

Univerzita Palackého v Olomouci

Přírodovědecká fakulta

Katedra ekologie a životního prostředí



# **Stonožky a mnohonožky v chronosekvenci smrkového lesa**

Petra Čaganová

Diplomová práce

předložená

na Katedře ekologie a životního prostředí

Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci

jako součást požadavků

na získání titulu Mgr. v oboru

Ekologie a ochrana životního prostředí

Vedoucí práce doc. RNDr. Mgr. Ivan Hadrián Tuf, Ph.D.

Olomouc 2022



### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. RNDr. Mgr. Ivana Hadriána Tufa, Ph.D., a jen s použitím citovaných literárních pramenů.

V Olomouci dne 1. května 2022

.....  
podpis

ČAGANOVÁ P. 2022. Stonožky a mnohonožky v chronosekvenci smrkového lesa. [diplomová práce]. Katedra ekologie a životního prostředí Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, 45 stran, česky.

### **Abstrakt**

Předkládaná práce se zabývá srovnáním společenstev stonožek a mnohonožek na jednotlivých lokalitách v různě starých smrkových porostech v Jizerských horách. Materiál se sbíral pomocí dlouhodobě exponovaných zemních pastí, sběry ze zemních pastí proběhly v letech 2005–2008. Celkově se podařilo získat 321 jedinců ze skupiny stonožek a 149 jedinců ze skupiny mnohonožek. Jako environmentální proměnné se použil charakter stáří porostu, vlhkost a také podrost. Z nasbíraného materiálu se zjistilo, že početnost stonožek a mnohonožek byla ovlivněna stářím lesa, kdy téměř všechny druhy se vyskytovaly spíše na starších lokalitách, tj. v tyčkovině.

Klíčová slova: stonožky, mnohonožky, stáří porostu, vlhkost, podrost, Jizerské hory



ČAGANOVÁ P. 2022. Centipedes and millipedes in spruce forest chronosequence. [diploma thesis]. Olomouc: Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University Olomouc. 45 pages. Czech

### **Abstract**

The aim of my study was to compare distribution of centipedes and millipedes in spruce forest chronosequences. Centipedes and millipedes were collected using pitfall traps in 2005–2008 on 5 stands in in Jizerske hory. A total number of 321 centipedes and 149 of millipedes were trapped. The age of the forest, humidity and undergrowth were used as environmental variables. Number of centipedes and millipedes as well as species composition were influenced by the age of the forest, when almost all species occurred more frequently in older stands.

Key words: centipedes, millipedes, age of vegetation, humidity, undergrowth, Jizerske hory

# Obsah

Seznam obrázků .....	viii
Seznam tabulek .....	ix
1. Úvod .....	1
1.1 Dynamika horských smrkových lesů .....	1
1.2 Velký vývojový cyklus lesa .....	2
1.3 Malý vývojový cyklus lesa .....	2
1.4 Struktura porostů .....	3
1.5 Management smrkového lesa .....	4
1.6 Historie lesního hospodářství v Jizerských horách .....	5
1.7 Společenstva půdní fauny .....	6
2. Cíl .....	9
3. Materiál a metody .....	10
3.1 Zájmové území .....	10
3.2 Vzorkování společenstev půdních bezobratlých .....	11
3.3 Statická analýza dat .....	13
4. Výsledky .....	15
4.1 Distribuce stonožek a mnohonožek ve studovaných oblastech .....	16
4.2 Distribuce stonožek a mnohonožek v různě starých lesích .....	20
5. Diskuse .....	24
6. Závěr .....	29
7. Zdroje .....	30

## Seznam obrázků

Obrázek 1: vyznačené studijní oblasti, ve kterých se nacházely chronosekvence.....	10
Obrázek 2: pět porostních stádií tvořících chronosekvenci– uvedena jsou stáří porostů v letech.....	12
Obrázek 3: celkové počty druhů stonožek a mnohonožek v jednotlivých studijních plochách.....	16
Obrázek 4: ordinační diagram CCA analýzy distribuce stonožek a mnohonožek ve smrkových lesích. A-D jsou názvy studijních oblastí (viz metodika). Zkratky druhů jsou vysvětleny v tabulkách 1 a 2.....	18
Obrázek 5: generalizovaný lineární model (GLM) predikující početnost jednotlivých druhů stonožek a mnohonožek podle hustoty podrostu. (zobrazeny pouze druhy se signifikantní závislostí).....	20
Obrázek 6: CCA model výskytu druhů na jednotlivých lesních plochách.....	21
Obrázek 7: úlovky (průměr a 95% konfidenční intervaly) stonožek a mnohonožek v různě starých smrkových lesích (výsledky ANOVY).....	22

## Seznam tabulek

Tabulka 1: přehled celkového materiálu nachytaných stonožek ( <i>Chilopoda</i> ) v letech 2005 až 2008 včetně jejich početnosti .....	15
Tabulka 2: přehled celkového materiálu nachytaných mnohonožek ( <i>Diplopoda</i> ) v letech 2005 až 2008 včetně jejich početnosti .....	15
Tabulka 3: Predikční potenciál jednotlivých faktorů (Simple Term Effects) pro distribuci stonožek a mnohonožek (tučně signifikantní závislosti) .....	17
Tabulka 4: Predikční potenciál faktorů použitých v modelu (Conditional Term Effects) pro distribuci stonožek a mnohonožek (tučně signifikantní závislosti) .....	17
Tabulka 5: Generalizované lineární modely predikující početnost druhů mnohonožek a stonožek v závislosti na množství podrostu .....	19
Tabulka 6: Výsledky Tukeyho testů pro odlišnosti úlovků z jednotlivých porostů. Uvedeny jsou p-hodnoty (tučně signifikantní závislosti) .....	23

## **Poděkování**

Velké poděkování patří především mému vedoucímu diplomové práce Ivanu H. Tufovi za odborné vedení této práce, cenné rady, trpělivost, ochotu, vstřícnost a čas, který mi věnoval. Mé poděkování patří pro RNDr. Adama Véle, Ph.D. et Ph.D. za materiál a statistické vyhodnocení dat a také pro doc. RNDr. Andreje Mocka, PhD. za determinaci mnohonožek. Děkuji mé rodině a přátelům za jejich podporu.

# 1. Úvod

V České republice a celé střední Evropě patří smrkové lesy k nejrozšířenějším porostům. Až 54 % zalesněné plochy v České republice představuje monokultura smrku ztepilého (*Picea abies*) (Anonymous, 2006). Druhá polovina 19. století a začátek 20. století přinesla změnu, kdy z původně smíšených listnatých porostů došlo k přeměně na stejnoleté smrkové monokultury (Klimo a kol. 2000). Dopady lesního hospodářství na biologickou diverzitu se liší dle měřítka a ekologické situace (Okland et al. 1996). Těžba dřeva může zvyšovat druhovou diverzitu na úrovni porostu, ale na úrovni krajinné a biogeografické ji lesní hospodářství snižuje (Niemela 1997).

## 1.1 Dynamika horských smrkových lesů

Smrkové lesy se nacházejí v 7. a 8. lesním vegetačním stupni a se zvyšující se nadmořskou výškou nabírají na homogenitě. Následkem rychlých a zničujících rozpadů může docházet i na velkých plochách ke vzniku stejně starých smrkových porostů. Dynamika porostů je ovlivňována endogenními a exogenními silami. Do kategorie endogenních sil řadíme konkurenceschopnost jednotlivých druhů a genetickou variabilitu. Disturbanci a klimatické faktory na stanovišti spadají do kategorie exogenních sil (Janda et al. 2010). Mezi hlavní biotické činitele v této nadmořské výšce řadíme vítr, který narušuje vývojové fáze i na desítky let, kvůli plošnému poškození porostu. Dalšími disturbančními faktory jsou lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.), laviny a požáry (Kulakowski & Bebi 2004). Dle studií, které probíhaly v severních boreálních lesích, je dynamika lesů ovlivněna lokálními rozpady porostů (Kuuluvainen et al. 1998). Studie provádějí se ve slovenských Karpatech dokládají, že dynamika je zde podmíněna větrem, kdy dochází k velkoplošným kalamitám (Holeksa 2006). Dalším charakteristickým rysem pro smrkové lesy je nepravidelnost ve věkovém složení, která vychází z různých fází jeho obnovy. V nadmořské výšce okolo 1200–1400 m n.m. můžeme nalézt smrky staré 350–450 let. S měnící se nadmořskou výškou, ať už vyšší či nižší, dochází ke zkrácení vývojového cyklu a stromy se dožívají okolo 300 let (Korpel

1989). Vývojovou dynamiku přirozených lesů dělíme na dva generační cykly: malý vývojový cyklus a velký vývojový cyklus (Košulič 2010).

## 1.2 Velký vývojový cyklus lesa

Velký vývojový cyklus lesa je charakteristický pro boreální lesy, pokud se vyskytují v našich zeměpisných šířkách, lze mluvit o lesích, které vznikly disturbancemi, převážně abiotickými činiteli (Korpeľ 1991). Začátkem tohoto vývojového cyklu je odlesněná plocha neboli holina, na které probíhá sekundární sukcese. Jehličnaté porosty mají negativní vlivy na stanoviště, je potřeba, aby docházelo k neustálému narušování lesa požáry či vichřicemi a poté k opětovné sukcesí (Machar 2009). V první fázi se zde rozšiřují pionýrské dřeviny, například se jedná o břizu, jeřáb či vrbu a dochází k vytvoření přípravného lesa, kde se později uchycují dřeviny klimaxové, čímž dočasně vzniká přechodný les. Následně pionýrské dřeviny ustoupí a vzniká klimaxový neboli závěrečný les, který celý velký vývojový cyklus lesa uzavře (Štícha 2010). Petříček (1999) uvádí, že během tohoto klimaxového stadia může docházet ke střídání fází s malým vývojovým cyklem.

## 1.3 Malý vývojový cyklus lesa

Je typický pro středoevropské lesy (Samec a Tuček 2012) a projevuje se v obnově lesa na menších plochách. Významnou roli v tomto cyklu hraje přítomnost letitých stromů, které svými pády vytváří podmínky pro rozvoj heliofytních druhů a následně vzniká prostor pro novou generaci lesa (Matlášková 2013). Malý vývojový cyklus začíná fází dorůstání, vyznačuje se diferenciací jednotlivých stromů na základě jejich tloušťky, výšky, stáří atd. Dochází k nárůstu stromových jedinců, kteří kompetují o světlo a prostor. Za tímto stádiem následuje stádium zralosti, kdy různověký porost připomíná hospodářský les. V pozdní fázi tohoto stadia se setkáváme s dalšími procesy. Velký počet dřevin začíná hynout, jejich životnost dosáhla hranice maxima. Následně dochází k poklesu produkce dřeva a hromadění odumřelých kmenů, což je typickým projevem, že se les nachází v posledním stádiu – stádiu rozpadu. Při třetím stádiu rozpadu nastává odumírání starých

stromů a narůstá procento odumřelého dřeva. V závěrečném stadiu probíhá obnova dřevin a vznik nových semenáčků (Míchal 1992).

## 1.4 Struktura porostů

Jedná se o další důležitý ukazatel porostní stability. Ve vyšších nadmořských výškách jsou smrkové lesy ve střední Evropě různověké a prostorově diferencované (Fanta 2008). Faktory, které se podílejí na utváření struktury lesa, působí v čase a prostoru a dávají vzniknout různým formám a podobám porostu. Rozdělujeme je do tří kategorií, a to na horizontální, vertikální a věkovou strukturu.

**Horizontální struktura** popisuje plošné rozmístění stromů, které může být náhodné, skupinovitě či pravidelné (Schmidt-Vogt 1987; sec. in Vávrová 2003). Samotné uskupení jedinců v porostu je závislé na fázi malého vývojového cyklu, během cyklu dochází k přeuspořádání ze skupinovitě na náhodné či pravidelné. Výsledkem je, že slabší jedinci jsou vytlačováni konkurenčně schopnějšími jedinci v důsledku zastínění, takže přeživší jsou zhruba stejně daleko od sebe (Vacek 1990).

