

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Srovnání metod odchyту mravenců vázaných na mrtvé dřevo
Comparison of methods used for trapping of saproxylic ants

Bakalářská práce

Autor práce: Bc. Marie Válová

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

2020

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Marie Válová

Lesnictví
Konzervace přírodnin a taxidermie

Název práce

Srovnání metod odchyту mravenců vázaných na mrtvé dřevo

Název anglicky

Comparison of methods used for trapping of saproxylic ants

Cíle práce

Srovnat minimálně čtyři metody odchyту mravenců v polopřirozeném lesním ekosystému s vyšším zastoupením mrtvého dřeva.

Metodika

1. Vytvořit si rešerši odchyťových metod mravenců.
2. Vybrat nejvhodnější metody odchyту.
3. Provést jednosezónní výzkum ve vhodném ekosystému (viz cíle).
4. Statisticky vyhodnotit a porovnat výsledky odchyťů napříč metodami.

Doporučený rozsah práce

30 s.

Klíčová slova

saproxylické organismy, lesní ekosystém, pasti, pozorování

Doporučené zdroje informací

- Boucher, P., Hébert, C., Francoeur, A., & Sirois, L. (2015). Postfire Succession of Ants (Hymenoptera: Formicidae) Nesting in Dead Wood of Northern Boreal Forest. *Environmental Entomology*, 44(5), 1316-1327.
- Mitchell, C. E., Turner, M. G., & Pearson, S. M. (2002). Effects of historical land use and forest patch size on myrmecochores and ant communities. *Ecological Applications*, 12(5), 1364-1377.
- Sanders, C. J. (1970). The Distribution of Carpenter Ant Colonies in the Spruce-Fir Forests of Northwestern Ontario. *Ecology*, 51(5), 865-873.
- Stokland, J. N., Siitonen, J., & Jonsson, B. G. (2012). *Biodiversity in dead wood*. Cambridge University Press.
- Véle, A., Holuša, J., & Frouz, J. (2009). Sampling for ants in different-aged spruce forests: a comparison of methods. *European Journal of Soil Biology*, 45(4), 301-305.
- Véle, A., Holuša, J., & Horák, J. (2016). Ant abundance increases with clearing size. *Journal of Forest Research*, 21(2), 110-114.
-

Předběžný termín obhajoby

2019/20 LS – FLD

Vedoucí práce

doc. Bc. Ing. Jakub Horák, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Konzultant

RNDr. Adam Véle, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 17. 1. 2019

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 9. 2. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 10. 06. 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Srovnání metod odchyty mravenců vázaných na mrtvé dřevo, vypracovala samostatně pod vedením doc. Bc. 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:

Marie Válová

Poděkování:

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé práce doc. Bc. Ing. Jakubu Horákovi, Ph.D., za jeho ochotu a pomoc kdykoliv během naší spolupráce. Za spolupráci na výzkumu děkuji i panu RNDr. Adamu Vélemu, Ph.D. Děkuji správě Krkonošského národního parku, která mi výzkum umožnila. A zároveň chci poděkovat za podporu a pomoc během terénních výzkumů svému příteli a rodině.

Abstrakt

Mravencovití (Formicidae) patří mezi ekologicky významnou a často studovanou skupinu bezobratlých. Na druhou stranu, efektivita inventárních metod pro studium a hodnocení druhové bohatosti mravenců, není vždy ideální.

Cílem práce bylo vyhodnotit úspěšnost různých metod odchytu pro saproxylické druhy mravenců. Ve výzkumu byly využity čtyři metody potenciálně vhodné pro odchyt mravenců, a to: zemní pasti, kmenové nárazové pasti, návnady a ruční sběr. Všechny tyto metody byly ve vegetační sezóně roku 2018 aplikovány v oblasti Dívčí stráně, severně od Špindlerova Mlýna (Krkonošský národní park).

Výsledkem bylo zjištění výskytu tří druhů mravenců, a to *Camponotus herculeanus*, *Formica fusca* a *Myrmica ruginodis*. Pro odchyt jediného saproxylického druhu: mravence obrovského (*C. herculeanus*), se jako nejúspěšnější ukázaly pasti zemní, stejně jako pro *Myrmica ruginodis*. Pro sledování druhové diverzity mravenců byly signifikantně nejlepší kmenové nárazové pasti. Vzorky z návnad sice zahrnovaly pouze jedince čeledi Formicidae, ale průměrně v menší početnosti. Jako nejméně úspěšný se projevil ruční sběr, který nepřinesl žádné výsledky, i když je v myrmekologické praxi hojně využíván.

