mts and Trnavská pahorkatina hills (SW Slovakia). *Ekológia*. Online. 2005, vol. 24, pp. 124. 1335-342X.
61. Košulič, O. Spiders (arachnida: Araneae) from forest ecosystems of Třesín national nature monument (Litovelské pomoraví, Czech Republic) with suggestions to conservation management of the locality. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Online. 2015, vol. 63, pp. 751-767. 1211-8516.
62. Blick, T., Finch, O.-D., Harms, K., et al. Rote Liste und Gesamtartenliste der Spinnen (Arachnida: Araneae) Deutschlands. 3. Fassung, Stand April 2008, einzelne Änderungen und Nachträge bis August 2015. *Naturschutz und Biologische Vielfalt*. Online. 2016, vol. 70, pp. 383-510.
63. David, J.-F., Devernay, S., Loucougaray, G., et al. Belowground biodiversity in a Mediterranean landscape: relationships between saprophagous macroarthropod communities and vegetation structure. *Biodiversity & Conservation*. Online. 1999, vol. 8, pp. 753-767. 0960-3115.
64. Meyer, E., Plankensteiner, U., Grabher, M., et al., *The effect of fenland drainage on the soil fauna in the Rhine delta (western Austria)*: in *Soil Zoology in Central*

Europe, 5th Central European Workshop on Soil Zoology, České Budějovice. 1999: České Budějovice. p. 233-241.

65. Rahmani, R. et Mayvan, H. Z. Diversity and assemblage structure of soil invertebrates in beech, hornbeam and oak-hornbeam forest types. *Iranian Journal of Natural Resources*. Online. 2003, vol. 56, pp. 425–436.
66. Tufová, J. *Ekologie mnohonožek v podmínkách středoevropského opadavého lesa*: Dizertační práce. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta 2008, 55 s.
67. Christophoryová, J. et Krumpál, M. Communities of pseudoscorpions (Pseudoscorpiones, Arachnida) in epigeon of oak-hornbeam forests in the Malé Karpaty Mts and Trnavská pahorkatina hills (SW Slovakia). *Ekológia*. Online. 2005, vol. 24, pp. 76. 1335-342X.
68. Zumstein, P., Bruelheide, H., Fichtner, A., et al. What shapes ground beetle assemblages in a tree species-rich subtropical forest? *Zookeys*. Online. 2021, vol. 1044, pp. 907-927.
69. Persson, T., Lenoir, L. et Vegerfors, B. Which macroarthropods prefer tree stumps over soil and litter substrates? *Forest Ecology and Management*. Online. 2013, vol. 290, pp. 30-39. 0378-1127.
70. Bartosová, P. et Tirjaková, E. Selected ecological characteristics of ciliate communities (Protozoa, Ciliophora) in decaying wood mass in the Male Karpaty Mountains. *Ekológia*. Online. 2005, vol. 24, pp. 37. 1335-342X.
71. Holecová, M., Némethová, D. et Kúdela, M. Structure and function of weevil assemblages (Coleoptera, Curculionoidea) in epigeon of oak-hornbeam forests in SW Slovakia. *Ekológia*. Online. 2005, vol. 24, pp. 179. 1335-342X.
72. Koivula, M., Punntila, P., Haila, Y., et al. Leaf litter and the small-scale distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in the boreal forest. *Ecography*. Online. 1999, vol. 22, pp. 424-435. 0906-7590.
73. Uetz, G. W. Temporal and Spatial Variation in Species Diversity of Wandering Spiders (Araneae) in Deciduous Forest Litter 12. *Environmental Entomology*. Online. 1975, vol. 4, pp. 719-724. 0046-225X.
74. Boháč, J. et Matějka, K., 2009. Sledování epigeických brouků na výškovém transektu na Plechém (Šumava) v roce 2009, Průběžná zpráva za řešení projektu 2B06012 Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě v roce 2009. vydání,
75. Jonsell, M., Schroeder, M. et Weslien, J. Saproxyllic beetles in high stumps of spruce: Fungal flora important for determining the species composition. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Online. 2005, vol. 20, pp. 54-62. 0282-7581.