**Vertikální struktura** se hodnotí dle hloubky kořenů a výšky jednotlivých pater. Zde se patra dělí na mechové, lišejníkové, bylinné, keřové a stromové. Vertikální struktura neboli patrovitost porostu je výsledkem vzájemné kompetice o sluneční záření. U vertikální struktury smrkových porostů hraje roli také nadmořská výška. V lokalitách s nižší nadmořskou výškou se vertikální struktura blíží jednovrstvému stejnověkému lesu, kdežto ve vyšších nadmořských výškách jsou stromy výškově diferencovány. Diferencovanost vertikální struktury porostů se mění vlivem sukcese a vývojového cyklu (Vacek 1990). Stádium dorůstání se vyznačuje patrovitostí porostu, která se během vývoje vytrácí, takto se to projevuje i ve stádiu optima, až dojde k úplné ztrátě patrovitosti a výškové rozdíly stromů se dorovnají (Vávrová 2003).

**Věková struktura** je charakterizována jako podíl jednotlivých věkových tříd dřevin na stanovišti. Do věkové třídy spadají skupiny jednotlivců, jejichž vývoj proběhl ve stejném časovém úseku, nejčastěji hovoříme o desítkách let (Schmidt-Vogt 1987; sec. in Vávrová 2003). Dle Vávrové (2003) je dělíme porosty podle věkové struktury na tři základní typy:



*Stejnověké porosty* – druhy v porostu mají přibližně stejný věk, případně jejich věkový rozdíl nepřesahuje pět let v mladosti a 10 let v dospělosti. Vznikají v sekundárních sukcesních fázích po intenzivním požáru.

*Dvouvěké porosty* – vyskytují se ve stadiu zralosti a fázi rozpadu pionýrského lesa, kde probíhá přirozená obnova přechodného lesa.

*Různověké porosty* – je zde ideální zastoupení všech věkových tříd, vytváří se při narušeném průběhu sukcese.

## 1.5 Management smrkového lesa

Management dělíme na dva typy – pasivní management, kdy ponecháváme les samovolnému vývoji a aktivní management, dochází k aktivní asanaci v lese.

Během pasivního managementu zůstává lesní ekosystém bez zásahů. Půda a bylinná vegetace má plynulý vývoj bez narušování. Teplotní a vlhkostní podmínky se mění přirozeně s rozpadem stromového patra, ale nedochází k žádným velkým výkyvům. Mění se vegetační kryt, respektive zastoupení jednotlivých druhů v porostu. V těchto lesních porostech je i dostatek odumřelého dřeva s výskytem lignikolních hub a organismů vázaných na tlející dřevo. Lýkožrout smrkový není v tomto managementu považován za škůdce, ba naopak jedná se o druh, který napomáhá přirozené dynamice lesního vývoje. Stanoviště se podstatně nemění.

Aktivní management se vyznačuje těžbou stromů, které byly napadeny lýkožroutem. Využívají se i různé formy ochranných prostředků pro snížení početnosti tohoto škůdce. Půdní povrch je narušován, stejně tak i bylinná vegetace. Na narušené půdě se zvyšuje pravděpodobnost erozních procesů. Rovněž dochází ke změně hydrologických poměrů, díky degradaci stanoviště, a proto je zde potřeba umělé výsadby pro obnovu porostu. Nedostatkem tlejícího dřeva na stanovišti je ovlivňováno druhové složení společenstev hmyzu. Přestože část dřeva je ponechána na stanovišti, bývá toto dřevo asanováno, tím pádem se zpomaluje jeho rozklad a mění se i početnost hub, které jsou zde schopny přežít. V okolních porostech by se mělo brát na vědomí, že je potřeba zajistit nechráněné porostní stěny, které může ohrozit vítr z oblasti holin vzniklých po odtěžení porostů (Matějka 2011).

## 1.6 Historie lesního hospodářství v Jizerských horách

Jizerské hory se řadí mezi nejlesnatější oblasti v České republice. Více jak 300 let zde probíhalo intenzivní lesní hospodaření, které dalo vzniknout podobě dnešních jizerskohorských lesů. Dříve byly druhově rozmanité, než byly přeměněny na smrkové monokultury (Šnytr 2009).

Až do 13. století nebyly lesy narušovány antropogenní činností (Nevrlý, 2007). Změna nastala během německé kolonizace, kdy staří osídlenci vykáceli části lesa pro polní hospodářství a zakládání nových osad. Tímto počinem se pásmo lesa posunulo do podhůří hor, jejich plocha se výrazně zmenšila a dosahovala té nynější. Zvýšila se i poptávka po dříví, které nebylo těženo pouze pro svou potřebu, ale začalo se vyvážet i do Saska až do konce 16. století.

Co se týkalo druhového složení lesů, tak zlom nastal v 16. a 17. století, kdy došlo k rozvoji sklářství a hornictví a tím zvýšení spotřeby dřeva. Řemeslníci vysazovali smrk pro jeho rychlý růst, avšak na druhou stranu v lesích ubývaly kvalitní dřeviny, například jilmy. Vlivem rozvíjejícího se hospodaření se zvyšovala potřeba pastvy, která měla negativní vliv na mladý porost. Pastva v lese byla nakonec v roce 1628 zakázána hospodářskou instrukcí.

Období po Třicetileté válce s sebou přináší opětovný nárůst potřeby dřeva na obnovu vesnic, ale i pro hospodářství. Díky vysoké poptávce byla těžba přesunuta i do horských oblastí a rovněž byl zakázán vývoz dřeva do Saska. Začínají se objevovat i návrhy na způsob hospodaření a to holosečí, ty však byly zamítnuty (Štěpanová 2010).

V dalším století, konkrétně v 18. a 19., se přidalo k místnímu hospodaření také lesnictví (Tima 2006). Polovina 18. století s sebou přinesla i změnu ve způsobu hospodaření – holosečí, které měly za následek degradaci lesů, smíšené a listnaté lesy začaly na mnohých místech zanikat. Narušené porosty se staly náchylnější větrným kalamitám, škůdcům – zejména kůrovci a působení zvýšených imisí. Současně docházelo i k degradaci půdy, změnám fytoocenózy či vysokému zakyselení. 70. a 80. léta 20. století byla krizová pro Jizerské hory, když docházelo k rozpadu veškerého porostu v centrální

části Jizerských hor vlivem kalamity způsobené škůdci (kůrovcem a obalečem) a také silnou imisní zátěží. Lesní hospodářství tehdy vyhodnotilo jako řešení v boji s touto krizí těžbu. Došlo tak k odtěžení velké částí náhorní plošiny a vzniku imisních holin, kde se daří travinám, převážně třtině chloupkaté (*Calamagrostis villosa*) a metličce křivolaké (*Avenella flexuosa*), které blokují obnovu lesa na těchto místech (Šnytr 2009). Dalším problémem této doby byla zemědělská intenzifikace a scelování pozemků, z krajiny začaly mizet plochy zeleně tvořené stromy a keři (Štěpánová 2010).

Ani v nadcházejících desetiletích neproběhlo výrazné zlepšení v krajině Jizerských hor, některé holiny se sice podařily zalesnit kulturní smrčinou společně s nepůdními druhy dřevin., některé však vůbec. Proto porosty, které tehdy nebyly odtěžené, se v dnešní době vyskytují ve fázi rozpadu a jen minimálně zde nalezneme živé stromy. Přírozená obnova probíhá ve vysoké míře, ale je zpomalovaná extrémními výkyvy klimatických podmínek a přemnožením zvěře. V současnosti můžeme najít v těžko přístupných místech, kde bylo lesní hospodaření komplikované, plochy geneticky kvalitních populací smrku, jako například vrcholky hor, sutě, podmáčené plochy, skalní výchozy a další (Šnytr 2009).

## 1.7 Společenstva půdní fauny

### Společenstva stonožek (*Chilopoda*)

V závislosti na podmínkách životního cyklu smrkových lesních porostů se mění počet i druhové složení. Na naší lokalitě bylo zaznamenáno 7 druhů stonožek *Lithobius austriacus*, *Lithobius borealis*, *Lithobius dentatus*, *Lithobius forficatus*, *Lithobius microps*, *Lithobius mutabilis* a *Lithobius tenebrosus*. Pro společenstva stonožek je známo, že nejvyšší abundance dosahují na lokalitách, kde neprobíhaly zásahy a byly ponechány samovolnému vývoji (Staněk et al. 2020). Nižších početností dosahovaly na asanovaných plochách, které, jak se zjistilo, mají negativní vliv na tato společenstva (Pontégnie et al. 2005, Tuf et al. 2003). Ze studie o dopadech klimatických změn na populace stonožek je patrné, že na ně nemají vliv. V nepříznivých podmínkách jsou totiž stonožky aktivnější při změně stanoviště a rychleji se přesunou do vhodných podmínek.

Stonožky jsou predátoři, jejich kořistí jsou drobní bezobratlí, které aktivně loví. Díky variabilitě potravních zdrojů jsou schopny sehnat si potravu jak v původních porostech, tak i na pasekách nebo na obnovujících se plochách, které jsou k dispozici. Druhové spektrum stonožek se liší v různých typech porostů, nejvíce druhů se vyskytuje v původních porostech a pasekách, méně stonožkám svědčí porosty regenerující a odumřelé (Tajovský 2015). Další pozitivní vliv na druhové složení v horských smrkových lesích má vichřice. Duelli et al. (2002) dokládá, že na polomových plochách s bezzásahovým případě asanačním managementem se vyskytovalo více druhů (zhruba o 1/3-2/3) než v lesích, kde nedocházelo k žádným disturbancím. Nejvyšší aktivity stonožek byly zaznamenány na odtěžených plochách. Dochází zde k odkrytí půdního povrchu, což má za následek zhoršení mikroklimatických podmínek půdy. V dlouhodobějším horizontu dochází i ke zvýšení přísunu živin z rozkládajícího se dřeva, což společenstvům v horských smrkových lesích vyhovuje a jejich biodiverzita roste.

Druhy vyskytující se nejčastěji na našich plochách, *Lithobius forficatus* a *Lithobius mutabilis*, jsou druhy preferující spíše plochy, kde je menší množství opadu. Ve studiích Purcharta et al. (2013) se uvádí, že nejvyšší diverzitu dosahovaly společenstva stonožek v porostech starých okolo 30-35 let. Stonožky patří mezi významné skupiny při hodnocení podmínek na stanovišti. Poznatky o druhové diverzitě stonožek a struktuře dominantních druhů napomáhají při popisu lokalit, na kterých se vyskytují (Leśniewska et al. 2015).

#### Společenstva mnohonožek (*Diplopoda*)

Na námi studované lokalitě se vyskytovalo 7 druhů mnohonožek. Konkrétně se jednalo o tyto druhy: *Julus scandinavius*, *Leptoiulus trilobatus*, *Mycogona germanica*, *Polydesmus complanatus*, *Polydesmus denticulatus*, *Unciger foetidus* a *Unciger transsilvanicus*. Mnohonožky na rozdíl od stonožek jsou saprofágní a živí se odumřelou organickou hmotou nebo částmi rostlin (Langrová et al. 2010). Jako svou potravu spásají i mikroskopické houby či půdní organismy. Potravu rozmělní a částečně natráví, jejich trus tak obsahuje nestrávené zbytky, které procházejí dalším rozkladem, proto patří mnohonožky mezi důležité články detritického potravního řetězce (Kocourek et al. 2017). Svou aktivitou se mnohonožky podílejí na rozkladu především rostlinného opadu v půdotvorných procesech.

Jejich přítomnost může indikovat kvalitu a stav půdního prostředí. Pokles v jejich početnosti či úplná absence vyhodnocuje stav prostředí jako narušené. Mnohonožky obývají svrchní vrstvy listového opadu, půdu, tlející dřevo nebo je můžeme nalézt pod kůrou. Lesní půdy jsou jejich typickým stanovištěm, ale vyskytují se i na travnatých biotopech a v polích. Dále byly mnohonožky nalezeny pod ležícím dřevem na zemi, v mechových porostech, drnech trávy, pod kameny, v sutích, skalních škvírách, ale také i v jeskyních (Kocourek 2004). Ideální prostředí je mírně vlhké okolo cca 30 % vlhkosti. Při nepříznivých podmínkách – sucho či nadměrné množství srážek se přesunují do hlubších vrstev půdy.

