

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra ochrany lesa a entomologie

Kůrovcovití brouci v lesních ekosystémech s různou mírou narušení

Bakalářská práce

Autor: Jana Zemanová
Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Horák, Ph.D.

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jana Zemanová

Hospodářská a správní služba v lesním hospodářství

Název práce

Kůrovcovití brouci v lesních ekosystémech s různou mírou narušení

Název anglicky

Bark beetles in forest ecosystems with disparate disturbance regimes

Cíle práce

Cílem práce bude vyhodnotit vliv prostředí na kůrovcovité brouky v lesích s různou mírou narušení (zejména v bezzásahových územích).

Metodika

Studentka provede rešerši stávajících poznatků týkajících se kůrovcovitých brouků v lesních ekosystémech s různou mírou narušení.

Metodou pasivních nárazových pastí bude odchyťovat kůrovcovité brouky v lesních ekosystémech s různou mírou narušení.

U odchytených brouků změří různé charakteristiky jejich těla (např. délku křídla).

Konečně se pokusí vhodnou metodou vyhodnotit vliv různorodého lesního prostředí na kůrovcovité brouky.

Doporučený rozsah práce

30 s.

Klíčová slova

polom, mrtvé dřevo, sukcese

Doporučené zdroje informací

- Byers, J. A., Zhang, Q. H., Schlyter, F., & Birgersson, G. (1998). Volatiles from nonhost birch trees inhibit pheromone response in spruce bark beetles. *Naturwissenschaften*, 85: 557-561.
- Fayt, P., Machmer, M. M., & Steeger, C. (2005). Regulation of spruce bark beetles by woodpeckers a literature review. *Forest Ecology and Management*, 206: 1-14.
- Wermelinger, B. (2004). Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202: 67-82.
- Weslien, J., & Martin Schroeder, L. (1999). Population levels of bark beetles and associated insects in managed and unmanaged spruce stands. *Forest Ecology and Management*, 115: 267-275.
- Zhang, Q. H., & Schlyter, F. (2004). Olfactory recognition and behavioural avoidance of angiosperm nonhost volatiles by conifer-inhabiting bark beetles. *Agricultural and Forest Entomology*, 6: 1-20.
-

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Ing. Jakub Horák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Konzultant

Mgr. Tereza Loskotová

Elektronicky schváleno dne 29. 3. 2015

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 10. 2015

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 08. 04. 2016

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Kůrovcovití brouci v lesních ekosystémech s různou mírou narušení vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Jakuba Horáka, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne 20. 4. 2016

Podpis autora

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Jakubovi Horákovi, Ph.D. za pomoc, trpělivost a čas, které mi věnoval na konzultacích. Dále bych ráda poděkovala Mgr. Terce Loskotové za veškerou pomoc a ochotu. Za determinaci bych chtěla poděkovat Mgr. Jiřímu Procházkovi. Svě rodině chci poděkovat za podporu a umožnění studií. A nakonec bych chtěla poděkovat svému příteli Ing. Filipu Ložekovi za korekci textu a za psychickou podporu, bez které bych jen těžko zvládla tuto práci dokončit.

Děkuji.

Abstrakt

V bakalářské práci byl vyhodnocen vliv prostředí v lesích s různou mírou narušení na kůrovcovité brouky. Studované lokality byly ponechány samovolnému vývoji. Byla použita metoda nárazových pastí. Tyto pasti byly na sledovaných lokalitách rozděleny po dvojicích. Každá dvojice zahrnovala aktivní (se žlutým štítkem) a pasivní past. Vliv na kůrovcovité brouky byl vyhodnocován pomocí statistických analýz. Celkem bylo odchyceno 346 jedinců, z nichž bylo determinováno celkem 12 druhů kůrovcovitých brouků. Vlivy prostředí (obvod kmene stromu, otevřenost zápoje, mrtvé dřevo, nadmořská výška a typ pasti) byly signifikantní na počet jedinců, celkovou délku těla, šířku štítu a délku krovky. Na délku křídla měl vliv pouze obvod kmene, otevřenost zápoje a množství mrtvého dřeva. Druhové bohatství bylo ovlivněno pouze nadmořskou výškou.

Klíčová slova: kůrovcovití, bezzásahová území, horské smrkové lesy, disturbance, proměnná prostředí

Abstract

This thesis evaluated the influence of the forest environment with various rate of disturbance. Studied sites were left to spontaneous succession. The method of trunk window traps was used. These traps were divided into pairs at monitored sites. Each pair comprised active (with yellow label attached) and passive trap. The influence on the bark beetles was evaluated by statistical analysis. In total, 346 individuals were captured and 12 species of bark beetles were identified. The influences of the environment (circumference of tree trunk, canopy openness, dead wood, altitude and type of trap) were significant for the number of individuals, the total body length, the width of shield and the length of elytron. Wing length was only affected by circumference of tree trunk, canopy openness and dead wood. Number of species was only influenced by altitude.

Key words: bark beetle, non-intervention area, mountain spruce forest, disturbance regimes, environment variable

Obsah

1. Úvod	10
2. Cíle práce	11
3. Literární přehled	12
3.1. Obecná část – kůrovcovití brouci	12
3.1.1. Taxonomie	13
3.1.2. Morfologie	13
3.1.3. Bionomie	14
3.1.4. Druhy kůrovců v horských lesích	15
3.2. Přirozené lesní ekosystémy v jednotlivých vegetačních stupních	16
3.2.1. Přirozené horské smrkové lesy	18
3.2.1.1. Přirozených vývoj horských smrkových lesů	18
3.2.1.2. Přirozené disturbance horských smrkových lesů	20
3.2.1.3. Obnova lesů po disturbanci	20
4. Metodika	22
4.1. Studovaná oblast	22
4.2. Nárazové pasti	23
4.3. Proměnné prostředí	24
4.4. Charakteristika nezávislých proměnných veličin	25
4.5. Výběry pastí	26
4.6. Třídění a determinace materiálu	26
4.7. Měření závislých proměnných	26
4.8. Statistické vyhodnocení	28
5. Výsledky	29
5.1. Počty a výsledky měření odchycených jedinců	29
5.2. Vyhodnocení vlivu nezávislých proměnných na závislé proměnné	32
6. Diskuze	35
7. Závěr	40
8. Seznam literatury a použitých zdrojů	42

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Tab. č. 1. Průměrná, minimální a maximální hodnota nezávislých proměnných.

Tab. č. 2. Průměr jedinců u pěti nejpočetnějších druhů na past.

Tab. č. 3. Základní statistické údaje naměřených hodnot u pěti nejpočetnějších druhů v mm.

Tab. č. 4. Korelace závislých proměnných. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Tab. č. 5. Vliv nezávislých proměnných na druhovou bohatost. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Tab. č. 6. Vliv nezávislých proměnných na počet jedinců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Tab. č. 7. Vliv nezávislých proměnných na celkovou délku kůrovců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Tab. č. 8. Vliv nezávislých proměnných na šířku štítu kůrovců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Tab. č. 9. Vliv nezávislých proměnných na délku krovky kůrovců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Tab. č. 10. Vliv nezávislých proměnných na délku křídla kůrovců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Obr. č. 1. Rozmístění dvojic pastí v okolí Prášil (vytvořeno pomocí SW ArcGIS 10.2).

Obr. č. 2. Kmenová nárazová past se žlutým štítkem v NP Šumava na lokalitě s vysokým podílem stojícího i ležícího mrtvého dřeva.

Obr. č. 3. Snímek s ukázkou měřených hodnot na *H. cunicularius* (délka těla, šířka štítu, délka krovky).

Obr. č. 4. Ukázka měření hodnoty délky křídla na *H. cunicularius*.

Graf č. 1. Počet jedinců v jednotlivých typech pastí.

Graf č. 2. Počty jedinců jednotlivých druhů kůrovců.

1. Úvod

Kůrovcovití brouci patří mezi nejvýznamnější škodlivé biotické činitele v lesních ekosystémech. Z hlediska ochrany lesa se však mezi kalamitní škůdce řadí jen několik druhů (Jakuš a kol. 2015). Nejznámějším a nejvýznamnějším druhem z hlediska škodlivosti pro lesní hospodaření u nás je *Ips typographus* (Linnaeus 1758), který je vázán především na smrkové porosty (Skuhrový 2002). Jeho populační expanze je vázána na různá narušení a oslabení porostu. Mezi tato narušení patří zejména větrné kalamity, nadměrná sucha či imise (Svoboda a Zenáhlíková 2009). V Zelené zprávě (2013) jsou evidovány nejaktuálnější informace o množství kůrovcového dříví v České republice. V roce 2013 bylo na území České republiky zaznamenáno 1,2 mil. m³ smrkového kůrovcového dříví. Objemu smrkového kůrovcového dříví v tomto roce (0,9 m³/ha) překročil více jak čtyřnásobně hodnotu odpovídající základnímu stavu (0,2 m³/ha).

U populací kůrovců je velice důležité sledovat celkovou biomasu, než počet druhů. Biomasa se určí pomocí stálých neměnicích se funkčních vlastností brouka. V tomto případě je to šířka štítu, délka krovky a délka křídla. Měření jen délky těla může být zavádějící, protože naložením do koncentrovaného solného (NaCl) roztoku se tělo může výrazně natahovat a uložením do lihu může tělo ztvrdnout.

Kůrovcové kalamity se v rámci přirozeného vývoje lesa historicky opakovaly po větrných disturbancích. Období mezi větrnými kalamitami nazýváme jako latentní fázi vývoje kůrovcovitých brouků. Tedy období, kdy kůrovcovití brouci nedosahují kalamitního stavu (Skuhrový 2002). Pro lepší připravenost na následující kalamity kůrovců je třeba věnovat pozornost této problematice právě v latentní fázi vývoje kůrovcovitých brouků, kdy je třeba znát podrobnosti o příčinách a vývoji kalamit a především o způsobu života těchto brouků.

2. Cíle práce

Cílem této práce bylo metodou nárazových pastí odchytil kůrovcovité brouky v lesních ekosystémech s různou mírou narušení. Jednalo se o lokality s bezzásahovým režimem. Z odchycených vzorků byly determinovány jednotlivé druhy kůrovců a vhodnou statistickou metodou byl vyhodnocen signifikantní nebo nesignifikantní vliv vnějšího prostředí na ně. Konkrétně na počet druhů, počet jedinců, celkovou délku těla, šířku štítu, délku krovky a délku křídla kůrovcovitých brouků. Mezi těmito závislými proměnnými byla pomocí korelační analýzy zjišťována závislost. Působení vnějšího prostředí bylo charakterizováno vybranými nezávislými proměnnými: obvod kmene stromu (m), na kterém byla zavěšena past; otevřenost zápoje korunového patra (%); množství mrtvého dřeva (m³); nadmořská výška sledované lokality (m n. m.) a typ pasti. Předmětem této bakalářské práce bylo rovněž zpracování literárního přehledu o dané problematice.