Překvapivým zjištěním byla hlavně efektivita nárazových pastí ve srovnání s malou úspěšností běžně myrmekology používaných návnad a ručního sběru. Za tento neúspěch může nejspíše chladné počasí na lokalitě. Tyto metody by bylo vhodnější aplikovat v prostředí s větší aktivitou mravenců, ve dnech s příznivými podmínkami počasí.

Klíčová slova:

Mravenci, Formicidae, zemní past, kmenová nárazová past, návnady, přímý sběr

Abstract

Ants (Formicidae) belong to the ecologically important and often studied group of invertebrates. On the other hand, the effectiveness of inventory methods for studying and evaluating the species richness of ants is not always ideal.

The aim of the work was to evaluate the success of different trapping methods for saproxylic ant species. The research used four methods potentially suitable for capturing ants, namely: pitfall traps, trunk traps, baits and direct sampling. All these methods were applied in the vegetation season of 2018 in the area Dívčí stráně, north of Špindlerův Mlýn (The Krkonoše Mountains National Park).

The result was the detection of three species of ants, namely *Camponotus herculeanus*, *Formica fusca* and *Myrmica ruginodis*. For the capture of a single saproxylic species *C. herculeanus*, pitfall traps proved to be the most successful, as did *Myrmica ruginodis*. The trunk traps were significantly the best for monitoring the species diversity of ants. Samples from baits included only individuals of the family Formicidae, but on average in smaller numbers. Direct sampling proved to be the least successful, yielding no results, although it is widely used in myrmecological practice.

The surprising finding was mainly the effectiveness of the trunk traps in comparison with the low success of commonly used baits and direct sampling. This failure is most likely due to the cold weather on the site. These methods would be more suitable to apply in an environment with greater activity of ants, on days with favorable weather conditions.

Keywords:

Ants, Formicidae, pitfall trap, trunk trap, baits, direct sampling

Obsah

1. Úvod.....	10
2. Cíle práce	10
3. Literární rešerše	11
3.1. Mravenci.....	11
3.2. Metody odchyty mravenců	12
3.2.1. Zemní past.....	12
3.2.2. Kmenová nárazová past	13
3.2.3. Potravní návnady.....	14
3.2.4. Přímý sběr	15
4. Metodika	17
4.1. Studovaná lokalita	17
4.2. Odběr vzorků	19
4.3. Zemní pasti	19
4.4. Kmenové nárazové pasti.....	20
4.5. Potravní návnady	21
4.6. Přímý sběr.....	21
4.7. Třídění a zakonzervování	22
4.8. Zpracování dat	22
5. Výsledky	24
5.1. Účinnost pastí v závislosti na počtu druhů v pastech	25
5.2. Účinnost pro <i>Camponotus herculeanus</i>	26
5.3. Účinnost pro <i>Myrmica ruginodis</i>	27
5.4. Účinnost pro <i>Formica fusca</i>	28
6. Diskuze	29
6.1. Zhodnocení jednotlivých metod odchyty	29
6.2. Odchycené druhy čeledi Formicidae	33
7. Závěr	35
8. Zdroje.....	36
8.1. Mapové servery	42

Seznam tabulek, grafů a obrázků:

Tab.1.: Součet jednotlivců od každého druhu v použitých pastech.....	24
Graf 1.: Přítomnost druhů v jednotlivých pastech.....	25
Graf 2.: Účinnost pastí pro druh <i>Camponotus herculeanus</i>	26
Graf 3.: Účinnost pastí pro druh <i>Myrmica ruginodis</i>	27
Obr. 1. Zemní past.....	13
Obr. 2. Kmenová nárazová past.....	14
Obr. 3. Potravní návnada.....	15
Obr. 4. Exhaustor.....	16
Obr. 5. Mapa se zákresem studovaných ploch.....	18
Obr. 6. Pohled z Dívčí stráně.....	18
Obr. 7. Zemní past - použitá ve výzkumu.....	19
Obr. 8. Kmenová nárazová past - použitá ve výzkumu.....	20
Obr. 9. Potravní návnada - použitá ve výzkumu.....	21
Obr. 10. Exhaustor a pinzeta pro přímý sběr - použité ve výzkumu.....	22