Občasný výskyt mnohonožek je evidován na zamokřených a extrémně kyselých půdách. Ke snížení diverzity mnohonožek v minulých letech přispělo i emisní zatížení lesních porostů (Kocourek 2014). Rovněž s vyšší nadmořskou výškou není abundance mnohonožek tak vysoká, což není jediný faktor, který společenstvo mnohonožek ovlivňuje. Důležitou roli hraje i skladba vegetace, proto smrkové porosty a monokultury, kde se vyskytuje podloží méně bohaté na živiny, mají druhovou diverzitu mnohonožek výrazně nižší. Omezený počet druhů s nízkou hustotou nacházíme na územích ve vyšších nadmořských výškách se smrčínovým porostem (Tajovský 2015). Dle studií Tuf et al. (2003) má na společenstva juvenilních mnohonožek vysoce negativní vliv kácení lesa. Dospělci mnohonožek nejsou tak negativně ovlivňováni kácením lesa jako juvenilové. Na rozdíl od stonožek má tedy na mnohonožky lesní hospodaření negativní vliv (Tajovský a Pižl 2003). Mnohonožky se vyskytují jak v přirozených biotopech, tak i na lokalitách ovlivněných antropogenní činností. Několik druhů je tak významných, že slouží jako bioindikátor pro daný typ prostředí. V prostředí, které je významně ovlivněno antropogenní činností při zpracování a ukládání zbytků, dochází k nárůstům početnosti jedinců ale i diverzity společenstva mnohonožek. Pokud se na stanovišti vyskytuje víc než 10 druhů, můžeme říct, že toto prostředí je bohaté na půdní faunu (Skoumalová 2010).

## 2. Cíl

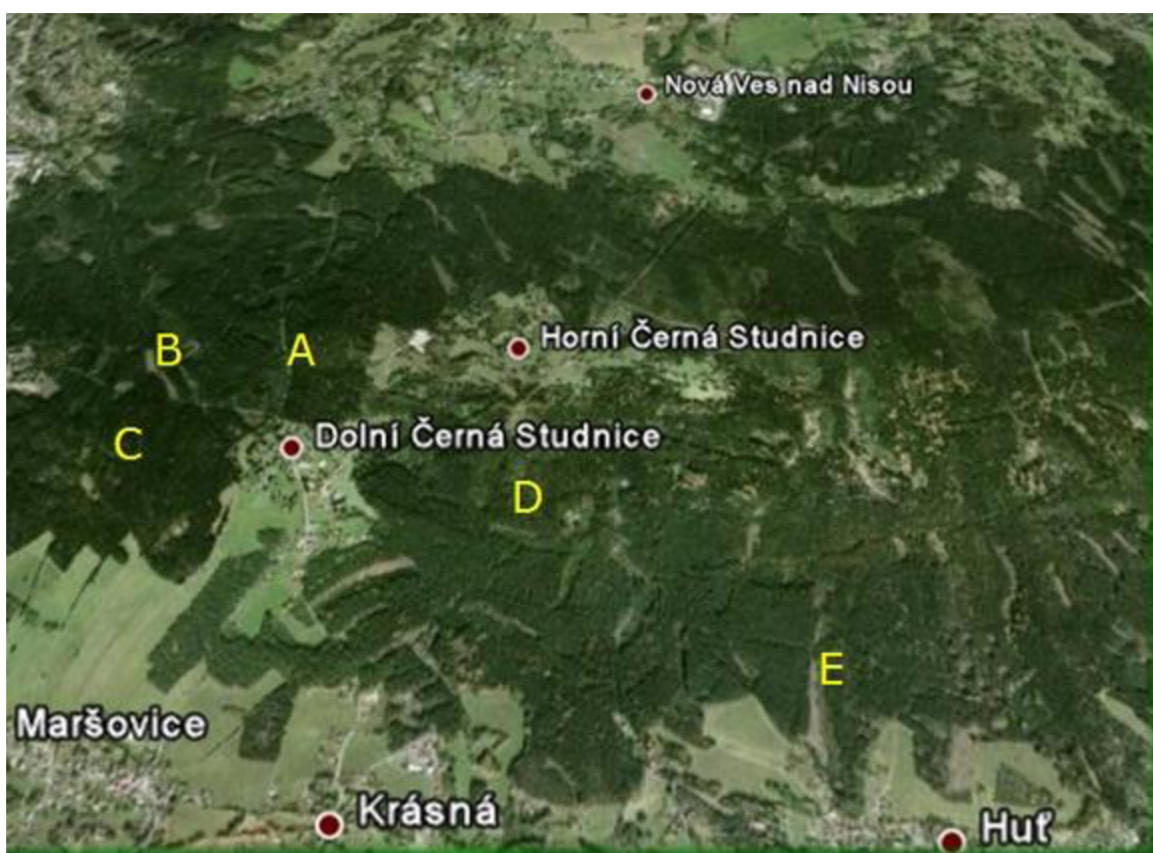
Cílem diplomové práce je zjistit, jakým způsobem se odráží stáří smrkového porostu na společenstvech. Dále srovnání společenstev stonožek a mnohonožek v různě starých smrkových porostech s ohledem na různý pattern v jejich abundanci a diverzitě, vyhodnoceno bude i poměrné zastoupení lesních a eurytopních druhů stonožek a mnohonožek. Cílem bylo také porovnat vztahy mezi strukturou společenstev stonožek a mnohonožek s vybranými enviromentálními parametry smrkové monokultury, jako jsou stáří porostu, zápoj podrostu a vlhkost.

### 3. Materiál a metody

#### 3.1 Zájmové území

Lokalita výzkumu se nachází v Jizerských horách ve fragmentovaných lesích smrku ztepilého (*Picea abies*) na kopci Černá Studnice. Černá Studnice je horský hřeben, kde se les prolíná pastvinami. Les se nachází v blízkosti Jablonce nad Nisou v nadmořské výšce 620-760 m s průměrnou roční teplotou 7 °C a průměrnými ročními srážkami 1000 mm. Dominantním půdním typem je zde podzol.

Původní bukové lesy byla nahrazovány smrkovými monokulturami, v současné době je smrk převládajícím druhem na této vrchovině. Kvůli dřívějšímu kácení a opětovné výsadbě se z lesa stala mozaika lesních „záplat“ různých věkových kategorií (Véle et al. 2011).



Obrázek 1: Vyznačené studijní oblasti, ve kterých se nacházely chronosekvence.

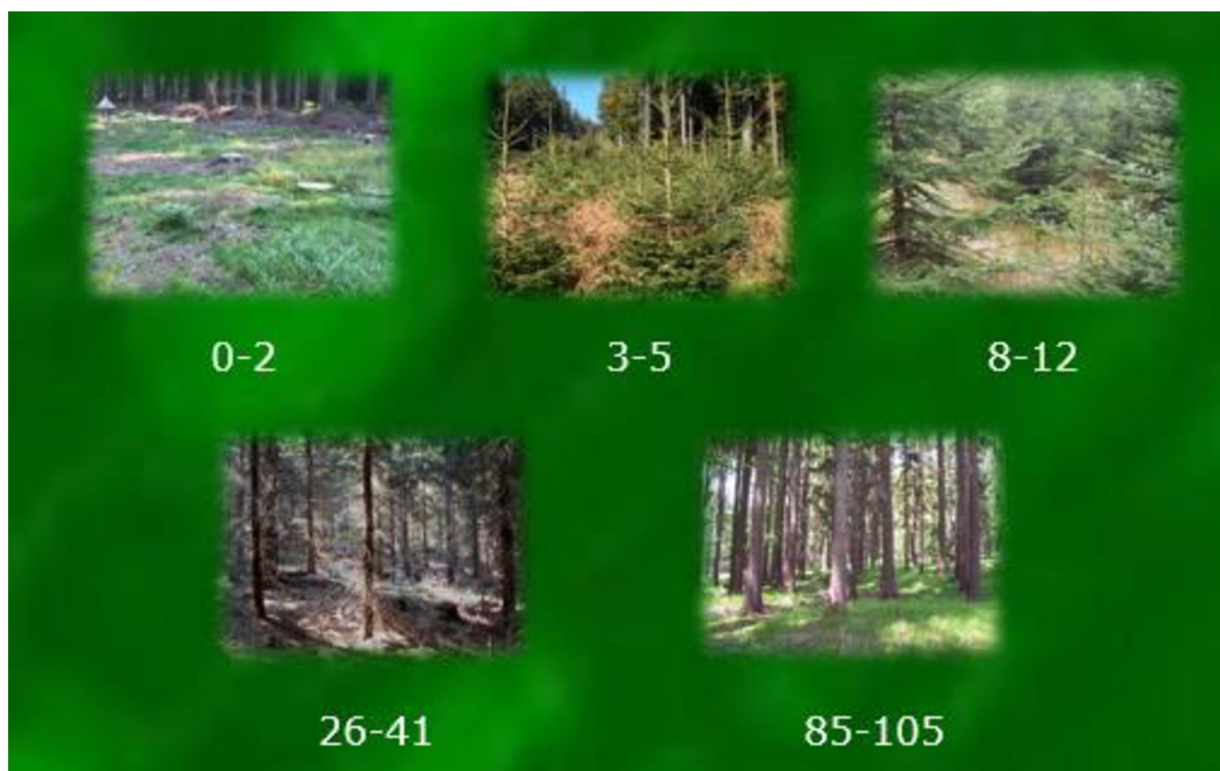
### 3.2 Vzorkování společenstev půdních bezobratlých

V letech 2005–2008 probíhal odchyt stonožek a mnohonožek pomocí zemních pastí s formalínem. Byla vzorkována společenstva v pěti oblastech (obr.1), každá oblast se skládá z pěti studijních ploch, které představují pět věkových tříd smrkového lesa (0–2, 3–5, 8–12, 26–41 a 85–105 let). Každá věková třída se liší výškou a tloušťkou kmene a koruny a také korunovým zápojem, tyto rozdíly způsobují světelné a vlhkostní rozdíly v podrostu a na zemi. V lesnictví se pro tyto věkové třídy používají termíny paseka, kultura, mlazina, tyčkovina a dospělý les (obr.2).

#### Charakteristika lesního porostu smrkového lesa

První věkovou třídu označujeme jako paseky, kdy hovoříme o první růstové fázi lesa, která vzniká přírodním nasemeněním. Vyskytují se zde nezabezpečené semenáčky, ale i střední porost dosahující výšky 0,5 m. Další růstovou fází lesa je kultura, jedná se o zajištěný lesní porost dosahující střední porostní výšky od 0,6 až do 1,3 m. Pro tuto fází je charakteristický výškový přírůst a začínající výšková diference jedinců na ploše. Následuje třetí růstová fáze, a to je mlazina. Dominantní je zde porost s výškou větší než 1,3 m a výčetní tloušťkou do 5 cm. Porost je dobře zapojený a vytváří korunovou vrstvu. Dochází k největšímu výškovému přírůstu, a proto se vyčleňují výškové vrstvy. Tyčkovina je čtvrtou růstovou fází, kdy porost vyspívá. Výčetní tloušťka se pohybuje v rozmezí 6 až 12 cm, tím vrcholí tloušťkový přírůst porostu. Ve spodních partiích růstového prostoru dochází k odumírání větví do výšky okolo 2 m u přežívajících stromů z důvodu dlouhotrvajícího zápoje, který má za následek nedostatečnou propustnost světla do spodních partií. Závěrečnou fází růstové stupních lesa je dospělý les. Vyznačuje se střední výčetní tloušťkou nad 20 cm a věkem nad 50 let. V této fází porost dozrává, vlastnosti jedinců se ustálí a plně plodí, stromy tak dosahují k zralostním hodnotám (Simon & Vacek 2008).





*Obrázek 2: Pět porostních stádií tvořících chronosekvenci– uvedena jsou stáří porostů v letech.*

Propojením pěti různě starých lesů (studijních ploch) se vytvořila chronosekvence (studijní oblast). Tyto oblasti byly od sebe vzdáleny několik set metrů až kilometrů. Studijní plochy v rámci oblastí udržovaly vzdálenost do sta metrů. Studijní plochy byly umístěny zhruba 5 m od okraje vytýčeného území, zde byly odchyťvány stonožky a mnohonožky pomocí zemních pastí.