3. Literární přehled

3.1. Obecná část – kůrovcovití brouci

Podčeleď kůrovcovití zahrnuje několik lesnicky velmi významných druhů, které působí v lesích škody ve velkém měřítku. Převážně jsou to sekundární škůdci, kteří přecházejí snadno z latentní fáze do fáze expanzivní, jsou-li podmínky příznivé (vhodné počasí, dostatek vhodného materiálu k rozmnožování). Tyto vhodné podmínky se často vytvářejí v porostech s polomy a vývraty, způsobenými větrem, sněhem nebo ohněm. Vhodné jsou i porosty oslabené nadměrným suchem, houbovými chorobami, hnilobami, imisemi a tak podobně (Křístek a Urban 2013).

Ips typographus (Linnaeus 1758) je v tomto ohledu nejvýznamnějším evropským druhem (Křístek a Urban 2013; Skuhřavý 2002). Proto o tomto druhu nalezneme největší množství literatury. Skuhřavý (2002) uvádí komplexní shrnutí kalamit způsobené tímto druhem. Upozorňuje mimo jiné na to, že dosud není známo, jaký faktor působí na kůrovce, který vyvolává gradaci populace a způsobuje tak vznik kůrovcové kalamity. Uvádí také, že škodlivost *Ips typographus* (Linnaeus 1758) je dána jeho rozmnožovacím potenciálem. U škodlivosti je nutné se zabývat tím, jak velký počet jedinců je schopný zahubit jeden strom a kolik jedinců se vyvine na jednom stromu.

Dalšími druhy v oblasti střední Evropy, které se mohou ve výrazné míře přemnožit na živých stojících stromech, jsou: *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus 1761), *Ips amitinus* (Eichhoff 1871), *Polygraphus poligraphus* (Linnaeus 1758), *Ips duplicatus* (C. R. Sahlberg 1836), *Xyloterus lineatus* (Oliver 1795) (Jakuš a kol. 2015).

Přirozeným regulátorem kůrovcovitých brouků je především nedostatek atraktivních stromů k napadení, potravní a prostorová rivalita a deštivé počasí, které zvyšuje rezistenci dřevin a zároveň zpomaluje rozmnožování a růst kůrovců. Extrémně vysoké teploty v létě způsobují vysychání napadených dřevin a úhyn larev druhů, které jsou závislé na ambróziových houbách. Úhyn larev také způsobují extrémně nízké teploty při přezimování. K nejvýznamnějším přirozeným predátorům kůrovců patří *Thanasimus formicarius* (Linnaeus 1758),

Thanasimus femoralis (Zetterstedt 1828), *Clerus mutillarius* (Fabricius 1775), *Lissodema* (Curtis 1833) a *Salpingus* (Illiger 1801). Kůrovcovité brouky dále napadají různé parazitoidy a původci onemocnění, která jsou vyvolána bakteriemi, entomopatogenními houbami, výtrusovci a hmyzomorkami (Křístek a Urban 2013).

3.1.1. Taxonomie

Podčeleď kůrovcovití Scolytinae (Latreille 1804) je řazena do čeledi nosatcovití Curculionidae (Latreille 1802) z řádu brouci Coleoptera (Linnaeus 1758). Podčeleď kůrovcovití je rozdělena na 17 tribusů a ty jsou dále děleny na 38 rodů (Pfeffer 1989). Je tvořena více než 6 000 popsánymi druhy kůrovců. Z toho se v České a Slovenské republice vyskytuje 120 druhů (Hůrka 2005), které jsou popsány Pfefferem (1955, 1989).

3.1.2. Morfologie

Délka těla zástupců našich druhů kůrovcovitých brouků se pohybuje mezi 1 – 8 mm. Většina druhů má válcovitý, oválný, krátce oválný nebo kulovitý tvar. Zbarvení je obvykle hnědé, tmavě hnědé až černohnědé. Povrch těla je lesklý, nebo matný, lysý, nebo slabě ochlupený, nebo může být pokryt malými šupinkami (Pfeffer 1955, 1989; Formánek 1907).

Hlava kůrovce je kulovitá, velká a z pohledu shora viditelná zčásti, nebo zcela skrytá pod štítem, nebo užší než přední okraj štítu. Při pohledu zepředu je hlava pravidelně utáta nebo mírně zaoblená. Hlava je zřídka protažená do krátkého nosce. Kusadla jsou silná, krátká, silně chitinizovaná a tmavě zbarvená. Oči jsou složené, ledvinovité, ploché a úzké. Tykadla jsou krátká, složená z 2 -7 členného bičíku a krátce oválnou, 1 – 4 člennou paličkou. Tvar paličky je u každého rodu proměnlivý, což může mimo jiné sloužit jako rozpoznávací znak. Pro určování je rovněž velice důležitý tvar čela, kdy u samic převažuje čelo vypouklé a u samců spíše zploštělé (Pfeffer 1955, 1989; Formánek 1907).

Štít je krátce oválný, nebo krátce válcovitý. Délka štítu v porovnání s celkovou délkou těla se rovná jedné třetině. Povrch štítu je variabilní. U některých druhů se vyskytuje rovnoměrné tečkování, nebo je pokryt hrbolky,

nebo je zcela hladký. Štít může být také ochlupený nebo lysý (Pfeffer 1955, 1989; Formánek 1907).

Krovky přisedají celou bází ke štítu. Jsou stejně široké jako štít. Kryjí shora celý zadeček a zadohrudí. Okraj krovek může být přímý a může tvořit s bočními stranami krovek pravý úhel. Na povrchu krovek se nalézají řádky teček. Jsou ochlupené, nebo lysé. Zadní část krovek je dalším důležitým rozeznávacím znakem rodu, druhu i pohlavního dimorfismu (Pfeffer 1955, 1989; Formánek 1907).

Blaná křídla jsou poměrně dlouhá a pod krovkami řasnatě složená. Jen u samečků rodu *Xyleborus* (Eichhoff 1864) jsou křídla zakrnělá (Pfeffer 1955, 1989; Formánek 1907).

Vajíčka jsou bílá, oválná a mají jemný obal. Larvy jsou beznohé, bílé se zřetelnou tmavou silně chitinizovanou hlavou. Na hlavě vyrůstá pár silných krátkých kusadel. Tělo se díky stavbě a velikosti tělních článků mírně zakřivuje. Na bíle zbarvené kukle jsou zřetelně vidět jednotlivé části těla, které připomínají dospělé (Pfeffer 1955, 1989; Formánek 1907).

3.1.3. Bionomie

Dospělí jedinci vyhledávají při založení dalšího pokolení oslabené, stresované či odumírající stromy. Nejvhodnější jsou stromy nemocné, napadené houbovými patogeny např. rodu *Armillaria* ((Fr.)Staudé) (Goheen a Hansen 1993; Skuhravý 2002), poškozené větrnými kalamitami (Modlinger a kol. 2009), sněhem nebo imisemi (Skuhravý 2002; Křístek a Urban 2013). Zdravé stromy nejsou pro založení nové generace příliš vhodné, protože roní velké množství pryskyřice, která může kůrovce zatopit (Pfeffer 1955). Tímto způsobem se stromy brání proti napadení. Bylo však zjištěno, že s rostoucím množstvím závrtů na jednom stromu se snižuje rezistence stromu proti napadení (Skuhravý 2002). Stejně tak příliš suché stromy nejsou kůrovci vyhledávány díky absenci dostatečného množství mízy pro vývoj larev (Formánek 1907).

U polygammích druhů kůrovců přilétá na vhodný strom nejdříve sameček. Sameček do kůry nebo do lýka vyhlodá nejprve snubní komůrku a pomocí feromonu láká samičky (Nelson a Lewis 2008). Otvor do snubní komůrky je

na stromu viditelný díky světlým drtinkám. Po obsazení dřeviny kůrovci vypouštějí tzv. agregační feromon, kterým oznamují ostatním jedincům vhodné prostředí pro rozmnožování. Po vypuštění tohoto feromonu následuje nálet kůrovců na osídlenou dřevinu. Po kopulaci vyhlodají samičky ze snubní komůrky matečné chodby. Do jejich stěn postupně kladou vajíčka, ze kterých se následně vylíhnou larvy. Larvy vyhlodávají larvální chodby, na jejichž konci se v tzv. kolébce zakuklí. Při tomto žiru se larvy živý pletivy rostlin nebo ambroziiovými houbami, jejichž spory přenášejí ve zvláštním orgánu (*mycangium*) samičky rodu *Xyleborus* (Eichhoff 1864). Z kukly se po variabilní době (stadium trvá různě dlouho) vylíhne dospělý jedinec, který z kolébky rozšiřuje tzv. úživný žír po dobu asi tří týdnů (Pfeffer 1955, 1989).

Matečné a larvální chodby se označují jako tzv. požerky. Různé typy požerků jsou charakteristické pro jednotlivé druhy kůrovců. Proto jsou dobrým rozeznávacím druhovým znakem. Rozlišujeme 14 různých druhů požerků. Podle rozšíření larvální chodby podkorních kůrovců rozdělujeme požerky na dvě skupiny. Jedna skupina požerků je typická společnými larválními chodbami. Druhá skupina požerků má larvální chodby uspořádané samostatně. U této skupiny rozlišujeme požerky jednoramenné a víceramenné (podle počtu matečných chodeb), vodorovné, svislé, vidlicovité, svorkovité nebo hvězdčicovité. Třetí skupina požerků dřevokazných kůrovců má charakteristické žebříčkovité, větevnaté anebo plošné uspořádání. Mohou být vodorovné, v jedné rovině nebo ve více rovinách (Pfeffer 1955, 1989).

3.1.4. Druhy kůrovců v horských lesích

V pásmu horských lesů (700-1000 m n. m.) na území České a Slovenské republiky je uváděno 35 druhů kůrovců. Jako velmi hojných je uvedeno 5 druhů: *Hylurgops palliatus* (Gyllenhal 1813), *Xyloterus lineatus* (Olivier 1795), *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus 1761), *Ips typographus* (Linnaeus 1758) a *Ips amitinus* (Eichhoff 1871). 5 druhů bylo zaznamenáno jako hojně: *Phthorophloeus spinulosus* (Rey 1883), *Cryphalus piceae* (Ratzeburg 1837), *Cryphalus abietis* (Ratzeburg 1837), *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg 1837) a *Pityokteines curvidens* (Germar 1824). 27 druhů je uvedeno

jako méně hojných: *Scolytus ratzeburgi* (Janson 1856), *Scolytus laevis* (Chapuis 1869), *Scolytus mali* (Bechstein 1805), *Scolytus rugulosus* (P. W. J. Müller 1818), *Hylastes cunicularius* (Erichson 1836), *Hylastes rotundicollis* (Reitter 1894), *Hylastes aterrimus* (Eggers 1933), *Dendroctonus micans* (Kugelann 1794), *Polygraphus poligraphus* (Linnaeus 1758), *Crypturgus pusillus* (Gyllenhal 1813), *Crypturgus subcribrosus* (Eggers 1933), *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg 1837), *Dryocoetes hectographus* (Reitter 1913), *Dryocoetes alni* (Georg 1856), *Taphororychus bicolor* (1793), *Xyloterus domesticus* (Linnaeus 1758), *Cryphalus saltuarius* (Weise 1891), *Cryphalus intermedius* (Ferrari 1867), *Ernopocerus fasi* (Fabricius 1798), *Pityophthorus exsculptus* (Ratzeburg 1837), *Pityophthorus glabratus* (Eichhoff 1878), *Pityokteines spinidens* (Reitter 1894), *Pityokteines vorontzowi* (Jakobson 1895), *Ips cembrae* (Heer 1836) a *Orthotomicus laricis* (Fabricius 1792) (Pfeffer 1955).