76. Tajovský, K., Hošek, J., Hofmeister, J., et al. Assemblages of terrestrial isopods (Isopoda, Oniscidea) in a fragmented forest landscape in Central Europe. *Zookeys*. Online. 2012, vol. pp. 189-198.
77. Kukor, J. J. et Martin, M. M. Nutritional ecology of fungus-feeding arthropods. *Nutritional ecology of insects, mites, spiders, and related invertebrates*. Online. 1987, vol. pp. 791-814.
78. Adly, F., Nasir, D. M., Abdullah, N.-A., et al. Distribution mapping of smaller Arachnid orders and pseudoscorpiones in Malaysia. *Jurnal Entomologi Indonesia*. Online. 2022, vol. 19, pp. 164-173.

Seznam obrázků

Obr. 1: Mapa s vyznačenými místy odběru vzorků v CHKO Křivoklátsko (vytvořeno v programu QGIS3).....	6
Obr. 2: Mapa s vyznačenými místy odběru vzorků v NPP Libický luh (vytvořeno v programu QGIS3).....	7
Obr. 3: Mapa s vyznačenými místy odběru vzorků v NP Krkonoše (vytvořeno v programu QGIS3).....	8
Obr. 4: Mapa s vyznačenými místy odběru vzorků v CHKO Český kras (vytvořeno v programu QGIS3).....	9
Obr. 5: Extraktory pro líhnutí bezobratlých	14
Obr. 6: Míra lesní disturbance: A – hospodářský les, B – lesní cesta.....	16
Obr. 7: Třídění vzorku na Petriho miskách	21

Seznam tabulek

Tab. 1: Taxonomické zařazení studovaných taxonů (Isopoda, Chilopoda, Diplopoda, Araneae, Pseudoscorpiones, Coleoptera)	10
Tab. 2: Zaznamenané hodnoty teploty (°C) na lokalitách.....	16
Tab. 3: Zaznamenané hodnoty pH na lokalitách	17
Tab. 4: Zaznamenané hodnoty vlhkosti (%) na lokalitách.....	17
Tab. 5: Zaznamenané hodnoty pokryvnosti bylin (%) na lokalitách	19
Tab. 6: Zaznamenané množství mrtvého dřeva (m ³) na lokalitách.....	19
Tab. 7: Zaznamenaná vzdálenost nejbližšího stromu (m) na lokalitách	20
Tab. 8: Zaznamenaná výška hrabanky (cm) na lokalitách	20
Tab. 9: Rozdělení závislých a nezávislých proměnných	22
Tab. 10: Vztah lesního prostředí k diverzitě taxonů v ČR	23
Tab. 11: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Diplopoda v ČR.....	24
Tab. 12: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Coleoptera v ČR.....	25
Tab. 13: Vztah lesního prostředí k druhové diverzitě taxonu Coleoptera v ČR.....	26
Tab. 14: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Chilopoda v ČR	27
Tab. 15: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Araneae v ČR	28
Tab. 16: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Isopoda v ČR.....	29
Tab. 17: Vztah lesního prostředí k početnosti taxonu Pseudoscorpiones v ČR.....	30

Přílohy

Příloha 1: Tabulka s determinovanými jedinci taxonu Coleoptera

lokality	čeleď latinsky	čeleď česky	druh
CHKO Český kras	Leiodidae	lanýžovníkovití	Nemadus colonoides
			Agathidium laevigatum
	Staphylinidae	drabčíkovití	Stenichnus sp.
	Coccinellidae	slunéčkovití	Adalia decempunctata
	Silphidae	mrchožroutovití	Dendroxena quadrimaculata
	Nitidulidae	lesknáčkovití	Epuraea unicolor
	Curculionidae	nosatcovití	Ceutorhynchus sp.
CHKO Kokořínsko	Staphylinidae	drabčíkovití	
	Carabidae	střevlíkovití	Bembidion sp.
	Curculionidae	nosatcovití	Trypodendron lineatum
			Strophosoma melanogrammum
Otiorhynchus scaber			
KRNAP	Staphylinidae	drabčíkovití	
	Chrysomelidae	mandelinkovití	Aphthona sp.
	Curculionidae	nosatcovití	
	Leiodidae	lanýžovníkovití	Nemadus colonoides
	Carabidae	střevlíkovití	Notiphilus palustris
NPP Libický luh	Staphylinidae	drabčíkovití	
	Cryptophagidae	maločlencovití	Cryptophagus sp.
	Carabidae	střevlíkovití	Notiphilus aquaticus
			Pterostichus strennus
	Leiodidae	lanýžovníkovití	Nemadus colonoides
	Hydrophilidae	vodomilovití	Cercyon sp.
	Nitidulidae	lesknáčkovití	Stelidota geminata
Curculionidae	nosatcovití	Ceutorhynchus sp.	