Šest pastí bylo umístěno ve stejné vzdálenosti podél okraje studijní plochy. Plastové pasti, výšky 10 cm a průměru cca 7 cm, byly naplněny 3% roztokem formaldehydu. Pasti byly ponechány na lokalitě po dobu 2 týdnů v měsících červnu, červenci a srpnu každý rok. Po 2 týdnech byly pasti odebrány, stonožky a mnohonožky spolu s dalšími bezobratlými byly skladovány v 80 % ethanolu. Nashromážděné stonožky byly determinovány pomocí taxonomického klíče (Neckařová 2009). Mnohonožky determinoval doc. Andrej Mock (UPJŠ Košice, Slovensko).

## Měřené environmentální faktory

V rámci výzkumu byly na lokalitách měřeny environmentální proměnné, které se podílely na distribuci společenstev stonožek a mnohonožek. Hlavní faktory, které ovlivňovaly početnost druhů stonožek a mnohonožek na studovaných lokalitách byly krom zmiňovaného stáří porostu, také podrost a vlhkost.

Vlhkost – v okolí každé návny docházelo k přibližnému určení vlhkosti. Ke stanovení odhadu vlhkosti by rozsah možných hodnot (0-100 %) rozdělen do 5 intervalů po 20 %.

Podrost – na každé ploše se určovala přibližná pokryvnost bylinného porostu (E1). Ke stanovení odhadu vlhkosti by rozsah možných hodnot (0-100 %) rozdělen do 5 intervalů po 20 %.

### 3.3 Statická analýza dat

Výsledky byly analyzovány v programu CANOCO 5.0 (ter Braak a Smilauer 2012). Počty ulovených jedinců jednotlivých druhů byly použity jako druhová data (závislé proměnné). Jako proměnné nezávislé (environmentální data) vstupovaly do analýz jednotlivé studijní oblasti (A, B, C, D, E, kategoriální proměnné), stáří lesa neboli jeho pozice v chronosekvenci, množství podrostu a vlhkost (všechny tři byly kontinuální proměnné).

Nejdříve byla provedena kanonická korespondenční analýza (CCA) a výsledný model byl vybrán pomocí Monte Carlo permutačního testu (4999 opakování). Pro jednotlivé environmentální proměnné byl spočítán jejich vliv na počty úlovků, a to jak jednoduchý nezávislý predikční potenciál každé proměnné (Simple Term Effects), tak jejich přínos pro vytvořený model (Conditional Term Effects). Pro kontinuální proměnné s významnou predikcí úlovků stonožeků byly vytvořeny generalizované lineární modely (GLM).

V následné kanonické korespondenční analýze byla jako kategoriální environmentální proměnná zvoleny pouze typy porostu a v modelu byly zobrazeny pro jednotlivé druhy jejich proporční zastoupení v jednotlivých porostech.

Případné preference jednotlivých druhů pro konkrétní typy porostů byly testovány pomocí ANOVY, která porovnávala úlovky ze všech 25 ploch tříděné dle typu lesa v rámci chronosekvence. Pro druhy, které měly signifikantně nenáhodnou distribuci, byly následně využity ad hoc Tukeyho testy pro testování odlišných úlovků mezi jednotlivými porosty.

## 4. Výsledky

Celkový počet nachytaných jedinců v letech 2005 až 2008 činil 470. U skupiny stonožek (Chilopoda) to bylo 321 jedinců, kde převažovaly druhy *Lithobius mutabilis* a *Lithobius tenebrosus* (tabulka 1). U skupiny mnohonožek (Diplopoda) byla početnost nižší ve srovnání s materiálem stonožek, zde zemní pasti zachytily 149 jedinců. V nejvyšším zastoupení se vyskytovaly druhy *Polydesmus complanatus* a *Mycogona germanica* (tab. 2).

Tabulka 1: přehled nachytaných stonožek v letech 2005 až 2008 včetně jejich početností a dominancí

čeleď/druh		početnost (ind.)	dominance (%)
Lithobiidae			
<i>Lithobius forficatus</i> (Linnaeus, 1758)	LForfc	53	16
<i>Lithobius mutabilis</i> L.Koch, 1862	LMutab	126	39
<i>Lithobius microps</i> Meinert, 1868	LMicrp	3	1
<i>Lithobius aeruginosus</i> C.L.Koch, 1862	LAerug	1	0,3
<i>Lithobius tenebrosus</i> Meinert, 1872	LTeneb	116	36
<i>Lithobius austriacus</i> (Verhoeff, 1937)	LSp	1	0,3
<i>Lithobius borealis</i> Meinert, 1868	LBorea	14	4,3
<i>Lithobius dentatus</i> L.Koch, 1844	LDenta	2	0,6
<i>Lithobius cyrtopus</i> Latzel, 1880	LCyrtp	4	1,2

Tabulka 2: přehled nachytaných mnohonožek v letech 2005 až 2008 včetně jejich početností a dominancí

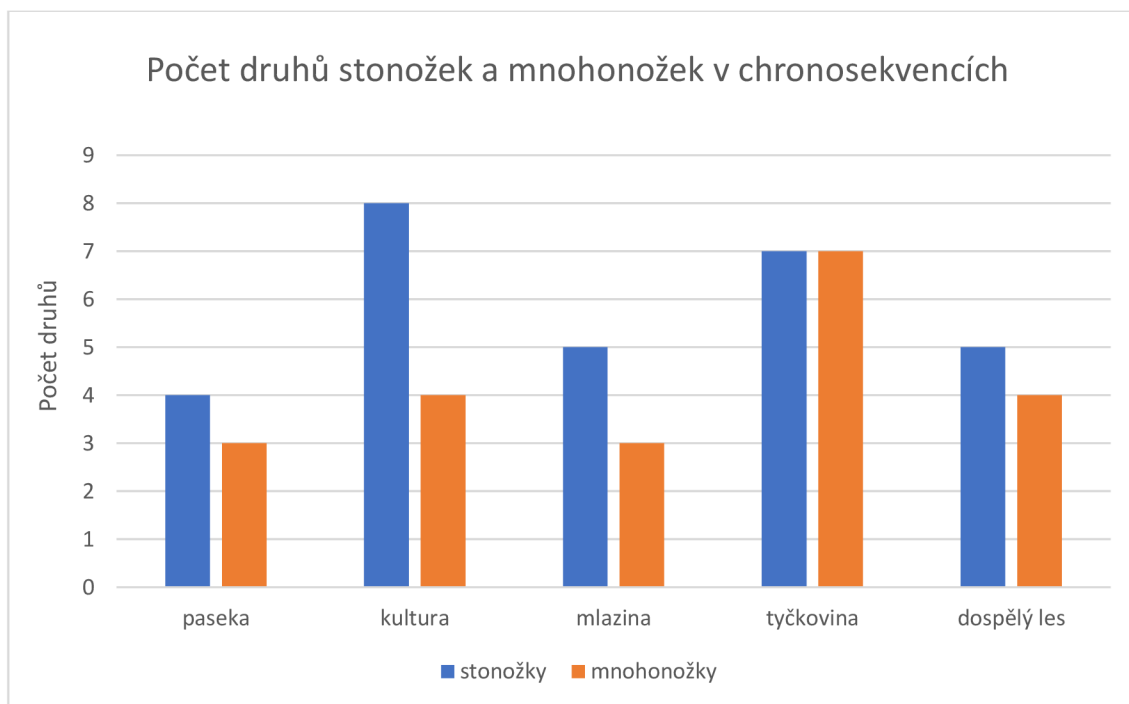
čeleď/druh		početnost (ind.)	dominance (%)
Chordeumatidae			
<i>Mycogona germanica</i> (Verhoeff, 1892)	MycGermn	14	9,3
Polydesmidae			
<i>Polydesmus denticulatus</i> L.Koch, 1847	PolDentc	4	2,6
<i>Polydesmus complanatus</i> (Linnaeus, 1761)	PolCompl	105	70

## Julidae

<i>Julus scandinavus</i> Latzel, 1884	JulScand	1	0,7
<i>Leptoiulus trilobatus</i> (Verhoeff, 1894)	LepTrilb	1	0,7
<i>Unciger foetidus</i> L.Koch, 1838	UnFoetd	4	2,6
<i>Unciger transsilvanicus</i> (Verhoeff, 1899)	UnTrans	3	2

### 4.1 Distribuce stonožek a mnohonožek ve studovaných oblastech

Graf (obr.3) porovnává počet druhů stonožek a mnohonožek v konkrétním typu porostu lesa. Osa x udává fáze chronosekvencí a osa y hodnoty o počtu druhů stonožek a mnohonožek na studovaných plochách. Nejvyšší druhové zastoupení stonožek bylo v kultuře a nejmenší na pasece. U mnohonožek byl počet druhu nejvyšší v tyčkovině, kde bylo shodné zastoupení druhů jak stonožek, tak i mnohonožek.



Obrázek 3: Celkové počty druhů stonožek a mnohonožek v jednotlivých studijních plochách.

V rámci srovnávání početnosti druhů mnohonožek a stonožek ve studovaných oblastech byla zohledněna také vlhkost a množství podrostu. Vliv jednotlivých faktorů v nezávislém testování byl významný pouze pro oblast D a pro množství podrostu v lese

(tab. 3). Oblast D vysvětluje 4,8 % variability v distribuci stonožek a mnohonožek, množství podrostu vysvětluje 4,5 %.

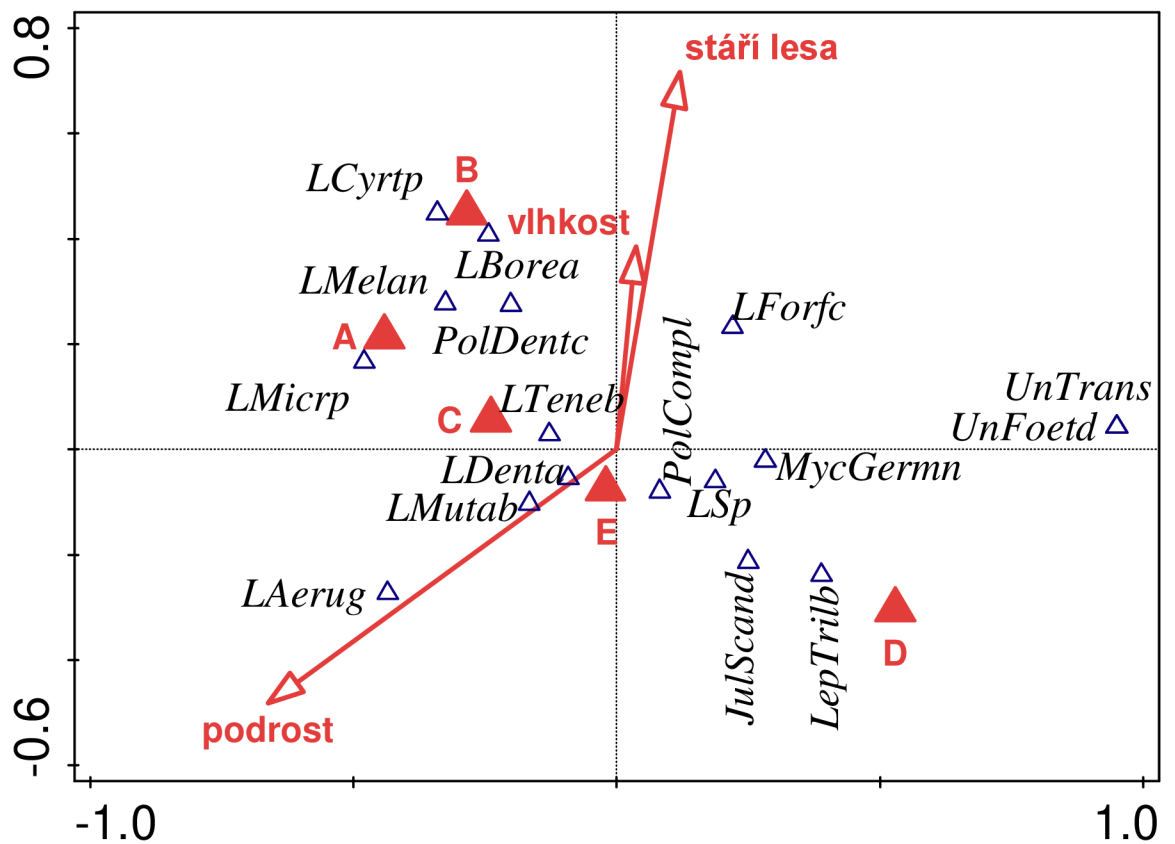
Tabulka 3: Predikční potenciál jednotlivých faktorů (Simple Term Effects) pro distribuci stonožek a mnohonožek (tučně signifikantní závislosti).