V pásmu horní hranice souvislých lesů (1000-1300 m n. m.) je uváděno celkem 17 druhů. Z toho je označen 1 druh jako velmi hojný: *Ips amitinus* (Eichhoff 1871). 5 druhů je uvedeno jako hojných: *Hylastes aterrimus* (Eggers 1933), *Dryocoetes hectographus* (Reitter 1913), *Cryphalus saltuarius* (Weise 1891), *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus 1761) a *Ips typographus* (Linnaeus 1758). Zbylých 11 druhů je uvedeno jako méně hojných: *Phthorophloeus spinulosus* (Rey 1883), *Hylurgops palliatus* (Gyllenhal 1813), *Hylurgops glabratus* (Zetterstedt 1828), *Hylastes aterrimus* (Eggers 1933), *Dendroctonus micans* (Kugelann 1794), *Xylechinus pilosus* (Ratzeburg 1837), *Polygraphus subopacus* (C. G. Thomson 1871), *Polygraphus grandiclava* (C. G. Thomson 1886), *Crypturgus hispidulus* (C. G. Thomson 1836), *Xyloterus lineatus* (Olivier 1795) a *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg 1837) (Pfeffer 1955).

3.2. Přírozené lesní ekosystémy v jednotlivých vegetačních stupních

V přírozeném lese se vyskytují dřeviny, které se dokázaly samy uchytit, vyrůst, zmladit a tento proces opakovat bez antropogenních zásahů. Dřevinná skladba je dána ekologickými vztahy k podmínkám prostředí a vzájemnými kompetičními vztahy. V přírozeném lese můžeme nalézt pozůstatky lidské činnosti. V tomto případě může lidskou činnost představovat například odstranění

geografické bariéry. Výskyt alochtonních dřevin můžeme vysvětlit jako imigraci v důsledku lidské činnosti. Přirozený les může obsahovat dřeviny, které se v původním přírodním lese nevyskytovaly v případě, že požadují ekologické nároky na dané lokalitě. Zde zapadají do kompetičních vztahů dřevin přirozeného lesa a mohou se stát součástí této biocenózy. Avšak alochtonní dřeviny, které se na dané lokalitě chovají agresivně (např. *Robinia pseudoacacia*) a utlačují autochtonní (původní) dřeviny, nepovažujeme za součást přirozeného lesa. Za přirozený les také nepovažujeme soubory dřevin, v nichž domácí dřevina není schopna samovolně dorůst do konce obmýti a přirozeně se zmladit bez lidské ochrany a výchovných zásahů (probírky, prořezávky atp.). Mezi přirozené porosty také nepatří porosty, které nejsou schopny se sami ubránit abiotickým a následným biotickým poškozením (Vyskot 1981).

Na přirozený les můžeme pohlížet jako na širší pojem přírodního lesa. Často se setkáváme s nesprávnou záměnou pojmů přirozený a přírodní les. Tyto pojmy mohou být v některých případech nesprávně považovány za synonyma. Přírodní les je charakteristický pralesovitým vzhledem, různověkou strukturou, druhovou skladbou původního lesa. Je to les, který byl vytvořen výhradně přírodou a člověkem byl jen minimálně dotčen (Vyskot 1981).

Lesní vegetační stupně vyjadřují vertikální různorodost vegetace (především dřevinné složky vegetace) v závislosti na změnách výškového a expozičního klimatu (Vyskot 1981). Zařazení do lesních vegetačních stupňů je ovlivňováno mnoha faktory (např. nadmořská výška, makroklima, teplota ovzduší a půdy, poloha pohorí, orientace a expozice svahu, edafické (půdní) podmínky). Proto bylo vymezeno devět zonálních a jeden azonální lesní vegetační stupeň. V hercynské oblasti se řadí lesní vegetační stupně od nejnižších nadmořských výšek takto: 1. dubový (8,3%), 2. bukodubový (14,89%), 3. dubobukový (18,41%), 4. bukový (5,69%), 5. jedlobukový (30,04%), 6. smrkobukový (11,95%), 7. bukosmrkový (5,00%), 8. smrkový (1,69%), 9. klečový (0,29%). Samostatně byl vyčleněn 0. borový vegetační stupeň (3,73%), který není vymezen vertikální stupňovitostí. Bory nalezneme ve vegetačních stupních v rozmezí od 2. do 4. lesního vegetačního stupně (Plíva 1987).

3.2.1. Přírozené horské smrkové lesy

Smrkové lesy náleží 8. lesnímu vegetačnímu stupni (1050 – 1350 m n. m.). Vegetační doba smrkových lesů se zkracuje na 60 – 100 dní (Plíva 1987). Dominantní dřevinou je smrk ztepilý (*Picea abies*). Tato dřevina má největší konkurenční schopnost tolerovat extrémní horské podmínky ve vyšších nadmořských výškách (u horní hranice lesa). S rostoucí nadmořskou výškou a jinými stanovištními podmínkami se mění dynamika těchto porostů (Podrázský 1999). Přírůst smrku se ve vyšších nadmořských výškách snižuje (Musil a Hamerník 2003). Díky chladnějšímu podnebí je obecně růst dřevin a rozklad organické hmoty pomalejší. Stanoviště mohou být podmáčená nebo extrémně kamenitá. Půdní profil je mělký a bez živin (Svoboda 2005). Další přimíšenou dřevinou je jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*). Ojediněle se vyskytuje buk lesní (*Fagus sylvatica*), vrba a bříza na otevřených plochách (Podrázský 1999).

3.2.1.1. Přírozený vývoj horských smrkových lesů

Pravidelné rozrušování (disturbance) horských smrkových porostů patří mezi fáze přirozeného vývojového cyklu lesa (Frelich 2002). Jako příklad jednoho z mnoha pohledů mluvíme o velkém a malém vývojovém cyklu lesa (Podrázský 1999).

S velkým vývojovým cyklem je spojen katastrofický velkoplošný rozpad lesního ekosystému (Leemans a Prentice 1987). Právě horské smrkové porosty jsou na tento způsob obnovy přizpůsobeny. Během velkého vývojového cyklu lesa rozeznáváme tři typy lesa. Prvním typem je tzv. přípravný les, ve kterém se uplatňují především pionýrské dřeviny (Podrázský 1999). V našich podmínkách jsou to především druhy bříz, jívy, osiky a na vlhčích stanovištích olše (Musil a Möllerová 2005), z jehličnatých dřevin druhy borovice a modřínu (Musil a Hamerník 2003). Tyto dřeviny jsou méně náročné, převážně světlomilné, rychle rostoucí, krátkověké, bohatě plodící a jsou méně konkurenceschopné. Proto jsou nahrazovány dřevinami s vyšší náročností a konkurenční schopností a les přechází do dalšího vývojového stádia do tzv. přechodného lesa. V podrostu jsou vhodné podmínky pro obnovu zejména polostinných a stinných dřevin. Pod lesem přípravným podrůstá les přechodný. Tento typ lesa je zpravidla

dvouetážový (Podrázský 1999). Mezi dřeviny druhého stádia se řadí především jedle a smrk ze zástupců jehličnatých dřevin (Musil a Hamerník 2003) a z listnatých dřevin buk a javor (Musil a Möllerová 2005). Tyto dřeviny jsou charakteristické vyšší konkurenceschopností, dlouhověkostí, pomalým přírůstem v mládí, zvýšeným přírůstem ve vyšším věku s ponecháním tohoto přírůstu. V závěrečném stádiu lesa vzniká tzv. klimaxový les, který je konečnou fází velkého vývojového cyklu lesa.

Dřeviny z přechodného lesa předrůstají dřeviny z přípravného lesa až je nakonec zcela potlačí. Poté probíhá obnova pouze klimaxových dřevin. Klimaxový les je charakteristický nejvyšší stabilitou a maximální akumulací biomasy. Je to nejproduktivnější fáze lesa (Podrázský 1999). V dnešní době se však klimaxový les v horských smrčínách vyskytuje jen zřídka. Ve středoevropských horských smrčínách (7. a 8. lesní vegetační stupeň) se tudíž nesetkáme ani s malým vývojovým cyklem lesa, protože je vývoj lesa přerušován disturbancemi a horské lesy nemají prostor být dlouhodobě v klimaxu (Matějka 2013).

V klimaxovém lese se opakuje tzv. malý vývojový cyklus lesa. Avšak pouze v případě, není-li narušen většími katastrofami, které by měly za následek opakování velkého cyklu lesa. V rámci malého cyklu lesa rozlišujeme tři základní vývojová stádia (Podrázský 1999). Výchozím stádiem tohoto cyklu je stádium optima. Porost je charakteristický nízkým počtem stromů v nejvyšších tloušťkových třídách, dřeviny mají delší dobu života, než dobu jejich intenzivního růstu, vyrovnaným korunovým zápojem, nejstabilnější strukturou a zřetelným sklonem k jednotvárnosti (Vyskot 1981). Toto stádium končí odumíráním nejstarší generace. Následuje stádium rozpadu. V tomto stádiu se díky snižování zásoby nejstarší generace uvolňuje korunový zápoj a tvoří se generace nová. Zmlazení se vyskytuje nepravidelně (Podrázský 1999). Zmlazování může mít tři podoby: 1. nepřetržité zmlazování v lesích s trvale porušeným korunovým zápojem; 2. hloučkové a skupinové zmlazování na místech zhroucení přestárých jedinců; 3. velkoplošné zmlazování po katastrofách, způsobených abiotickými a biotickými činiteli (Vyskot 1981). Zásoba odumírajících stromů není nahrazena v plném rozsahu. Následuje poslední stádium malého cyklu lesa. Ve stádiu

dorůstání je největší výšková, tloušťková i plošná diference. Růst spodní a střední vrstvy se rychle zvyšuje (Podrázský 1999).

3.2.1.2. Přirozené disturbance horských smrkových lesů

Dynamika a struktura lesa je ovlivněna mnoha různými faktory. Mezi vnitřní faktory lesa můžeme zařadit genetické vlastnosti a vnitřní druhovou konkurenci (Frelich 2002). Vnější faktory reprezentují různé disturbance, způsobené abiotickými nebo biotickými činiteli. Mezi abiotické činitele, které ovlivňují les, patří vítr (Schelhaas 2003; Vojtěch a kol. 2013; Svoboda a Zenáhlíková 2009), oheň (Schelhaas 2003), sníh (Schelhaas 2003; Křístek a Holuša 2014) nebo nadměrná sucha (Křístek a Urban 2013). Mezi nejvýznamnější biotické faktory patří kůrovcovité kalamity (Skuhrový 2002; Schelhaas 2003; Wermelinger 2004; Svoboda a Zenáhlíková 2009) a houbové patogeny (Musil a Hamerník 2003; Skuhrový 2002). Vnějšími činiteli jsou také antropogenní faktory jako například požáry, imise (Skuhrový 2002), nesprávné hospodaření (Křístek a Urban 2013).

Na území Šumavských lesů jsou nejvýznamnějšími činiteli větrné kalamity ve spojení s následnou expanzí kůrovcovitých brouků (Skuhrový 2002; Svoboda a Zenáhlíková 2009). Z dostupných historických záznamů byly zjištěny opakované disturbance silných vichřic již od 16. století (Brázdil 2004). Na konci 19. století byla zaznamenána jedna z největších kalamit polomů s následující expanzí kůrovců (Skuhrový 2002). Tato disturbance měla za následek podstatné zmenšení plochy tehdejších pralesů (Svoboda a Zenáhlíková 2009). V polovině 20. století postihla rozsáhlá kůrovcová kalamita celou střední Evropu. Další výrazné kalamity proběhly na konci 20. století v letech 1983 – 1988 a následně v letech 1993 – 1996. Jen během období od roku 1993 do roku 1996 bylo vytěženo 5,608 milionů m³ (Skuhrový 2002).

3.2.1.3. Obnova lesů po disturbanci

V rámci přirozeného cyklu lesa je porost schopen se samostatně obnovit. Po disturbanci na konci 19. století analýzy potvrdily, že se porost přirozeně obnovil na území, které nebylo dotčeno lidskou činností (Svoboda a Zenáhlíková 2009). Problémem přirozené obnovy a regenerace horských smrkových lesů

na Šumavě bylo antropogenní působení na postižených územích. Těžební zásahy vytvořily rozsáhlé holiny, na kterých je pro semenáčky smrku téměř nemožné přežít. Holiny jsou více prosvětlené a zarůstají travní vegetací, která zabraňuje zmlazení smrku (Skuhrový 2002; Jonášová 2001). Stanovištní podmínky jsou díky extrémním horským podmínkám nepříznivé. Proto jsou semenáčky smrku vázány na výše položené tlející dřevo, které udržuje vhodné teplotní a vlhkostní podmínky a dostatek živin pro jejich růst (Svoboda a Zenáhlíková 2009). Díky těmto vazbám se zmlazení smrku vyskytuje nepravidelně a hloučkovitě. Bylo také zjištěno, že na mikrostanoviště s tlejícím dřevem (ležící kmeny, pahýly, pařezy) jsou vázány i jeřáby (Bače a kol. 2009). Důležitá je přítomnost tlejícího dřeva větších dimenzí, které dokáže lépe udržet vhodné podmínky pro semenáčky a rozkládá se pomaleji (Jonášová 2001). Bylo dokázáno, že vhodnější prostředí pro obnovu byly plochy, které nebyly vystaveny žádnému zásahu oproti odlesněným plochám (Fischer a kol. 2002). Pokud byl odumřelý les ponechán bez zásahu, hojně se vyskytovaly semenáčky smrku, jeřábu a později i buku. Na holinách, kde bylo mrtvé dřevo odtěženo, se smrk vyskytuje v menší míře. Byly to ale pouze semenáčky, které vyrostly na území před těžbou. Společně se smrkem se na holinách objevovala vrba, bříza a osika. Tyto dřeviny se řadí mezi pionýrské, tedy dřeviny z raného stadia vývoje lesa. Na těchto plochách se vůbec nevyskytoval buk. Znamená to tedy, že plochy s ponechanou dřevní hmotou se obnovovaly směrem k přirozenějšímu druhovému složení (Jonášová 2001) a tedy i rychlejší obnově lesa (Fischer a kol. 2002).

Fischer a kol. (2002) ve své studii uvádí, že k ochraně a obnově lesa zejména v národních parcích, je zásadní snižování narušení půdního povrchu. Toto narušení vzniká právě těžebními zásahy. Dále uvádí, že struktura narušených lesů po vichřici na plochách bez zásahu se během prvního desetiletí výrazně liší od ploch odtěžených. Nedotčené plochy zvyšují strukturální rozmanitost oblastí. Vývoj lesů urychleně směřuje od homogenních a obhospodařovaných lesů ke struktuře charakterizující přírodní les. V tomto případě Fischer vidí tyto disturbance obzvláště v národních parcích jako příležitost, více než jako katastrofu.

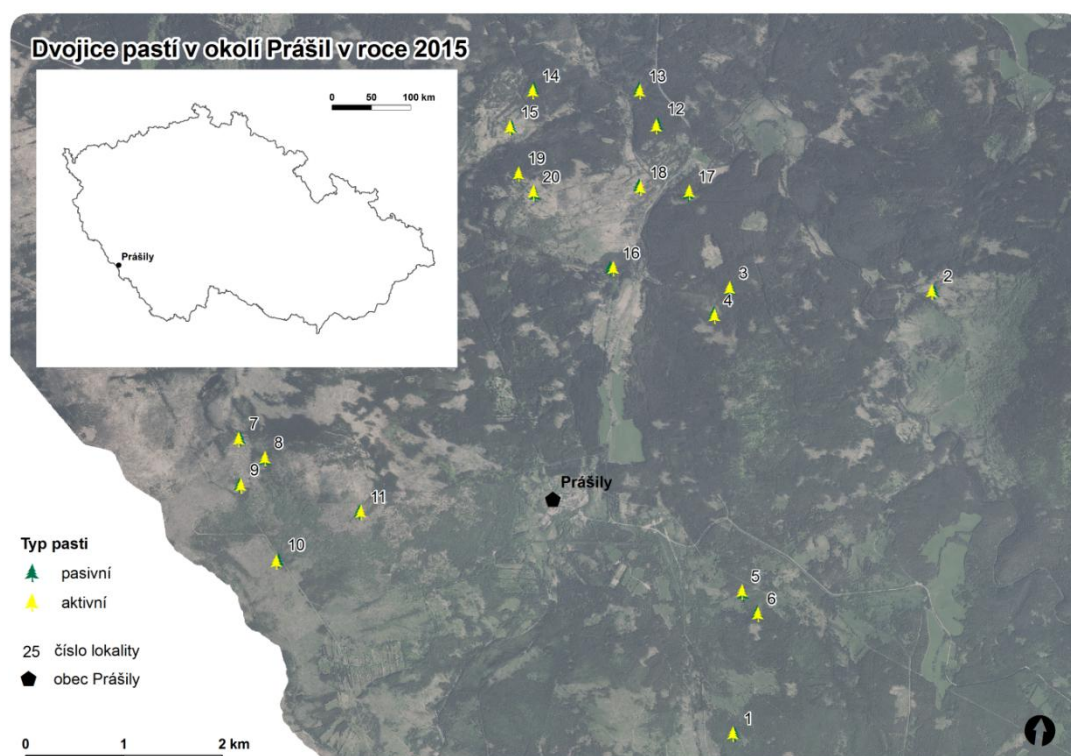
4. Metodika

4.1. Studovaná oblast

Výzkum probíhal v severozápadní části Šumavy v poloměru zhruba 5 km kolem obce Prášily (49.1051303N, 13.3779433E). Celá lokalita se nachází na bezzásadovém území NP Šumava. Na západní straně sousedí s německým NP Bavorský les.

Pro studovanou oblast jsou typické smrkové porosty v horských polohách, náhorní oblasti, jezerní slatě, ledovcová jezera (jezero Laka), mokřady, a ležící i stojící mrtvé dřevo. Dominantní dřevinou studované oblasti je smrk s příměsí borovice. Ostatní dřeviny buk, jedle, bříza, olše, javor, topol a vrba se vyskytují pouze ojediněle. Na lokalitách s bezzásadovým režimem v polomech se zmlazoval především smrk, buk a jeřáb. Nadmořská výška umístěných pastí se pohybovala v rozmezí od 761 do 1238,8 m n. m. Průměrná nadmořská výška byla 936 m n. m.

Na sledovaném území byly rozmístěny na vybraných smrcích dvojice čtyřiceti kmenových nárazových pastí na dvaceti lokalitách (Obr. č. 1). Každá dvojice se skládala z jedné pasivní a z jedné aktivní nárazové pasti. Aktivní past tvořil atraktant v podobě žlutého štítku.



Obr. č. 1. Rozmístění dvojic pastí v okolí Prášil (vytvořeno pomocí SW ArcGIS 10.2).

4.2. Nárazové pasti

Každá past byla tvořena ze tří průhledných plexisklových dílů (jeden díl o rozměrech 400 x 500 mm (šířka x výška) a dva o rozměrech 200 x 500 mm (Obr. č. 2). Na aktivní past oproti pasivní byl navíc připevněn atraktant v podobě žlutého štítku. Žlutý štítek byl umístěn tak, aby byl vidět ze všech stran a atrahoval hmyz co nejefektivněji. Na desky byla upevněna plastová stříška o průměru 400 mm sloužící jako ochrana před srážkami a padajícími větvemi. Na spodní stranu desek byl připevněn vyztužený igelitový trychtýř s horním průměrem 400 mm, spodním průměrem 80 mm. Trychtýř ústil do nádoby vytvořené ze spodní části plastové lahve široké zhruba 80 mm a vysoké zhruba 120 mm. Sběrné nádoby obsahovaly konzervant v podobě koncentrovaného solného (NaCl) roztoku. Všechny komponenty byly spojeny pomocí plastových stahovacích pásek. Pasti byly ke stromům připevněny pomocí vázacího drátu na horní straně desky a na spodní straně u trychtýře. Horní okraj každé pasti dosahoval výšky 2 m. Všechny pasti byly orientovány směrem k jihu.



Obr. č. 2. Kmenová nárazová past se žlutým štítkem v NP Šumava na lokalitě s vysokým podílem stojícího i ležícího mrtvého dřeva.