proměnná	Explains %	pseudo-F	P
oblast.D	4,8	2,8	<b>0,010</b>
podrost	4,5	2,6	<b>0,002</b>
stari lesa	2,5	1,4	0,170
oblast.B	2,2	1,2	0,236
oblast.C	1,9	1,1	0,342
oblast.E	1,6	0,9	0,518
oblast.A	1,5	0,9	0,448
vlhkost	1,5	0,8	0,406

Kanonickou korespondenční analýzou vlivu lokalit a environmentálních proměnných na početnost druhů byl vytvořen model a jeho grafické znázornění (obr. 3). Testování významnosti CCA ukázalo, že osa x dokáže vysvětlit v modelu 7,7 % pozorované variability a osa y vysvětluje 3,5 % variability. Celý model je signifikantní ( $F = 1,4$ ,  $p = 0,048$ ) a vysvětluje 17,12 % variability. V rámci celkového modelu CCA má hlavní prediktivní význam oblast D (vysvětluje 4,8 % variability, pseudo-F = 2,8,  $p = 0,018$ ) a množství podrostu (vysvětluje 4,2 % variability, pseudo-F = 2,5,  $p = 0,008$ ), u ostatních faktorů se neprojevil signifikantní vliv na zvolené hladině významnosti (tab. 4). Lze rovněž vyčíst, že graf znázorňuje pozitivní vliv podrostu na druh *Lithobius aeruginosus*, což naopak nesvědčí druhu *Lithobius forficatus*, který vyhledává spíše starší typy lesa. *Lithobius aeruginosus* preferoval navíc i sušší místa, kde bylo nižší procento vlhkosti v půdě.

Tabulka 4: Predikční potenciál faktorů použitých v modelu (Conditional Term Effects) pro distribuci stonožek a mnohonožek (tučně signifikantní závislosti).

proměnná	Explains %	pseudo-F	P
oblast.D	4,8	2,8	<b>0,018</b>
podrost	4,2	2,5	<b>0,008</b>
oblast.E	2,0	1,2	0,308
stari lesa	1,9	1,1	0,314
oblast.C	1,8	1,1	0,368
vlhkost	1,7	1,0	0,394
oblast.A	0,8	0,5	0,896



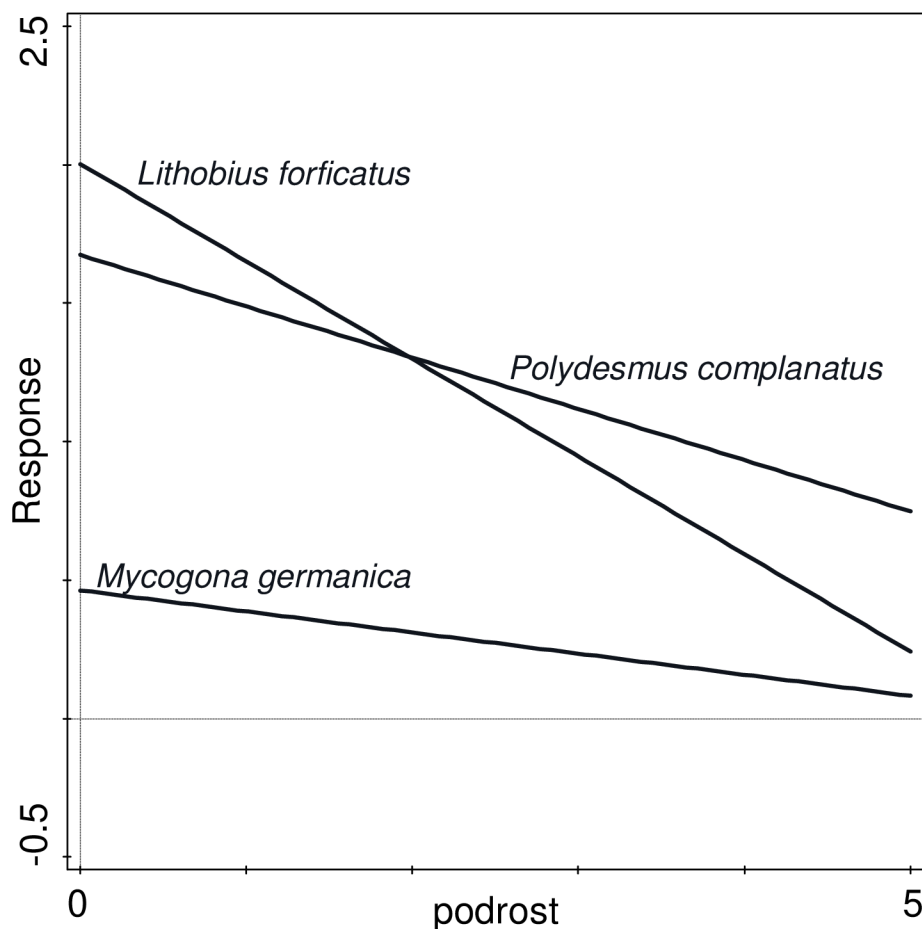
Obrázek 4: Ordinační diagram CCA analýzy distribuce stonožek a mnohonožek ve smrkových lesích. A-D jsou názvy studijních oblastí (viz Metodika). Zkratky druhů jsou vysvětleny v tabulkách 1 a 2.

Jelikož množství podrostu významně predikovalo početnosti nachytaných mnohonožek a stonožek, byly vytvořeny generalizované lineární modely pro závislosti početností jednotlivých druhů na množství podrostu (tab. 5). Pouze tři druhy byly predikovány množstvím podrostu statisticky významně, byly to stonožka *Lithobius forficatus* a mnohonožky *Polydesmus complanatus* a *Mycogona germanica*. Všechny tyto druhy byly početnější v porostech, kde byly nízké hustoty podrostu (obr. 4).

Tabulka 5: Generalizované lineární modely predikující početnost druhů mnohonožek a stonožek v závislosti na množství podrostu (tučně signifikantní závislosti).

druh	R2[%]	F	p
<i>L. mutabilis</i>	0,9	0,50	0,518
<i>L. forficatus</i>	33,0	27,10	<b>0,000</b>
<i>L. tenebrosus</i>	0,8	0,45	0,504
<i>L. microps</i>	0,8	0,46	0,502
<i>L. melanops</i>	1,7	0,94	0,663
<i>L. aeruginosus</i>	0,8	0,46	0,502
<i>L. borealis</i>	3,4	1,90	0,170
<i>L. dentatus</i>	0,9	0,48	0,508
<i>L. cyrtopus</i>	0,0	0,03	0,875
<i>L. sp.</i>	0,4	0,20	0,659
<i>M. germanica</i>	11,8	7,40	<b>0,009</b>
<i>P. denticulatus</i>	0,1	0,03	0,864
<i>P. complanatus</i>	8,9	5,40	<b>0,024</b>
<i>J. scandinavius</i>	0,9	0,48	0,508
<i>L. trilobatus</i>	2,2	1,20	0,270
<i>U. foetidus</i>	4,9	2,80	0,099
<i>U. transsilvanicus</i>	4,9	2,80	0,099



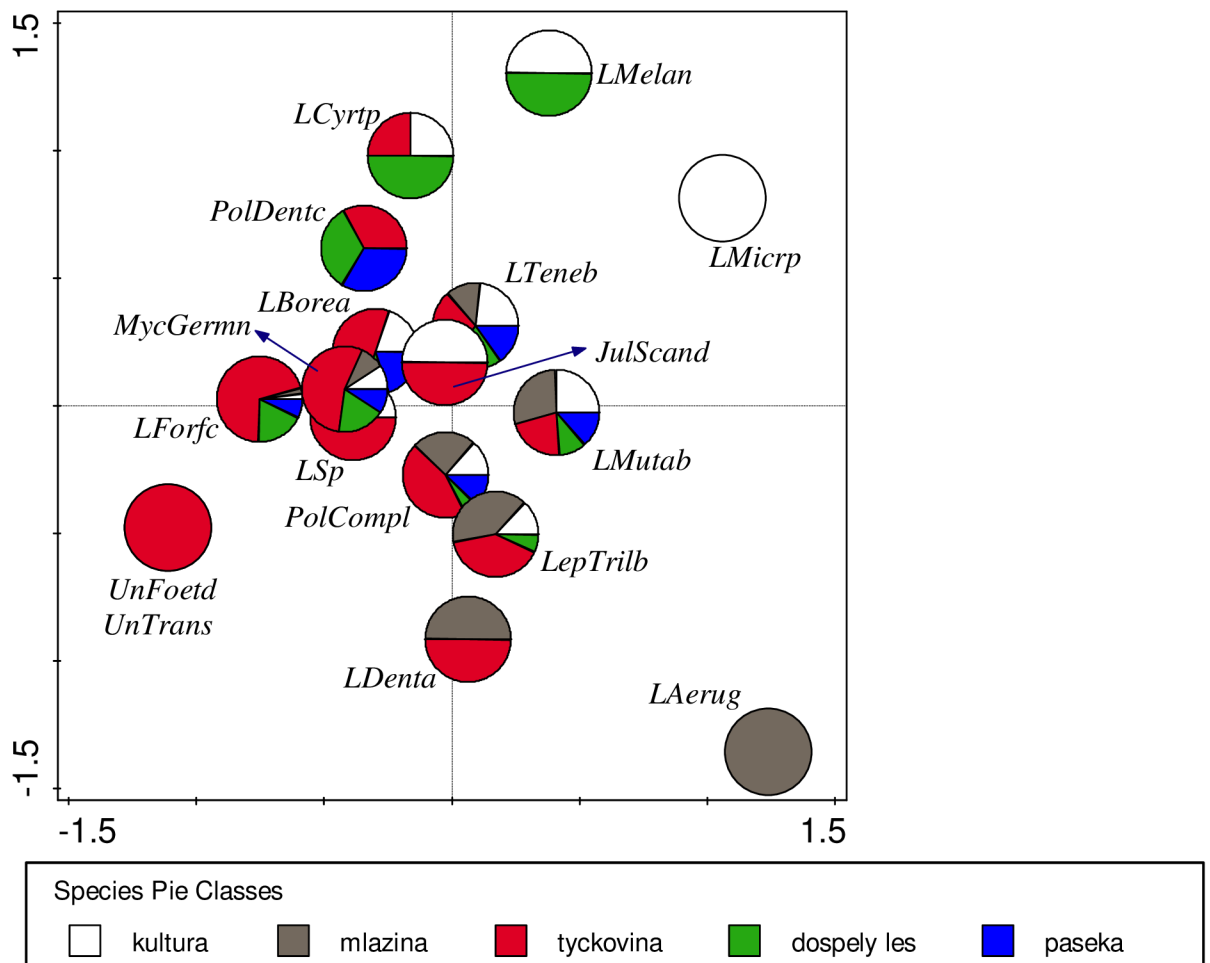


Obrázek 5: Generalizovaný lineární model (GLM) predikující početnost jednotlivých druhů stonožek a mnohonožek podle hustoty podrostu. (zobrazeny pouze druhy se signifikantní závislostí)

#### 4.2 Distribuce stonožek a mnohonožek v různě starých lesích

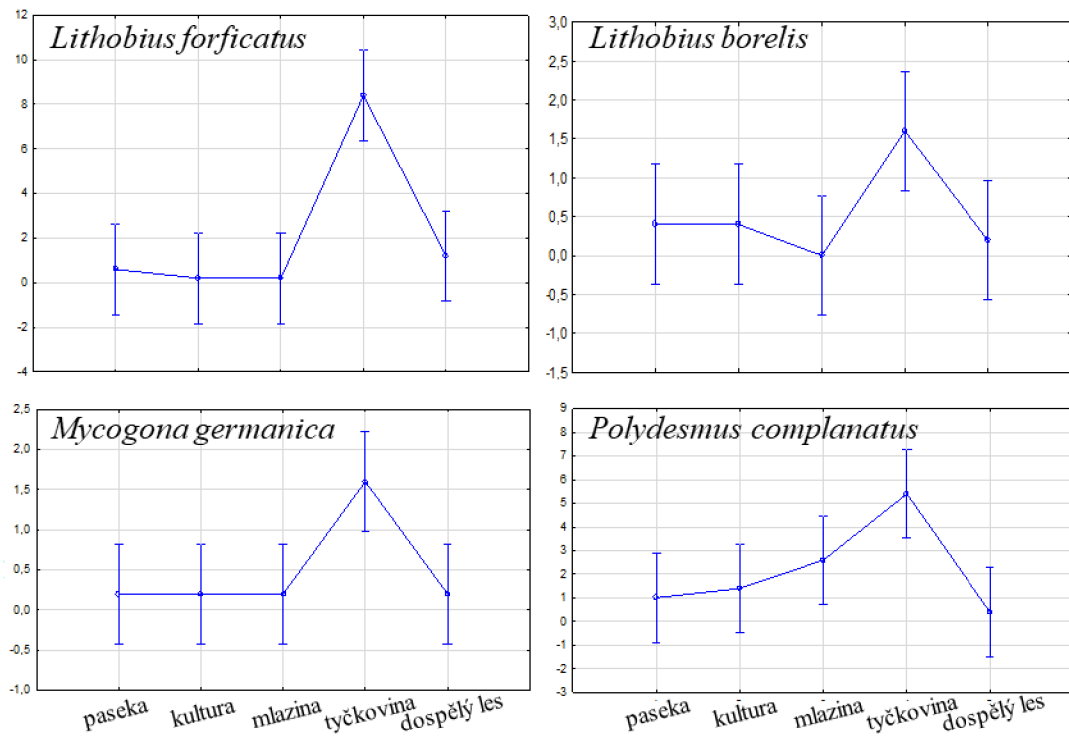
Kanonická korespondenční analýza distribuce stonožek a mnohonožek v jednotlivých typech porostu (charakterizovaných podle jejich stáří) vedla k modelu (obr. 9), který však není signifikantní (pseudo-F = 1,3, p = 0,104). Tento model vysvětluje 9,2 % variability v distribuci druhů, přesto z něj můžeme vyčíst zastoupení jednotlivých druhů ve studovaných typech porostů. Například u stonožek jsou dva druhy, které byly přítomné pouze v jednom konkrétním porostu, *Lithobius microps* v lesní kultuře a *Lithobius aeruginosus* v mlazinách. Podobně oba druhy rodu *Unciger* se vyskytovaly pouze v tyčkovině. Pouhých šest druhů se vyskytovalo ve všech typech porostů, byly to stonožky *Lithobius forficatus*, *Lithobius borealis*, *Lithobius mutabilis* a *Lithobius tenebrosus* a mnohonožky *Polydesmus complanatus* a *Mycogona germanica*. Pro tyto

druhy bylo pomocí ANOVY testováno, zda se jejich početnosti v jednotlivých porostech liší.



Obrázek 6: CCA model výskytu druhů na jednotlivých lesních plochách.

Celkem čtyři druhy (dva druhy stonožek a dva druhy mnohonožek) měly signifikantní rozdíly mezi početnostmi v porostech různého stáří. Početnosti se signifikantně lišily u stonožky *L. forficatus*, téměř signifikantně u stonožky *L. borealis* ( $F = 2,97$ ,  $p = 0,052$ ), mnohonožky *M. germanica* ( $F = 4,51$ ,  $p = 0,013$ ) a mnohonožky *P. complanatus* ( $F = 5,02$ ,  $p = 0,008$ ). Z analýzy bylo zjištěno, že signifikantně vyšla nejvyšší početnost pro čtyři druhy *Lithobius forficatus*, *Lithobius borealis*, *Mycogena germanica* a *Polydesmus complanatus* v tyčkovině.



Obrázek 7: Úlovky (průměr a 95% konfidenční intervaly) stonožek a mnohonožek v různě starých smrkových lesích (výsledky ANOVY)

Tukeyho testy ukázaly, že stonožka *L. forficatus* byla signifikantně početnější v tyčkovině než v ostatních porostech. U druhu *L. borealis* byl z testu zaznamenán rozdíl mezi mlazinou a dospělým lesem, kdy početnost druhu výrazně vzrostla v tyčkovině. Abundance druhu *M. germanica* se lišila v tyčkovině, kde byla nejvyšší oproti ostatním porostům. U druhu *P. complanatus* byla nejvyšší početnost opět v tyčkovině. Významný rozdíl byl zaznamenán mezi pasekou, kulturou, mlazinou a dospělým lesem, kdy na těchto stanovištích byl výrazný pokles početnosti oproti tyčkovině (tab. 6).

Tabulka 6: Výsledky Tukeyho testů pro odlišnosti úlovků z jednotlivých porostů.  
Uvedeny jsou p-hodnoty (tučně signifikantní závislosti)

<i>Lithobius forficatus</i>					
	paseka	kultura	mlazina	tyčkovina	dospělý les
paseka		0,998	0,998	<b>0,000</b>	0,991
kultura			1,000	<b>0,000</b>	0,944
mlazina				<b>0,000</b>	0,944
tyčkovina					<b>0,001</b>
dospělý les					
<i>Lithobius borealis</i>					
	paseka	kultura	mlazina	tyčkovina	dospělý les
paseka		1,000	0,933	0,184	0,995
kultura			0,933	0,184	0,995
mlazina				<b>0,046</b>	0,995
tyčkovina					0,094
dospělý les					
<i>Mycogona germanica</i>					
	paseka	kultura	mlazina	tyčkovina	dospělý les
paseka		1,000	1,000	<b>0,028</b>	1,000
kultura			1,000	<b>0,028</b>	1,000
mlazina				<b>0,028</b>	1,000
tyčkovina					<b>0,028</b>
dospělý les					
<i>Polydesmus complanatus</i>					
	paseka	kultura	mlazina	tyčkovina	dospělý les
paseka		0,998	0,707	<b>0,021</b>	0,988
kultura			0,869	<b>0,039</b>	0,927
mlazina				0,216	0,429
tyčkovina					<b>0,008</b>
dospělý les					

## 5. Diskuse

Na sledovaných lokalitách bylo odchyceno celkem 470 jedinců stonožek a mnohonožek. U stonožek to bylo 321 jedinců z čeledi *Lithobidae*. Nejpočetnější druhy byly *Lithobius mutabilis* a *Lithobius tenebrosus*, celkově se zde objevilo 9 druhů. U skupiny mnohonožek se do zemních pastí nachytilo 149 jedinců. U mnohonožek už byla abundance druhů nižší a vyskytovalo se sedm druhů, ale na rozdíl od stonožek jsme měli zástupce ze tří čeledí, a to z čeledí *Chordeumatidae*, *Polydesmidae* a *Julidae*. Nejpočetnější zástupce ze skupiny mnohonožek byl druh *Polydesmus complemantus*. Odchyt probíhal v letech 2005-2008 na pěti lokalitách, které byly dále děleny na pět studijních ploch představujících pět věkových tříd. Jednalo se o paseku, kulturu, mlazinu, tyčkovinu a dospělý les.

V lesích střední Evropy hraje klíčovou roli rozdílná věková struktura stromů, kdy nerovná věková skladba má pozitivní vliv na diverzitu přirozených lesů (Lähde et al. 1991; Esseen et al. 1997). Dle Bengtssona et al. (2000) a Košuliče et al. (2016) se pozitivně na biodiverzitu podepisují změny způsobu lesního hospodaření, které můžeme sledovat na lesních stanovištích. V České republice jsou území hospodářských porostů věkově strukturované, což pozitivně ovlivňuje vybrané druhy organismů, v případě věkové nevyrovnanosti lesních struktur může v budoucnosti docházet k jejich nestabilitě (Bengtsson et al. 2000). Puchart et al. (2013) uvádí, že staré hospodářské lesní porosty vykazují druhovou bohatost při zachování podmínek, které vedou k vytvoření věkových tříd v lesích na jednom území. V jeho výzkumu bylo odchyceno nejvíce druhů ve vyšších věkových třídách a nejméně na pasekách a mladších věkových třídách, což se prokázalo i v mém výzkumu, kdy nejvíce druhů bylo zastoupeno v porostu tyčkoviny, což odpovídá stáří 26–41 let. Ze studií víme, že starší porosty vykazují vyšší heterogenitu prostředí, nemají plný zápoj korun, a proto jsou tyto porosty prosvětlenější. Narozdíl od mladých porostů nejsou tak otevřené, což svědčí euryvalentním druhům (Mullen et al. 2008). Už z výzkumu Pucharta et al. (2013) vyplývá, že diverzita stonožek dosahovala maxima v porostu starém 30–35 let, což opět potvrzují i výsledky ze studovaných lokalit v Jizerských horách, kde se nejvíce druhů objevilo v tyčkovině, tj. 26-41 let. Rovněž uvádí, že vhodnými zásahy v homogenních smrkových porostech lze zvýšit diverzitu stanovišť pro epigeické členovce, kam spadají jak mnohonožky, tak stonožky. Tento fakt

potvrzuje i autor Jeffries et al. (2006), když ve své práci uvádí, že jedním z faktorů, který ovlivňuje složení a strukturu společenstev členovců, je bezesporu různověkost porostu.

### Společenstva stonožek

Výsledky potvrzují zjištěné rozdíly ve společenstvech stonožek z různověkých vývojových fází v nerovnoměrně starém lesním porostu. Některé druhy byly hojněji zastoupeny v definované vývojové fázi, ale většina se vyskytovala ve všech pěti oblastech. Našly se i dva druhy, které byly úžeji vázány na konkrétní typ porostu.

Při použití CCA analýzy distribuci stonožek a mnohonožek v jednotlivých typech porostu se došlo k modelu, který není signifikantní (pseudo-F = 1,3, p = 0,104), ale vysvětluje 9,2 % variability v distribuci druhů a můžeme z něj vyčíst zastoupení jednotlivých druhů na studovaných typech porostů. Stonožka *Lithobius microps* se vyskytovala pouze v lesní kultuře, kdy je známo, že tento druh vyhledává spíš otevřené stanoviště (Voigtländer, Dungler 1992). Dalším druhem ze skupiny stonožek, který se vyskytoval pouze v jedné věkové třídě, byl *Lithobius aeruginosus*, v mém výzkumu byl odchycen pouze v porostu mlazín. Tento druh je vázán na submontánní biotopy (Tajovský 2000), které jsou v nadmořské výšce od 400 m n. m. do 800 m n. m., což platí i pro naše lokality, jejíž poloha byla v nadmořské výšce okolo 620–760 m n. m.