4.3. Proměnné prostředí

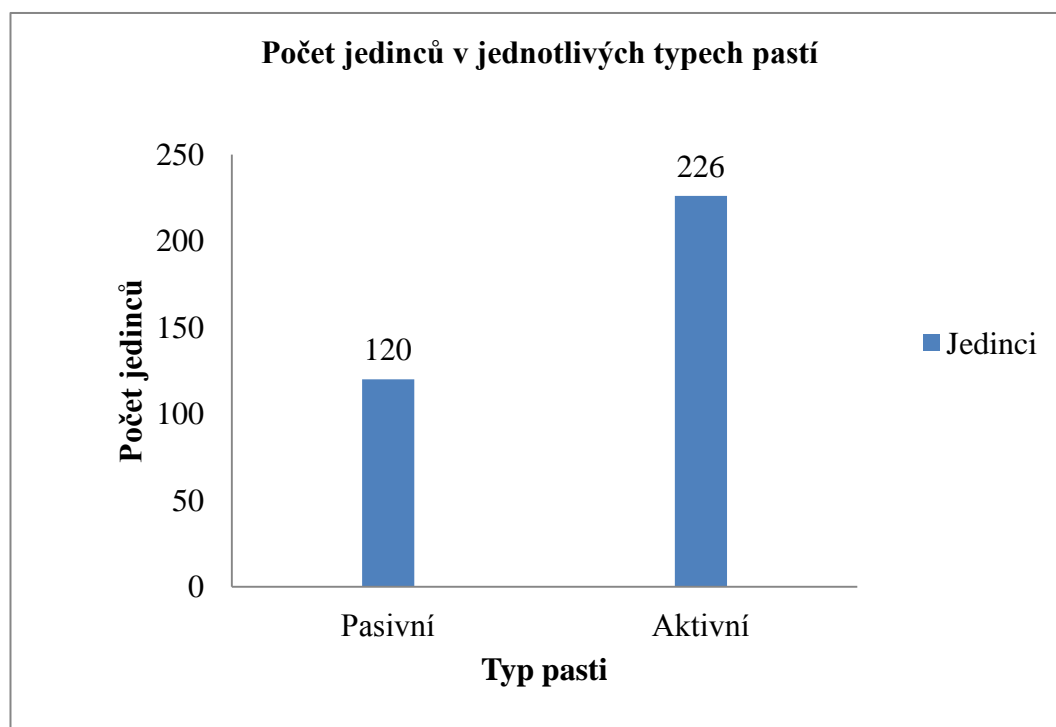
V okruhu 10 m kolem každého sledovaného stromu s instalovanou pastí byl dále proveden popis nezávislých proměnných s předpokládaným vlivem na studovanou skupinu kůrovců. Nejdříve se past zaměřila pomocí GPS přístroje (Garmin eTrex 30) a v programu Visualizer byly následně vypočítány nadmořské výšky. Pomocí krejčovského metru byl změřen obvod kmene stromu, na kterém byla zavěšena past. Tato proměnná může signalizovat, jaké stromy kůrovcovití brouci preferují a jaký vliv má tato proměnná na studovanou skupinu. Pomocí rybího oka (Sigma 4.5 mm F2.8 EX DC Circular FISHEYE HSM) byla snímána otevřenost zápoje, která se dále vyhodnocovala v programu GLA 2.0. Otevřenost zápoje se vyhodnocovala kvůli rozdílnostem působení slunečního záření. Na otevřených plochách by měla být vyšší teplota. Můžeme tedy vyhodnotit, jak se promítne na kůrovcovitých broucích. Mrtvé dřevo bylo vyhodnocováno vizuálním odhadem. Tato proměnná by měla ukázat, jak významné je mrtvé dřevo pro výskyt kůrovcovitých brouků.

4.4. Charakteristika nezávislých proměnných

Průměrný obvod stromu se rovnal 98,7 cm. Minimální obvod byl 17 cm a maximální změřený obvod stromu byl 238 cm. Minimální procento otevřenosti zápoje bylo 8,5% a maximální procento bylo 58,4%. Průměrně byla na lokalitách otevřenost zápoje vyhodnocena na 23%. Průměrně se do 10 m od pasti vyskytovalo 0,9 m³ mrtvého dřeva. Minimální množství mrtvého dřeva bylo 0 m³ a maximální vyhodnocené množství bylo 7 m³. Nadmořská výška umístěných pastí se pohybovala v rozmezí od 761 do 1238,8 m n. m. Průměrná nadmořská výška byla 936 m n. m. (Tab. č. 1). Porovnání odchycených jedinců kůrovců podle typu pasti (Graf č. 1).

Tab. č. 1. Průměrná, minimální a maximální hodnota nezávislých proměnných.

	Obvod (cm)	Otevřenost zápoje (%)	Mrtvé dřevo (m ³)	Nadm. výška (m n. m.)
Průměr	98,7	23,0	0,9	936,0
Minimum	17,0	8,5	0,0	761,0
Maximum	238,0	58,4	7,0	1238,8



Graf č. 1. Počet jedinců v jednotlivých typech pastí.

4.5. Výběry pastí

Pasti byly nainstalovány 29. – 30. 5. 2015. Poté následovaly dva výběry, kdy první výběr se uskutečnil 30. 6. 2015 a druhý 7. 8. 2015. Při výběru pasti se nejdříve přefiltrovala slaná voda z nálevky přes sítko a hrubou látku. Poté se materiál uzavřel do plastových uzavíratelných nádobek naplněných stejnou konzervační látkou jako v pasti, tedy slanou vodou. Tímto způsobem byl materiál uchovávan během třídění, determinace a měření. Každá nádobka byla během výběru opatřena identifikačním štítkem s číslem pasti, označením typu pasti (aktivní nebo pasivní) a datem výběru.

4.6. Třídění a determinace materiálu

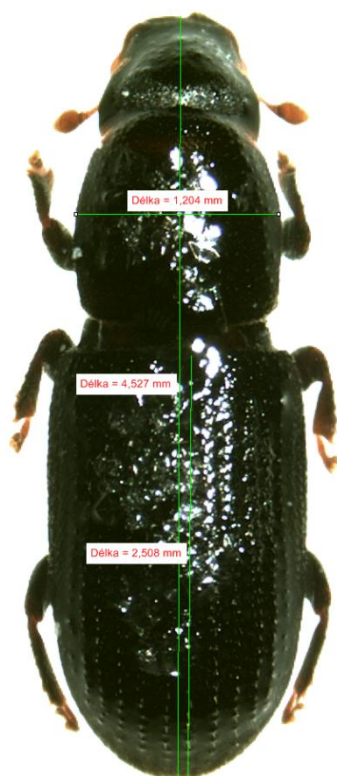
Nejprve byl z nasbíraného materiálu vytříděn řád brouci (Coleoptera). Tříděný materiál byl uložen do zkumavek s identifikačním štítkem s číslem pasti, označením typu pasti a datem výběru. Z těchto zkumavek byla dále vytříděna podčeleď kůrovci (Scolytinae) a každý jedinec této podčeledi byl vložen do samostatné zkumavky s označením čísla pasti, typu pasti, datem výběru a číslem jedince. Vytřídění jedinci byli následně předáni k determinaci Mgr. Jiřímu Procházkovi. Determinace byla provedena na druhovou úroveň. Systematika rodů byla použita podle díla Kůrovcovití a jádrohlobovití (Pfeffer 1989).

4.7. Měření závislých proměnných

Po determinování kůrovců do jednotlivých druhů následovalo změření čtyř závislých proměnných na každém jedinci (Obr. č. 3). Postupovalo se vyjmutím jedince ze zkumavky s jeho identifikačním číslem. Toto označení bylo zapsáno do tabulky v programu Excel a následně se k němu přiřazovaly změřené hodnoty. Měření se provádělo pomocí kamery (ProgResCT1 1,3 Mpix ba) a v softwarovém programu NIS Elements Nikon. Nejprve se provedla kalibrace kamery, aby naměřené hodnoty odpovídaly skutečnosti. Měření probíhalo v mm s přesností na 3 desetinná místa.

Měřený jedinec byl vyjmut ze zkumavky se slanou vodou a byl vložen do Petriho misky s čistou vodou za účelem očištění. Z vody byl od soli očištěný brouk následně vyjmut, osušen, srovnán a měřen pod kamerou. Srovnání brouka

bylo potřebné pro správné naměření dat. Nejprve se u každého jedince změřila celková délka těla od začátku hlavy po konec krovky či zadečku. Následně byla změřena šířka štítu. V této poloze se také změřila délka krovky, pokud již nebyla od brouka oddělena a změřena samostatně. Jako poslední se měřila délka křídla (Obr. č. 4). Ve většině případů bylo nutné křídlo vypreparovat. U menších druhů se stávalo, že křídlo bylo společně s krovkou rozevřené a stačilo pouze křídlo vytrhnout a změřit. Avšak nevýhodou menších druhů bylo, že díky absenci těchto částí těl, nebylo u některých jedinců možné délku krovky ani křídla změřit.



Obr. č. 3. Snímek s ukázkou měřených hodnot na *H. cunicularius* (délka těla, šířka štítu, délka krovky).



Obr. č. 4. Ukázka měření hodnoty délky křídla na *H. cunicularius*.

4.8. Statistické vyhodnocení

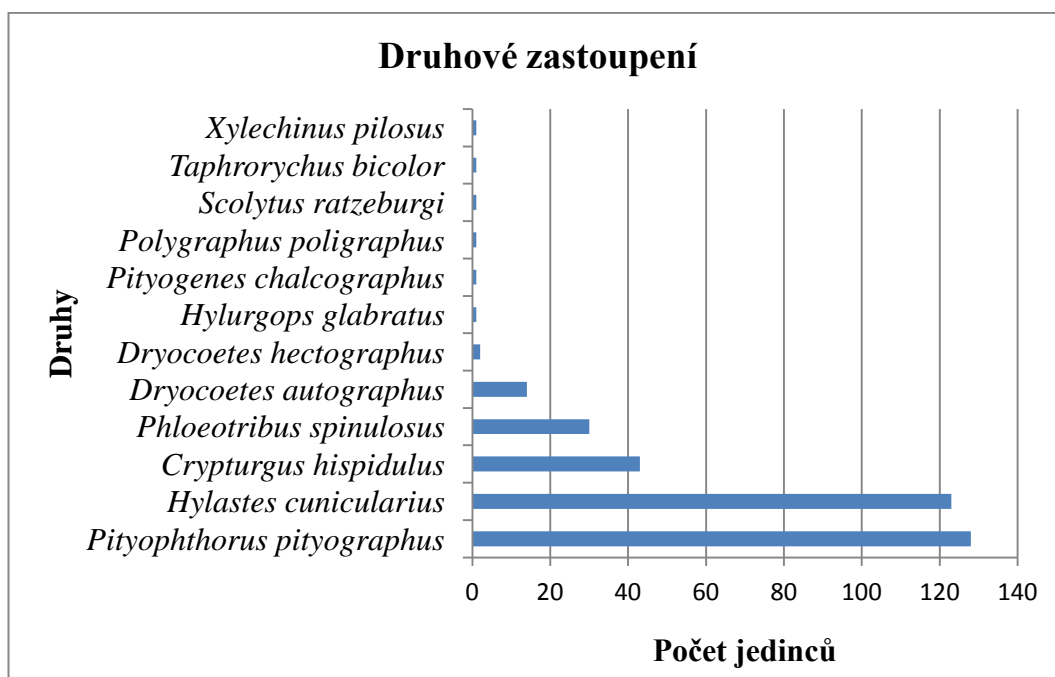
Pro základní statistické ukazatele (minimum, maximum, průměr) byl použit program MS Excel 2007.

Podrobnější statistické vyhodnocení bylo provedeno pomocí programu Statistica 13. Nejprve bylo potřeba ověřit normalitu dat. Pro zjištění normality rozdělení závislé proměnné byl použit Shapiro-Wilk test. Z jednotlivých testů normality vyšlo, že žádná z proměnných nemá normální rozdělení. Pro výpočet modelu každé závislé proměnné byl použit zobecněný lineární model (GLZ). V těchto modelech se testoval vliv nezávislých proměnných prostředí na jednotlivé závislé proměnné. Pro závislé proměnné počet druhů a počet jedinců bylo zvoleno Poissonovo rozdělení (Poisson log model). Pro ostatní závislé proměnné celková délka těla, šířka štítu, délka krovky a délka křídla bylo použito Gamma rozdělení. Do těchto zobecněných lineárních modelů byly jednotlivě vloženy závislé proměnné, kategoriální proměnná (typ pasti) a nezávislá proměnná prostředí (obvod, otevřenost zápoje, mrtvé dřevo a nadmořská výška). Následně byla provedena korelační analýza všech závislých proměnných veličin.