Nejpočetnějším druhem stonožek ve výzkumu byl druh *Lithobius mutabilis* s počtem 126 jedinců, kteří byli odchyceni ve všech věkových třídách porostu lesa. Tato stonožka patří mezi jednu z nejběžnějších u nás. Vyskytuje se ve všech lesích východní Evropy (Tufová, Tuf 2004) a zároveň upřednostňuje prostředí s vyšším procentem vlhkosti (Jabin a kol. 2006). Druhou nejpočetnější stonožkou na našich zkoumaných lokalitách je *Lithobius tenebrosus*, počet nachytných jedinců dosáhl hodnoty 116. Jeho výskyt byl potvrzen ve všech věkových třídách. Laška (2004) uvádí ve svém atlase, že druh *Lithobius tenebrosus* není zastoupen v několika krajích České republiky, mezi nimiž je i kraj Liberecký. Ve své studii jsem doložila první záznam o výskytu tohoto druhu v Libereckém kraji, neboť se na studovaných lokalitách Jizerských hor nachytno 116 jedinců. *Lithobius forficatus*, jedna z nejznámějších stonožek vyskytujících se na území České republiky, je kosmopolitně rozšířená s výskytem na všech biotopech. V mé práci se do zemních pastí nachytno 53 jedinců ze všech studovaných lokalit. Tento druh preferuje otevřenější a sušší stanoviště (Voigtländer, Dungler 1992). V lesích se vyskytuje

v mladých porostech (Lock et al. 2005), což potvrzuje i tato studie, kdy se *Lithobius forficatus* vyskytoval ve všech věkových třídách lesního porostu. Dalším zástupcem s vyšší abundancí na lokalitě je *Lithobius borealis* se 14 jedinci. Druh je vázán na stromy (Spitzer et al. 2010) a je adaptabilní, což prokazuje i můj výzkum, kdy měl poměrově podobné zastoupení ve všech porostech. V práci Purcharta et al. (2013) byly zaznamenány nejvyšší hodnoty indexu diverzity u stonožek v porostech starých 30-35 let, které se vyznačují vysokou uzavřeností zápoje (90–100 %) a vyšší vlhkostí v horní vrstvě opadu. Stonožky preferují vlhká stanoviště, která nevysychají (Albert 1983) a taková místa pravděpodobně poskytují příznivé podmínky pro vyšší počet druhů a pro vyváženější strukturu společenstva. Druhy stonožek jsou důležitou skupinou pro hodnocení podmínek stanovišť. Data o druhovém složení společenstev stonožek, struktura dominantních druhů včetně jejich dynamiky, může být použita při charakterizaci konkrétních typů lokalit s jejich výskytem (Leśniewska et al. 2015).

#### Společenstva mnohonožek

Výsledky analýzy potvrdily i u společenstev mnohonožek druhové rozdíly ve výskytu v různých vývojových fázích lesního porostu. Dominantním druhem mnohonožek byl druh *Polydesmus complanatus*, ze kterého se do zemních pastí podařilo nachytat 105 jedinců z celkových 149, což odpovídá tomu, že se jedná o naši nejhojnější mnohonožku. Téměř poloviční poměrové zastoupení výskytu v lesním porostu měla v tyčkovině, neboť osídluje plochy s listovým opadem nebo se schovává pod ležícím dřevem či kůrou po těžbě (Kocourek et al. 2017), ale její výskyt byl potvrzen ve všech lesních porostech. Druhým nejpočetnějším druhem ze skupiny mnohonožek je *Mycogona germanica*, kdy 14 jedinců se vyskytovalo ve všech porostech a nejvíce dominovala v tyčkovině. Tyto dva druhy byly také jediné, které se vyskytovaly ve všech typech lesního porostu – pasece, kultuře, mlazině, tyčkovině a také v dospělém lese.

V práci Veliška (2014) bylo zjištěno že u skupiny mnohonožek je průkazný vliv managementu na jejich druhové zastoupení na lokalitách. Testování poukázalo na nejnížší aktivitu mnohonožek na pasekách. Lokalita s vyšším druhovým zastoupením se ukázaly zamokřené smrčiny se spontánním vývojem. Podobných výsledků se dostavilo i v mé studii, kdy nejnížší počet druhů se vyskytoval na pasekách a nejvyšší v tyčkovině, což odpovídá porostu se spontánním vývojem. Na pasekách mohou být mnohonožky

limitovány nepříznivými podmínkami jak potravními, tak mikroklimatickými. Při zarůstání otevřených ploch travní vegetací dochází ke změně ve skladbě potravních zdrojů u druhů, které jsou vázané na jiný typ opadu (Tajovský 2011), což může mít za následek nižší počet druhů.

Podobně jako u stonožek tomu je i u mnohonožek, zde jsme našli dva druhy, které se vyskytovaly pouze na jedné konkrétní lesní ploše. Jednalo se o druhy *Unciger foetidus* a *Unciger transsilvanicus*, které se shodně vyskytovaly v tyčkovině. Toto může být výsledkem nízkého odchyty tohoto druhu, protože ze studií je známo, že tento druh má širokou ekologickou valenci (Tajovský et al. 2017). Jejich abundance na lokalitě byla nízká, nachytili se čtyři jedinci druhu *Unciger foetidus* a ještě o jednoho jedince méně bylo zaznamenáno pro druh *Unciger transsilvanicus*.

Při testování výskytu druhů ze skupin mnohonožek a stonožek na jednotlivých lesních plochách měly signifikantní rozdíly mezi početností v porostech různého stáří čtyři druhy. Jednalo se o dva zástupce mnohonožek *Polydesmus complamantus* ( $F = 5,02$ ,  $p = 0,008$ ) a *Mycogona germanica* ( $F = 4,51$ ,  $p = 0,013$ ). Početnosti se lišily u stonožky *L. forficatus*, téměř signifikantně u stonožky *L. borealis* ( $F = 2,97$ ,  $p = 0,052$ ). Použitím Tukeyho testu bylo zjištěno, že *L. forficatus* je početnější v tyčkovině než v ostatní porostech, kdežto *L. borealis* zaznamenala nárůst početnosti druhu v tyčkovině oproti mlazině a dospělému lesu. U mnohonožek se abundance druhu *M. germanica* zvýšila v tyčkovině oproti ostatním lesním porostům. Druhý zástupce skupiny mnohonožek *Polydesmus complamantus* dosáhl největší početnosti v tyčkovině. Opravdu významný rozdíl byl zaznamenán mezi pasekou, kulturou, mlazinou a dospělým lesem, kdy na těchto stanovištích byl výrazný pokles početnosti oproti tyčkovině.

Při srovnávání druhů mnohonožek a stonožek na studovaných plochách se zohlednily i faktory jako vlhkost, stáří lesa a množství podrostu. Při testování významnosti CCA analýzou vlivu lokalit a environmentálních proměnných se ukázalo, že celý model je signifikantní a vysvětluje 17,12 % variability. Hlavní význam v celém CCA modelu predikovala lokalita D, která vysvětluje 4,8 % variability a množství podrostu s 4,2 % variability. Co se týče ostatních faktorů, zde se neprojevil signifikantní vliv na zvolené hladině významnosti.

Enviromentální faktor, který se podílel na distribuci stonožek a mnohonožek na lokalitách byla vlhkost. Vlhkost je totiž klíčový ekologický faktor v životním prostředí



(De Smedt et al. 2018). *Lithobius aeruginosus* vyhledával sušší místa s nižším procentem vlhkosti, ale naopak vyhledával lokality s větším výskytem podrostu.

Množství podrostu signifikantně predikovalo početnost nachytaných stonožek a mnohonožek, proto byly vytvořeny generalizované lineární modely pro závislosti početnosti konkrétních druhů na množství podrostu. *Lithobius forficatus* a *Polydesmus complanatus* a *Mycogona germanica* se vyskytovaly na plochách s nízkou hustotou podrostu, které byly typické pro hustší, tmavší a vlhčí porosty. Je pravděpodobně, že množství podrostu korelovalo s vlhkostí stanoviště lépe než aktuálně naměřené hodnoty vlhkosti, které v modelu nepredikovaly abundance jednotlivých druhů signifikantně.

Studie Purcharta et al. (2013) ukázala, že v relativně homogenních podmínkách produkčních smrkových monokultur nebyl věk porostu jediný klíčový faktor ovlivňující společenstva epigeických členovců. I když jsou intenzivně obhospodařované smrkové monokultury považovány za druhově chudá stanoviště (stejně jako ostatní jehličnaté monokultury), strukturální zásahy (např. otevírání porostů, umocňování mozaikovitého charakteru homogenních ploch prostřednictvím malých kácení) můžou pomoci vytvořit větší dostupnost stanovišť pro mnoho epigeických členovců a zvýšit tak biologickou rozmanitost takových porostů (Fahy a Gormally 1998; Mul len et al. 2003)

## 6. Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo objasnit, zda se liší společenstva stonožek a mnohonožek v jednotlivých porostních fázích lesa. Zároveň byly analyzovány vybrané environmentální faktory prostředí a jejich vliv na jednotlivé druhy stonožek a mnohonožek.

Výzkum probíhal ve smrkových monokulturách Jizerských hor v letech 2005–2008. Celkem bylo vybráno pět lokalit, kdy každá lokalita se skládala z pěti studijních ploch různého stáří, které představují pět věkových tříd smrkového lesa. Pro tyto věkové třídy se používají termíny paseka (0-2 roky), kultura (3-5 let), mlazina (8-12 let), tyčkovina (26-41 let) a dospělý les (85-105 let). Na studovaných plochách byly měřeny parametry prostředí a to vlhkost, podrost, stáří lesa. Struktura společenstva stonožek a mnohonožek byla zjišťována pomocí instalovaných zemních pastí v jednotlivých stádiích smrkové kultury. Nasbíraný materiál byl determinován na druhovou úroveň.

Z výsledku je patrné, že společenstva stonožek a mnohonožek jsou ovlivňována stářím lesa, kdy se abundance druhů v jednotlivých porostních stádiích lišila. Nejvíce druhů se vyskytovalo v tyčkovině, porost starý 26-41 let. Nízký počet byl zaznamenán na pasekách, kde chyběl souvislý porost a plochy byly prosvětlenější. Téměř všechny druhy měly zastoupení minimálně ve dvou věkových třídách. Pouze čtyři druhy (dva druhy stonožek a dva druhy mnohonožek) se vyskytovaly pouze v jednom lesním porostu.

V závislosti na různém stáří porostu se měnily i environmentální proměnné, které ovlivňovaly přítomnost jednotlivých druhů stonožek a mnohonožek. Velkou část variability pozorovaných druhů vysvětluje vlhkost, množství porostu a již zmiňované stáří lesa.

Lesní hospodaření a různé věkové třídy lesního porostu mění abiotické i biotické parametry prostředí a následně ovlivňují výskyt jednotlivých druhů stonožek a mnohonožek ve společenstvech. Vzhledem k přeměně, která proběhla na konci 19. století, kdy původně smíšené listnaté porosty byly nahrazené smrkovou monokulturou, by bylo zajímavé získat data o společenstvech v chronosekvencích jiných typů lesa, jako například v bučinách, doubravách či borech.

## 7. Zdroje

- Albert, AM. (1983):** Charakteristiky dvou populací Lithobiidae (Chilopoda) stanovených v laboratoři a jejich význam s ohledem na jejich ekologickou roli jako predátorů. Zool. Anz. 211, 214–226.
- Anonym (2006):** Správa o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2006, Ministerstvo Zemědělství, Praha.
- Bengtsson J., Nilsson S.G., Franc A., Menozzi P. (2000):** Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. Forest Ecology and Management, 132: 39–50. DOI: /10.1016/S0378-1127(00)00378-9
- De Smedt P.D., Baeten L., Berg M.P., Gallet-Moron E., Brunet J., Cousins S.A.O., Decocq G., Diekmann M., Giffard B., Frenne P.D., Hermy M., Bonte D., Verheyen K. (2018):** Desiccation resistance determines distribution of woodlice along forest edgeto-interiorgradients. European Journal of Soil Biology 85 (2018). 1-3.
- Esseen P-A., Ehnström B., Ericson L., Sjöberg K. (1997):** Boreal forests. Ecological Bulletins, 46: 16–47.
- Fahy, O., Gormally, M. (1998):** A comparison of plant and carabid beetle communities in an Irish oak woodland with a nearby conifer plantation and clearfelled site. For. Ecol. Manag. 110, 263–273.
- Holeksa, J. et al. (2006):** Altitudinal variability of stand structure and regeneration in the subalpine spruce forests of the Pol'ana biosphere reserve, Central Slovakia. Eur. J. Forest Res.
- Jabin, M., Topp, W., Kulfan, J., Zach, P. (2006):** The distribution pattern of centipedes in four primeval forests of central Slovakia. Biodiversity and Conservation. 16: 3437-3445.
- Janda, P., Bače, R., Svoboda, M. & Starý, M. (2010):** Temporal and spatial structure of the mountain Norway spruce forest in the core zone of “Trojmezna” in the Šumava NP. 2010, p. 43-59.
- Jeffries J.M., Marquis R.J., Forkner R.E. (2006):** Forest age influences oak insect herbivore community structure, richness, and density. Ecological Applications,

Ecological Society of America, 16: 901–912. DOI: 10.1890/1051-0761(2006)016[0901: FAIOIH]2.0.CO;2

**Kazda, M., Pichler, M. (1998):** Priority assessment for conversion of Norway spruce forests through introduction of broadleaf species. *For. Ecol. Manag.* 102: 245–258.