5. Výsledky

5.1. Počty a výsledky měření odchycených jedinců

Celkově bylo v pastech odchyceno 1840 jedinců z řádu brouků. Z toho při prvním výběru (30. 6. 2015) bylo odchyceno 971 brouků a při druhém výběru (7. 8. 2015) 869 brouků. Byla vytríděna podčeleď kůrovcovití (Scolytinae) o celkovém počtu 346 jedinců, z nichž bylo determinováno celkem 12 druhů (Graf č. 2). Průměrně bylo odchyceno 1,69 jedince na past u pěti nejpočetnějších druhů (Tab. č. 2).



Graf č. 2. Počty jedinců jednotlivých druhů kůrovců.

Nejpočetnějším odchyceným druhem byl *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg 1837) s celkovým počtem 128 jedinců. Druhý nejpočetnější druh byl *Hylastes cunicularius* (Erichson 1836) celkem 123 odchycenými jedinci. Dále se v pastech vyskytl druh *Crypturgus hispidulus* (Thomson 1870) s celkovým počtem 43 jedinců, *Phloeotribus spinulosus* (Rey 1883) s celkovým počtem 30 jedinců, *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg 1837) s celkovým počtem 14 jedinců. U druhu *Dryocoetes hectographus* (Reitter 1913) byly odchyceni pouze 2 jedinci a u druhů *Hylurgops glabratus* (Zetterstedt 1828), *Pityogenes chalcographus* (Linné 1761), *Polygraphus poligraphus* (Schedl 1955), *Scolytus ratzeburgi* (Janson 1856), *Taphrorychus bicolor* (Herbst 1793),

Xylechinus pilosus (Ratzeburg 1837) bylo odchyceno za sledované období po 1 jedinci.

U pěti nejpočetnějších druhů byly zjištěny základní statistické údaje z naměřených hodnot pro celkovou délku těla, šířku štítu, délku krovky a délku křídla (Tab. č. 3).

Z provedené korelační analýzy bylo zjištěno, že všechny závislé proměnné spolu korelují ($p < 0,05$). Druh jako jediná závislá proměnná koreluje méně než ostatní proměnné. Není tedy v tak silném vztahu s celkovou délkou těla, šířkou štítu, délkou krovky ani délkou křídla jako počet jedinců. Počet jedinců výrazně koreluje s celkovou délkou těla, šířkou štítu, délkou krovky a délkou křídla. Celková délka těla výrazně koreluje s počtem jedinců, šířkou štítu, délkou krovky a délkou křídla. Šířka štítu je výrazně provázána s počtem jedinců, celkovou délkou těla, délkou krovky a délkou křídla. Délka krovky je výrazně provázána s počtem jedinců, celkovou délkou těla, šířkou štítu a délkou křídla. Délka křídla výrazně koreluje s počtem jedinců, celkovou délkou, šířkou štítu a délkou krovky (Tab. č. 4).

Tab. č. 2. Průměr jedinců u pěti nejpočetnějších druhů na past.

Druhy	Celkový součet jedinců	Průměr na past
<i>Pityophthorus pityographus</i>	128	3,200
<i>Hylastes cunicularius</i>	123	3,075
<i>Crypturgus hispidulus</i>	43	1,075
<i>Phloeotribus spinulosus</i>	30	0,750
<i>Dryocoetes autographus</i>	14	0,350
Průměr na past u nejpočetnějších druhů		1,690

Tab. č. 3. Základní statistické údaje naměřených hodnot u pěti nejpočetnějších druhů v mm.

Druh	Parametr	Průměr	Minimum	Maximum
<i>Pityophthorus pityographus</i>				
	Celková délka	1,978	1,598	2,394
	Šířka štítu	0,554	0,459	0,657
	Délka krovky	1,066	0,871	1,301
	Délka křídla	2,505	2,052	3,035
<i>Hylastes cunicularius</i>				
	Celková délka	4,867	3,940	5,808
	Šířka štítu	1,343	1,102	2,613
	Délka krovky	2,688	1,285	3,112
	Délka křídla	5,588	4,628	6,325
<i>Crypturgus hispidulus</i>				
	Celková délka	1,721	1,402	2,940
	Šířka štítu	0,464	0,377	0,856
	Délka krovky	0,955	0,404	1,541
	Délka křídla	2,064	1,810	3,325
<i>Phloeotribus spinulosus</i>				
	Celková délka	2,446	1,937	3,192
	Šířka štítu	0,782	0,625	1,207
	Délka krovky	1,457	0,592	1,842
	Délka křídla	3,150	2,700	3,803
<i>Dryocoetes autographus</i>				
	Celková délka	4,206	3,531	4,799
	Šířka štítu	1,298	1,073	1,433
	Délka krovky	2,168	1,742	2,433
	Délka křídla	5,349	4,456	5,945

Tab. č. 4. Korelace závislých proměnných. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Proměnné	Druhy	Jedinci	Tělo	Štít	Krovka	Křídlo
Druhy	x	0,4398 p = 0,005	0,5386 p < 0,001	0,5378 p < 0,001	0,5753 p < 0,001	0,5148 p = 0,001
Jedinci		x	0,9563 p < 0,001	0,9627 p < 0,001	0,9207 p < 0,001	0,9583 p < 0,001
Tělo			x	0,9995 p < 0,001	0,9937 p < 0,001	0,9968 p < 0,001
Štít				x	0,9903 p < 0,001	0,9958 p < 0,001
Krovka					x	0,9898 p < 0,001
Křídlo						x

5.2. Vyhodnocení vlivu nezávislých proměnných na závislé proměnné

Druh

Nadmořská výška má statisticky průkazný vliv na počet druhů kůrovců v pastech. Tudíž se zvyšující se nadmořskou výškou roste počet druhů kůrovců (Tab. č. 5).

Tab. č. 5. Vliv nezávislých proměnných na druhovou bohatost. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Proměnné	Odhad	P
Obvod (cm)	0,0011	0,7140
Otevřenost zápoje (%)	0,0083	0,5290
Mrtvé dřevo (m ³)	0,0467	0,5616
Nadm. výška (m n. m.)	0,0028	0,0007
Typ pastí (pasivní)	0,0513	0,6915

Jedinci

Na počet jedinců byl prokazatelný vliv u všech sledovaných nezávislých proměnných. S rostoucím obvodem stromu roste počet jedinců. Se zvětšující se otevřeností zápoje počet jedinců roste. Se zvyšujícím se objemem mrtvého dřeva klesá počet odchycených jedinců. Se zvyšující se nadmořskou výškou

stoupá počet jedinců. Počet jedinců byl vyšší u nárazových pastí se žlutým štítkem (Tab. č. 6).

Tab. č. 6. Vliv nezávislých proměnných na počet jedinců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Proměnné	Odhad	P
Obvod (cm)	0,0060	0,0001
Otevřenost zápoje (%)	0,0843	P < 0,0001
Mrtvé dřevo (m³)	-0,2485	P < 0,0001
Nadm. výška (m n. m.)	0,0035	P < 0,0001
Typ pastí (pasivní)	-0,4775	P < 0,0001

Celková délka

S narůstajícím obvodem stromu se snižuje celková délka kůrovců. Se zvyšující se otevřeností zápoje roste celková délka kůrovců. Se zvyšujícím se objemem mrtvého dřeva klesá celková délka kůrovců. Se zvyšující se nadmořskou výškou roste celková délka kůrovců. Aktivní pasti obsahovaly kůrovce s vyšší celkovou délkou těla (Tab. č. 7).

Tab. č. 7. Vliv nezávislých proměnných na celkovou délku kůrovců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Proměnné	Odhad	P
Obvod (cm)	-0,0077	0,0185
Otevřenost zápoje (%)	0,0549	0,0006
Mrtvé dřevo (m³)	-0,2260	0,0402
Nadm. výška (m n. m.)	0,0024	0,0307
Typ pastí (pasivní)	-0,3078	0,0424

Šířka štítu

Se zvyšujícím se obvodem stromu se snižuje šířka štítu. S větší otevřeností zápoje se zvyšuje šířka štítu. Se zvyšujícím se množstvím mrtvého dřeva se zmenšuje šířka štítu. S rostoucí nadmořskou výškou se zvětšuje šířka štítu. Pasivní pasti obsahovaly kůrovce s menší šířkou štítu (Tab. č. 8).

Tab. č. 8. Vliv nezávislých proměnných na šířku štítu kůrovců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Proměnné	Odhad	P
Obvod (cm)	-0,0075	0,0219
Otevřenost zápoje (%)	0,0544	0,0006
Mrtvé dřevo (m³)	-0,2261	0,0383
Nadm. výška (m n. m.)	0,0024	0,0310
Typ pastí (pasivní)	-0,2969	0,0482

Délka krovky

Se zvětšujícím se obvodem stromu se zmenšuje délka krovky. S větší otevřeností zápoje se zvětšuje délka krovky. S rostoucím množstvím mrtvého dřeva se zmenšuje délka krovky. S rostoucí nadmořskou výškou se délka krovky zvětšuje. U jedinců z pasivních pastí byla délka krovky menší (Tab. č. 9).

Tab. č. 9. Vliv nezávislých proměnných na délku krovky kůrovců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Proměnné	Odhad	P
Obvod (cm)	-0,0075	0,0208
Otevřenost zápoje (%)	0,0517	0,0012
Mrtvé dřevo (m³)	-0,2181	0,0461
Nadm. výška (m n. m.)	0,0025	0,0259
Typ pastí (pasivní)	-0,3295	0,0287

Délka křídla

U délky křídla kůrovců byly signifikantní následující proměnné. S rostoucím obvodem stromu se snižuje délka křídla. Se zvyšující se otevřeností zápoje se zvětšuje délka křídla. Se zvyšujícím se objemem mrtvého dřeva se délka křídla snižovala (Tab. č. 10).

Tab. č. 10. Vliv nezávislých proměnných na délku křídla kůrovců. Signifikantní vliv je zvýrazněn tučně.

Proměnné	Odhad	P
Obvod (cm)	-0,0075	0,0289
Otevřenost zápoje (%)	0,0542	0,0012
Mrtvé dřevo (m³)	-0,2245	0,0498
Nadm. výška (m n. m.)	0,0022	0,0580
Typ pastí (pasivní)	-0,2858	0,0698

6. Diskuze

Na počet druhů kůrovců v horských smrkových lesích byl statisticky prokázán vliv nadmořské výšky, kdy se zvyšující se nadmořskou výškou roste počet druhů kůrovců. Toto tvrzení dosvědčuje Pfeffer (1955), který uvádí, že nejvíce druhů kůrovců se vyskytuje především v pásmu pahorkatin a v pásmu horských lesů než v pásmu nížin. Vliv nadmořské výšky byl statisticky průkazný také na počet jedinců, kdy se zvyšující se nadmořskou výškou se zvyšuje i počet jedinců kůrovců. Pravděpodobně je to způsobeno vhodným prostředím s ideálními podmínkami způsobenými disturbancemi v horských lesích a výskytem druhů kůrovců, které jsou adaptovány na život v těchto podmínkách. Weslien (1989) poukazuje na vysokou míru přistěhovalectví u kůrovců a na jejich vysokou disperzalitu. Je tedy možné, že se za vhodnými podmínkami přistěhovalo více jedinců kůrovců. Nejspíše se tyto vhodné podmínky vytvořily v rámci historického hlediska, kdy do přirozeného vývoje horských smrkových lesů zasáhla antropogenní činnost, která narušila přirozený koloběh těchto lesů (Skuhravý 2002).