**Klimo, E., Hager, K., Kulhavy, J. (2000):** Foreword, in: Klimo, E., Hager, K., Kulhavy, J. (Eds.), *Spruce monocultures in Central Europe – problems and prospects*. EFI Proceedings No. 33, pp.

**Kocourek, P., (2001):** Druhová rozmanitost českých mnohonožek v historickém kontextu. In: Tajovský, K., (ed.) *Myriopodologica Czecho-Slovaca* Institute of Soil Biology, academy of Sciences of the Czech Republic, České Budějovice, 1: 59-60.

**Kocourek, P. (2001):** Several new species of millipedes (Diplopoda) from the Czech republic. – *Acta. Soc. Zool. Bohem. Praha* 65: 81-96.

**Kocourek, P (2004):** Výzkum mnohonožek (Diplopoda) na území CHKO Moravský kras v roce 2004. MS (depon. Správy CHKO Moravský kras), 2004, 10 str.

**Kocourek P., Tajovský K & Dolejš P. (2017):** Mnohonožky České republiky. – ČSOP, Vlašim, 253 pp.

**Kocourek P. (2014):** Mnohonožky (Myriapoda: Diplopoda) Jizerských hor, Frýdlantské pahorkatiny, Ještědského hřbetu a Liberecké kotliny (severní Čechy). *Sborník Severočeského Muzea, Přírodní Vědy, Liberec*, 32: 123–154, 2014 ISBN 978-80-87266-16-8.

**Korpel', Š. (1989):** *Pralesy Slovenska*. Bratislava, Veda – Slovenská akademie věd, 328 s.

**Korpel', Š. (1991):** *Pestovanie lesa, Príroda*, Bratislava, 465 s.

**Košulič, M. (2010):** *Cesta k přírodě blízkému hospodářskému lesu*, FSC ČR, o.s., Brno, 452 s.

**Košulič O., Michalko, R., Hula V. (2016):** Impact of canopy openness on spider communities: implications for conservation management of formerly coppiced oak forests. *PLoS ONE*, 11 (2): e0148585. DOI: 10.1371/journal.pone.0148585

- Kulakowski D. & Bebi P. (2004):** Range of variability of unmanaged subalpine forests. In: Forum für Wissen: Schutzwald und Naturgefahren. Eidgenössische Forschungsanstalt WSL (Hrsg.), Forum für Wissen 2004: 47–54.
- Kuuluvainen, T., Kalmari, R. (2003):** Regeneration microsites of *Picea abies* seedlings in a windthrow area of a boreal old-growth forest in southern Finland. *Annales botanici fennici* 40 (6): 2003, 401-413.
- Langrová, I., Vrabec, V., Kubík, Š., Jankovská, I., Kurfürst, J., Barták, M., Vadlejš, J. (2010):** Zoologie bezobratlých. Fakulta agrobiologie potravních a přírodních zdrojů, 148 s.
- Lavelle, P. (1997):** Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Adv. Ecol. Res.* 27: 93–132.
- Lähde E., Laiho O., Norokorpi Y., Saksa T. (1991):** The structure of advanced virgin forests in Finland. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 6: 527–537. Magura T., Tóthmérész B., Elek Z. 2003.
- Laška, V. (2004):** Atlas rozšíření stonožek (Chilopoda) České republiky. Bakalářská práce, Univerzita Palackého v Olomouci, Přírodovědecká fakulta, Katedra ekologie a životního prostředí, 87 pp., Ms.
- Leśniewska M., Jastrzębski P., Stańska M., Hajdamowicz I. (2015):** Centipede (Chilopoda) richness and diversity in the Bug River valley (Eastern Poland). In: Tuf I.H., Tajovský K. (Eds) *Proceedings of the 16th International Congress of Myriapodology*, Olomouc, Czech Republic. *ZooKeys* 510: 125–139. doi: 10.3897/zookeys.510.8763
- Lock, K., Dekoninck, W., Grootaert, P. (2005):** Effect of forest developmental stage on centipede communities. *Bulletin de l'institut royal des sciences naturelles de Belgique, Entomologie.* 75: 267-270.
- Machar, I. (2009):** Úvod do ekologie lesa a lesní pedagogiky: pro učitele přírodopisu a environmentální výchovy. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci.
- Matějka K. (2010):** Porovnání vlivu aktivního a pasivního managementu na stav a vývoj horské smrčiny. - URL: <https://www.infodatasys.cz/sumava/porovnanimanagemenu.htm>

- Matlášková, G. (2013):** Přístupy k managementu krajinné mozaiky v zájmu zachování druhové bohatosti ptačích společenstev ve vojenských výcvikových prostorech [bakalářská práce]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 63 stran.
- Míchal, I. (1992a):** Obnova ekologické stability lesů. Academia, Praha.
- Míchal, I. (1999):** Ponechání odumřelého lesa z hlediska péče o biologickou rozmanitost. In: Vrška T. (ed.), Význam a funkce odumřelého dřeva v lesních porostech. Správa NP Podyjí, Vranov nad Dyjí: 9–18.
- Míkula, J. (2006):** Subteránní společenstva bezobratlých NPP Zbrašovské aragonitové jeskyně a NPR Hůrka u Hranic [diplomová práce]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 61 stran
- Mullen, K., Fahy, O., Gormally, M. (2003):** Ground flora and associated arthropod communities of forest road edges in Connemara. Ireland. Biodivers. Conserv. 12, 87–101.
- Neckařová M. (2009):** Stonožky řádu Lithobiomorpha České republiky. [bakalářská práce] Univerzita Palackého, Olomouc
- Niemela, J. (1997):** Invertebrates and boreal forest management, Conserv. Biol. 11 601–610Ni
- Okland, B., Bakke, A., Hagvar, A., Kvamme, T. (1996):** What factors influence the diversity of saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in southern Norway, Biodivers. Conserv. 5 75–100.
- Petříček, V., Míchal, I. (1999):** Péče o chráněná území. 1. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. ISBN 808606414X
- Purchart, L., Tuf, I.H., Hula, V., Suchomel, J. (2013):** Arthropod assemblages in Norway spruce monocultures during a forest cycle – A multi-taxa approach. Forest Ecology and Management, 306: 42-51
- Samec, P., Tuček P. (2012):** Modelování růstových podmínek lesů v České republice. 2. vyd. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci pro katedru geoinformatiky. ISBN 9788024429908.
- Schmidt-vogt, H. (1987):** Die Fichte. 2.Auflage, Band I, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin, 647 s.

- Simon J., Vacek S. (2008):** Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 126 stran.
- Skoumalová, I. (2010):** Mnohonožky Českého a Moravského krasu [diplomová práce]. Praha: Univerzita Karlova v Praze. 356 stran.
- Spitzer L., Konvička O., Tropek R., Roháčová M., Tuf I.H., Nedvěd O. (2010):** Společenstvo členovců (Arthropoda) zimujících na jedli bělokoré (*Abies alba*) na Valašsku (okr. Vsetín, Česká republika). Časopis Slezského Muzea Opava, 59, 217-232
- Staněk L., Hamřík T., Košulič O. (2020):** Effect of age structure and management type on epigeic arthropods in commercial oak forests. Zprávy lesnického výzkumu, 65, 2020 (4): 265-275
- Šantrůčková H., Vrba J., Křenová Z., Svoboda M., Benčoková A., Edwards M., Fuchs R., Hais M., Hruška J., Kopáček J., Matějka K., Rusek J. (2010):** Co vyprávějí šumavské smrčiny. Průvodce lesními ekosystémy Šumavy. Správa NP a CHKO Šumava, PřF Jihočeské Univerzity & Česká společnost pro ekologii, Vimperk, 153 p
- Šnytr, O. (2009):** Vyhodnocení genových zdroj lesních devin na území CHKO Jizerské hory [disertační práce]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 115 stran.
- Štěpanová, N. (2010):** Výskyt a optimalizace zastoupení hospodářsky nevýznamných druhů dřevin v okolí obce Nové Město pod Smrkem [diplomová práce]. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. 96 stran.
- Štícha, V. (2010):** Vliv mikrostanoviště na přirozenou obnovu a svrchní humusové horizonty v NP Šumava [disertační práce]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. 96 stran.
- Tajovský, K. (2000):** Stonožky (Chilopoda) Krkonoš. Opera Concoctica. 36: 385-389.
- Tajovský, K. (2011):** Mnohonožky (Diplopoda) a stonožky (Chilopoda) horských smrčín vrcholové části Šumavy. Zoologické dny Brno 2011. Sborník abstraktů z konference 17.-18. února 2011.
- Tajovský K. (2015b):** Společenstva mnohonožek (Diplopoda) a stonožek (Chilopoda) v měnicích se podmínkách horských smrčín Šumavy. In Lesník 21. století, 11. ročník. K. Matějka (ed.) 2015

- Tajovský K. & Pižl V. (2003):** Mnohonožky (Diplopoda), Stonožky (Chilopoda), suchozemští stejnonožci (Oniscidea) a žížalovití (Lumbricidae) biosférické rezervace Pálava. – In: Danihelka J. (ed.): Pálava na prahu třetího tisíciletí. Správa chráněných krajinných oblastí České republik. Správa chráněné krajinné oblasti Pálava, Mikulov: 47–58.
- Tajovský K. & Pižl V. (2003):** Půdní makrofauna horských smrčín na Šumavě a její ovlivnění probírkovou těžbou. Soil macrofauna of mountain spruce stands in the Bohemian Forest as affected with selective tree cutting. In: Karas, J. (Ed.). Sborník Konference Vliv hospodářských zásahů a spontánní dynamiky porostů na stav lesních ekosystémů, Kostelec nad Černými lesy, 20.-21.11.2003, ČZU Praha, 9 s.
- ter Braak, C. J. F., & Smilauer, P. (2012).** Canoco reference manual and user's guide: software for ordination, version 5.0. Microcomputer Power.
- Tuf, I.H., Veselý, M., Tufová, J., Dedek, P. (2003):** Vliv mýcení lesa na půdní faunu aneb jak interpretovat data získaná studiem odlišných skupin bezobratlých? In: Karas, J. (Ed.).
- Tufová, J., Tuf, I.H. (2004):** Závěrečná zpráva inventarizačního průzkumu tří lesních MZCHÚ v rámci CHKO Bílé Karpaty, Chilopoda & Diplopoda & Oniscidea. Ms. depon on Správa CHKO Bílé Karpaty, 11 pp. Sborník Konference Vliv hospodářských zásahů a spontánní dynamiky porostů na stav lesních ekosystémů, Kostelec nad Černými lesy, 20.-21.11.2003, ČZU Praha, s. 37-44.
- Vacek, S. (1990):** Analýza autochtonních smrkových populací na Strmé stráni v Krkonoších. Opera Concorica 27: 59-103.
- Vávrová, E. (2003):** Přirozená obnova smrku ztepilého (*Picea abies*) a dynamika sukcese dominant bylinného patra v průběhu rozpadu horských smrkových ekosystémů v Krkonoších. – Ms. (dipl. práce, ÚŽP, Přír. fak. UK, Praha). s. 1-85.
- Vele, A., Holusa, J., Frouz, J., Konvicka, O. (2011):** Local and landscape drivers of ant and carabid beetle communities during spruce forest succession. European Journal of Soil Biology, 47: 349-356
- Velíšek L. (2014):** Společenstva mnohonožek a stonožek přirozeně se vyvíjejících a asanovaných horských smrčín Šumavy [diplomová práce]. 71 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.



**Voigtländer, K., Dunger, W. (1992):** Long-term observations of the effects of increasing dry pollution on the myriapod fauna of the Neißer Valley (East Germany). In: Meyer, E.; Thaler, K.; Schedl, W. (Eds): *Advances in Myriapodology - Berichte des naturwissenschaftlich-medizinischen Vereins in Innsbruck. Suppl. 10: 251-256.*