Všechny odchycené druhy kůrovců se shodují s druhy, které Pfeffer (1955) uvádí jako horské druhy a také s druhy, které uvádí Zelený a Doležal (2004) mezi druhy vyskytující se na Šumavě na smrku. Všech pět nejpočetnějších odchycených druhů je vázáno na smrk (Pfeffer 1955). Poměrně překvapivým výsledkem v rámci druhového zastoupení je, že na dané lokalitě byl odchycen pouze jediný zástupce druhu *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus 1761), který je uváděn jako kalamitní druh ve vyhláše ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb. Výsledky se však liší i v rozšíření výskytu ostatních druhů. Ve výrazně vyšší míře nebyl odchycen žádný z druhů, které uvádí Pfeffer (1955) jako nejhojnější v těchto horských polohách. Jsou to druhy *Hylurgops palliatus* (Gyllenhal 1813), *Xyloterus lineatus* (Olivier 1795), *Ips typographus* (Linnaeus 1758), *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus 1761) a *Ips amitinus* (Eichhoff 1871). Naopak nejvíce se vyskytovaly tyto druhy: *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg 1837), *Phloeotribus spinulosus* (Rey 1883), které jsou uváděny Pfefferem (1955) jako hojné druhy a druhy *Hylastes cunicularius* (Erichson 1836), *Crypturgus hispidulus* (Thomson 1870) a *Dryocoetes autographus*

(Ratzeburg 1837) uvádí jako méně hojně. Tato skutečnost může být vysvětlena tím, že každý druh kůrovce preferuje různé části stromu, které jsou vhodné pro jejich vývoj. Tyto preference mohou zároveň reflektovat, v jakém stavu je porost, tedy jak moc je porost narušený (Jakuš a kol. 2015). Nejhojnější druhy horských poloh, které uvádí Pfeffer (1955), preferují jiné části stromu než druhy, které byly odchyceny na sledovaných lokalitách. Druhy *Hylurgops palliatus* (Gyllenhal 1813), *Xyloterus lineatus* (Olivier 1795) a *Ips typographus* (Linnaeus 1758) jsou uváděny jako druhy soustřeďující se především na spodní či střední část kmene a druhy *Pityogenes chalcographus* (Linnaeus 1761) a *Ips amitinus* (Eichhoff 1871) se soustředí převážně na horní části kmenů a vrcholky stromů. Nejpočetnější odchycené druhy *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg 1837) a *Phloeotribus spinulosus* (Rey 1883) se specializují převážně na větve. Druhy *Hylastes cunicularius* (Erichson 1836), *Crypturgus hispidulus* (Thomson 1870) a *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg 1837) preferují především pařezy a kořeny. Preference větví a kořenů může poukazovat na to, že porost je již natolik narušený, že nevyhovuje druhům, které se soustředí především na kmeny stromů. Tato skutečnost může poukazovat také na statisticky prokázaný vliv mrtvého dřeva na počet odchycených jedinců, kdy se zvyšujícím se množstvím mrtvého dřeva klesá počet jedinců. Zároveň výskyt mrtvého dřeva může vyhovovat predátorům nebo broukům žijícím ve spojení s mrtvým dřevem, kteří mohou v rámci kompetičních vztahů kůrovcové brouky vytlačovat (Doležalová a Horák 2010). Naopak s rostoucím obvodem stromu se počet jedinců zvyšuje. Tento vliv se dá vysvětlit tím, že s narůstajícím objemem stromu se zvětšuje i celková biomasa potenciální potravy a prostoru k úspěšnému vývoji kůrovce a tudíž i zvětšení populace. Vliv obvodu kmene na výskyt kůrovcovitých brouků byl prokázán v lesích narušených abiotickými disturbancemi (Rasmussen a kol. 1996). Na počet jedinců působí stejně kladně i otevřenost zápoje. Tento vliv byl prokázán jako významný pro brouky vázané na dřevo (Horák a Rébl 2013). Na osluněných plochách by měla být vyšší teplota, než na plochách s uzavřeným korunovým zápojem. Teplota v těchto nadmořských výškách je nižší než v nížinách. Právě teplota významně ovlivňuje nárůst početnosti kůrovců zejména v jarních měsících (duben, květen, červen), kdy časný nástup vyšších teplot

prodlužuje vegetační období a zvýšené teploty v průběhu tohoto období umožňují vyšší gradaci kůrovců (Skuhravý 2002). Poslední signifikantní proměnnou na početnost kůrovců byl typ pasti. V pastech se žlutým štítkem byla početnost jedinců vyšší. Francese a kol. (2008) ve své studii uvádí, že barva pasti signifikantně ovlivňovala početnost. Také bylo zjištěno, že početnost ovlivňovala i barva pasti (fialová barva byla úspěšnější oproti červené a bílé barvě). Strom a Goyer (2001) se ve své studii zabývaly tím, jaká barva je pro kůrovce nejatraktivnější. Nejméně na kůrovce působila bílá a žlutá barva. Naopak tmavší barvy byly bez ohledu na odstín (černá, hnědá, šedá, modrá, zelená a červená) pro kůrovce nejlákavější. Pasti s tmavou siluetou mohou pro kůrovce lépe představovat strom a nejspíš proto jsou pro ně lákavější. I přes to, že žlutá nebyla tolik atraktivní v jiných výzkumech, byla úspěšnější než průhledné pasti.

U jednotlivých druhů je možné srovnat pouze průměrné celkové délky změřené na odchytených jedincích s Pfefferem (1989). U druhu *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg 1837) je průměrná délka všech odchytených jedinců 1,978 mm. Pfeffer (1989) uvádí velikost 1,1-1,7 mm. Druh *Hylastes cunicularius* (Erichson 1836) má u odchytených jedinců průměrnou délku 4,867 mm oproti tomu Pfeffer (1989) uvádí velikost 3,5-4,4 mm. U druhu *Crypturgus hispidulus* (Thomson 1870) byla zjištěna průměrná délka 1,721 mm, přičemž Pfeffer (1989) uvádí velikost 1,1-1,3 mm. Průměrná délka odchytených jedinců *Phloeotribus spinulosus* (Rey 1883) je 2,446 mm. Pfeffer (1989), uvádí velikost 1,7-2,5 mm. Posledním nejpočetnějším druhem, u kterého byla spočítána průměrná délka 4,206 mm, byl *Dryocoetes autographus* (Ratzeburg 1837). Pfeffer (1989) u tohoto druhu uvádí 3-4 mm. Toto srovnání může být poněkud nepřesné z důvodu nestálosti těl, která se natahovala a roztahovala díky naložení do solného roztoku. Z tohoto důvodu se délky mohou mírně lišit. Proto byly voleny i další stabilnější proměnné, které však není možné porovnat s jinými autory.

Na všechny závislé proměnné změřené na odchytených jedincích (tj. celková délka, šířka štítu, délka krovky a délka křídla) byly statisticky signifikantní všechny proměnné prostředí (tj. obvod, otevřenost zápoje, množství mrtvého dřeva, nadmořská výška a typ pasti). Výjimku tvořila délka křídla, která nebyla signifikantní s nadmořskou výškou a typem pasti, což mohlo být

zapříčiněno v důsledku absence křídel u některých jedinců. Z hlediska vzájemné korelace všech závislých proměnných a stejných výsledků reakcí těchto proměnných na vliv prostředí bude dále porovnáván vliv prostředí na všechny závislé zároveň. U narůstajícího obvodu stromu byl statisticky průkazný vliv na snižující se velikost kůrovců. Tato skutečnost by mohla být vysvětlena výskytem jedinců nejpočetnějšího druhu *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg 1837), který dosahuje menších rozměrů, než zbylé odchycené druhy. Statisticky průkazný je i vliv otevřenosti zápoje, kdy s větší otevřeností korunového zápoje, se zvětšuje velikost kůrovců. Lze předpokládat, že na osluněných plochách je vyšší teplota, která napomáhá k lepšímu vývoji kůrovců, tedy i k jejich větší velikosti.

Na velikost kůrovců je obdobný vliv množství mrtvého dřeva jako na početnost, kdy se zvětšujícím se množstvím mrtvého dřeva se snižuje velikost kůrovců. Lze předpokládat, že na plochách s velkým množstvím mrtvého dřeva se již nevyskytují stromy, které jsou vhodné pro další vývoj generace kůrovců větších rozměrů, za předpokladu, že větší kůrovci potřebují více potravy pro vývoj. Nebo lze také předpokládat, že většina kůrovců je floeofágních tzn. lýkožravých a mrtvé dřevo, které se nachází na lokalitách je příliš staré a nevyhovující pro větší kůrovce (Doležalová a Horák 2010). Dalším vlivem je nadmořská výška, která nebyla signifikantní pouze v případě délky křídla. Poměrně překvapivým výsledkem je, že s rostoucí nadmořskou výškou se zvětšuje délka těla, šířka štítu a délka krovky. Pfeffer (1955) uvádí ve vyšších nadmořských výškách spíše druhy menších rozměrů (z odchycených druhů): *Pityophthorus pityographus* (Ratzeburg 1837) a *Phloeotribus spinulosus* (Rey 1883). V proměnných, které bereme v úvahu, to není zohledněno. Tudíž je třeba se ohlédnout po nějakých historických událostech, díky kterým se do vyšších nadmořských výšek přesunuly druhy větších velikostí z nižších nadmořských výšek. Může to být vysvětleno špatným hospodařením v minulosti nebo narůstajícím problémem horských smrkových lesů – imisemi (Skuhřavý 2002). Dalším vysvětlením by mohla být i větší otevřenost korunového zápoje, kdy na osluněných plochách jsou vyšší teploty. Posledním vlivem byl typ pasti, který nebyl signifikantní v případě délky křídla, ale statisticky průkazný byl u celkové

délky, šířky štítu a délky krovky. Poměrně zajímavý výsledek je to, že pasti se žlutou deskou obsahovaly kůrovce s větší celkovou délkou, šířkou štítu a délkou krovky. Tento výsledek může být vysvětlen tím, že větší kůrovci se soustředili spíše na pařezy a spodní části stromu, kde byly umíst'ovány pasti (horní okraj pasti byl maximálně ve výšce 2 metrů). Na rozdíl od kůrovců menších rozměrů, kteří se soustředili spíše na větve a koruny stromů.

7. Závěr

Pro sledování vlivu prostředí na kůrovcovité brouky byly vybrány lokality spadající zejména do bezzásahových oblastí v horských smrkových lesích. Tyto lesy se nacházejí v NP Šumava v okolí obce Prášily. Na vybrané lokality byly umístěny dvojice nárazových pastí, z toho byla jedna pasivní a jedna aktivní. Aktivní past se lišila od pasivní tím, že její součástí byla žlutá deska. Typ pasti byla jedna z proměnných, u které se sledoval vliv na kůrovcovité brouky. Ve výsledcích bylo zjištěno, že aktivní pasti mají na kůrovcovité brouky vliv. Do aktivních pastí se chytilo více jedinců kůrovců a také kůrovci s větší celkovou délkou těla, šířkou štítu a délkou krovek. Pro příští výzkum, bych navrhla pouze změnu barvy štítku ze žluté na tmavější, kvůli lepší efektivitě sběru. Jinak bych metodu nárazových pastí označila za vhodnou.

Na monitorovaných plochách se vyskytovali pouze druhy kůrovců, které jsou vázány na smrk. Avšak zajímavým zjištěním bylo, že nebyl odchycen ani jeden zástupce druhu *Ips typographus*, který je ve spojení s kalamitami na území NP Šumava nejvíce zmiňován. Toto zjištění poukazuje na to, že by se měla věnovat pozornost i druhům, které jsou méně známé.

Na sledovaných lokalitách byly definovány ještě čtyři další proměnné, u kterých byl sledován vliv na kůrovcovité brouky. První proměnnou byl obvod stromu, na kterém byla umístěna past. Počet jedinců u stromů s větším obvodem se zvyšoval a velikost brouků se naopak snižovala. Dalším vlivem byla otevřenost zápoje, kdy při větší otevřenosti zápoje se zvyšoval počet brouků a zvětšovala se i velikost brouků. Zvýšené množství mrtvého dřeva ovlivňovalo negativně počet jedinců. Velikost brouků se za přítomnosti většího množství mrtvého dřeva také snižovala. Poslední proměnnou prostředí, která měla nejvýznamnější vliv na kůrovcovité brouky, byla nadmořská výška. Ta se projevila jako jediná proměnná, která ovlivňuje druhové složení kůrovců. Ve vyšších nadmořských výškách se totiž vyskytovalo více druhů kůrovců. S rostoucí nadmořskou výškou se také zvyšoval počet jedinců, celková délka brouka, šířka štítu a délka krovky.

Na lokalitách s větším množstvím mrtvého dřeva se vyskytovali především menší kůrovcovití brouci, kteří pro les nejsou takovou hrozbou, jakou by mohli představovat brouci větších rozměrů. Počet jedinců na lokalitách s větším

množstvím mrtvého dřeva zároveň klesal. Tento fakt ukazuje na to, podle jakého druhu managementu lesa, by se mělo v horských smrkových lesích hospodařit. V těchto oblastech bych velmi doporučovala bezzásahový přístup, který prospívá přirozenému vývoji a regeneraci horských smrčín. Ponechané mrtvé dřevo v porostu a menší otevřenost zápoje prokazatelně snižuje počet kůrovcovitých brouků v porostu.

8. Seznam literatury a použitých zdrojů

BAČE R., JANDA P., SVOBODA M. 2009. Vliv mikrostanoviště a horního stromového patra na stav přirozené obnovy v horském smrkovém lese na Trojmezí. *Silva Gabreta*. 15(1). Strany 67-84.

BRÁZDIL R., DOBROVOLNÝ P., ŠTEKL J., KOTYZA O., VALÁŠEK H., JEŽ J. 2004. *History of weather and climate in the Czech Lands VI: Strong winds*. Brno: Masaryk University. 378 stran. ISBN 80-210-3547-1.

DOLEŽALOVÁ K., HORÁK J. 2010. Společenstva bezobratlých vázaná na mrtvé dřevo. *Lesnická práce*. 9. Strany 24-25.

FISHER A., LINDNER M., ABS C., LASCH P. 2002. Vegetation dynamics in central european forest ecosystems (near-natural as well as managed) after storm events. *Folia Geobotanica*. 37(1). Strany 17-32.

FORMÁNEK R. 1907. *Kůrovci v Čechách a na Moravě žijící*. Praha: Česká společnost entomologická. 56 stran.

FRANCESE J. A., OLIVER J. B., FRASER I., LANCE D. R., YOUSSEF N., SAWYER A. J., MASTRO V. C. 2008. Influence of trap placement and design on capture of the emerald ash borer (Coleoptera: Buprestidae). *Journal of Economic Entomology*. 101(6). Strany 1831-1837.

FRELICH, L. E. 2002. *Forest dynamics and disturbance regimes: studies from temperate evergreen-deciduous forests*. Cambridge: Cambridge University Press. 266 stran.

GOHEEN D. J., HANSEN E. M. 1993. Effects of pathogens and bark beetles on forests. V *Beetle-Pathogen Interactions in Conifer Forests*. T. D. Schowalter and G. M. Filip (ed.). London: Academic Press. Strany 175-196.

HORÁK, J., RÉBL K. 2013. The species richness of click beetles in ancient pasture woodland benefits from a high level of sun exposure. *Journal of Insect Conservation*. 17(2). Strany 307-318.

HŮRKA K. 2005. *Brouci České a Slovenské republiky*. Zlín: Kabourek. 390 stran. ISBN 80-86447-11-1.

JAKUŠ R., CUDLÍN P., SLIVINSKÝ J., MEZEI P., MAJDÁK A., BLAŽENEC M. 2015. *Hodnotenie zdravotného stavu smreka vo vzťahu k náletu podkôrneho hmyzu a k odumieraníu lesa*. Zvolen: Ústav ekológie lesa, Slovenská akadémia ved. 151 stran. ISBN 978-80-89408-22-1.

JONÁŠOVÁ M. 2001. Regenerace horských smrčín na Šumavě po velkoplošném napadení lýkožroutem smrkovým. V *Aktuality šumavského výzkumu*. Mánek J. (eds.). Srní: Správa NP a CHKO Šumava. Strany 161-165.

KŘÍSTEK J., URBAN J. 2013. *Lesnická entomologie*. Praha: Academia. Strany 363-370. ISBN 978-80-200-2237-0.

KŘÍSTEK Š., HOLUŠA J. 2014. Abiotické poškození smrkových porostů ve střední Evropě: příkladová studie sněhových polomů z let 2005-2011 v Moravskoslezských Beskydech. *Lesnícky časopis - Forestry Journal*. 60(4). Strany 214-222.

LEEMANS R., PRENTICE I. C. 1987. Description and simulation of tree-layer composition and size distributions in a primaeval Picea-Pinus forest. *Vegetatio*. 69(1). Strany 147-156.

MATĚJKA K. 2013. Dynamika lesa a krajiny jako podklad pro zonaci národního parku, aneb co chceme od ochrany přírody v NP [online]. *Information and data system*. Dostupné z: http://www.infodatasy.cz/public/Lesnik21_2013km.pdf. [cit. 2016-04-08].

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. 1996. Vyhláška č. 101/1996 Sb., kterou se stanoví podrobnosti o patření k ochraně lesa a vzor služebního odznaku a vzor průkazu lesní stráže [online]. *Zákony pro lidi*. Ze dne 28. března 1996. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1996-101>. [cit. 2016-04-08].

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ ČR. 2013. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodaření České republiky v roce 2013*. Praha: MZe ČR. Strany 36-40. ISBN: 978-80-7434-153-3.

MODLINGER R., HOLUŠA J., LIŠKA J., KNÍŽEK M. 2009. Stav populace lýkožrouta smrkového *Ips typographus* (L.) v NPR Žofínský prales (Novohradské hory, Česká republika). *Silva Gabreta*. 15(2). Strany 143–154.

- MUSIL I., HAMERNÍK J.** 2003. *Lesnická dendrologie 1. Jehličnaté dřeviny*. Praha: Česká zemědělská univerzita. 177 stran. ISBN 80-213-0992-X – 2. ed.
- MUSIL I., MÖLLEROVÁ J.** 2005. *Listnaté dřeviny. (Lesnická dendrologie 2.)* Praha: Česká zemědělská univerzita. 216 stran. ISBN 80-213-1367-6.
- NELSON W. A., LEWIS M. A.** 2008. Connecting host physiology to host resistance in the conifer-bark beetle system. *Theoretical Ecology*. 1(3). Strany 163-177.
- PFEFFER A.** 1955. *Fauna ČSR. Svazek 6. Kůrovci – Scolytoidea*. Praha: Československá Akademie Věd. 324 stran.
- PFEFFER A.** 1989. *Kůrovcovití a jádrohlodovití*. Praha: Academia. 140 stran. ISBN 80-200-0089-5.
- PLÍVA K.** 1987. *Typologický klasifikační systém ÚHUL*. Brandýs nad Labem: ÚHUL. 52 stran.
- PODRÁZSKÝ V.** 1999. *Dynamika a management lesních ekosystémů I. Ekologie lesa*. Praha: Česká zemědělská univerzita. Strany 32-37.
- RASMUSSEN L. A., AMMAN G. D., VANDYGRIFF J. C., OAKES R. D., MUNSON A. S., GIBSON K. E.** 1996. Bark beetle and wood-borer infestation in the Greater Yellowstone Area during four postfire years. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, *Research Paper*. 487. 9 stran.
- SCHELHAAS M. J., NABUURS G. J., SCHUCK A.** 2003. Natural disturbances in the European forests in the 19th and 20th centuries. *Global Change Biology*. 9(11). Strany 1620-1633.
- SKUHRAVÝ V.** 2002. *Lýkožrout smrkový (Ips typographus L.) a jeho kalamity*. Praha: Agropoj. 196 stran. ISBN 80-7084-238-5.
- STROM B. L., GOYER R. A.** 2001. Effect of silhouette color on trap catches of *Dendroctonus frontalis* (Coleoptera: Scolytidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 94(6). Strany 948-953.

SVOBODA M. 2005. Struktura horského smrkového lesa v oblasti Trojmeznné ve vztahu k historickému vývoji a stanovištním podmínkám. *Silva Gabreta*. 11(1). Strany 43-62.

SVOBODA M., ZENÁHLÍKOVÁ J. 2009. Historický vývoj a současný stav lesa v NP Šumava kolem „Kalamitní svážnice“ v oblasti Trojmeznné. *Příroda*. 28(1). Strany 71-122.

VOJTĚCH O., KŘENOVÁ Z., RASTISLAV J. 2013. Species of bark Beetles (Scolytinae) collected in the Bohemian Forest at Smrčina/Hochficht two years after the Kyrill hurricane. *Silva Gabreta*. 19(3). Strany 149-164.

VYSKOT M. 1981. *Československé pralesy*. Praha: Academia. Strany 15-73.

WERMELINGER B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus* – a review of recent research. *Forest Ecology Management*. 202. Strany 67-82.

WESLIEN J., LINDELÖW Å. 1989. Trapping a local population of spruce bark Beetles *Ips typographus* (L.): Population size and origin of trapped beetles. *Holarctic Ecology*. 12(4). Strany 511-514.

ZELENÝ J., DOLEŽAL P. 2004. Kůrovcovití brouci (Scolytidae, Coleoptera) na smrku na Šumavě. V *Aktuality šumavského výzkumu II*. Dvořák L. a Šustr P. (eds.). Srní: Správa NP a CHKO Šumava. Strany 221-223.