1. Úvod

Mravenci jsou ekologicky významným a dominantním prvkem ve všech terestriálních prostředí světa. Nejen z tohoto důvodu je důležitý vývoj rychlých a přesných metod výzkumu pro studium jejich systematiky a biogeografie. (Agosti et al. 2000)

Odběr vzorků hmyzu, i když je založen na standardních technikách ekologického sčítání, nemusí být vždy nejsnazší. Vzhledem k malé velikosti většiny hmyzích druhů, různým životním cyklům, rychlým změnám v populačních hustotách a důmyslnému přizpůsobení se stanovišti, čelí entomologové poněkud odlišným problémům, které ekology savců nebo rostlin netrápí. (Leather, 2005)

Spolehlivý odběr vzorků hmyzu je poměrně obtížný a vzorkování mravenců nezůstává výjimkou. Je popsáno mnoho různých způsobů odchyty mravenců (Romero; Jaffe, 1989). Ať už se jedná o zemní pasti, ruční sběr, návnady, Winklerovy pytle na listový opad (Agosti et al. 2000), plynování korun stromů (Majer, 1990), nebo méně používané kmenové nárazové pasti (Hyvärinen et al. 2006; Horáková; Horák, 2010). Některé jsou vhodnější pro pozemní druhy mravenců, jiné pro mravence v korunách stromů. Stejně tak jsou vázány na různé podmínky prostředí, které jsou pro jejich použití signifikantní. A v neposlední řadě může být rozdílem mezi jednotlivými metodami cena a časová náročnost aplikace.

Výběr metody odchyty při zkoumání hmyzu, může mít obrovský vliv na výsledek práce a je nepopíratelně důležitou součástí každé vědecké práce. Mou snahou bylo získat přehled nad záludnostmi v odchyty mravenců, stejně tak jako nad specifiky sběru saproxylických druhů mravenců.

2. Cíle práce

Cílem práce bylo navrhnout čtyři metody odchyty vhodné pro mravence a založit výzkum v lesním ekosystému s vyšším zastoupením mrtvého dřeva. Hlavním cílem pak bylo porovnat výsledky mezi jednotlivými metodami z hlediska úspěšnosti počtu odchycených saproxylických mravenců.

3. Literární rešerše

3.1. Mravenci

Čeled' Formicidae, reprezentuje eusociální, jinak také společenský blanokřídlý hmyz. (Werner; Wiezik, 2007) Je rozšířena téměř po celé zemi (Hölldobler; Wilson, 1997) a zastupuje významnou část biocenózy. Vztaženo na velikost celkové biomasy jsou mravenci dominantními organismy. Své stravovací návyky dokáží měnit dle potřeby a podmínek prostředí. Bez problémů se tedy přizpůsobí aktuálním potravním zdrojům a jsou tak nesespecializovanými predátory. Preferencí nejpočetnějšího potravního zdroje zachovávají homeostázu biocenózy a dynamickou autoregulací kompenzují kolísání zdrojů. Sociální vazby v hnízdě vytváří podmínky pro přežití navzdory vlivům počasí a nepřízní prostředí. Jsou vhodným bioindikátorem prostředí a přestavbou hnízda nepřetržitě přeměňují půdu a složení mikroflóry. (Czechowski et al. 2002)

Tato práce by se měla především zaměřovat na saproxylické mravence. Za saproxylické (saproxylobionty) označujeme takové organismy, které jsou alespoň částí svého vývoje úzce vázány na mrtvé, odumřelé nebo tlející dřevo, v různém stupni rozkladu, nebo na jiné saproxylické organismy. U mravenců se především jedná o druhy, které se jinými saproxylickými organismy živí, nebo si staví hnízda v kmenech odumřelých stromů, v mrtvých pařezech, větvích apod. Jedná se například o druhy *Camponotus herculeanus* (Linnaeus, 1758), *C. ligniperdus* (Latreille, 1802) (Křístek; Urban, 2013), *Lasius brunneus* (Latreille, 1798), *L. fuliginosus* (Latreille, 1798), *Dolichoderus quadripunctatus* (Linnaeus, 1771) (Czechowski et al. 2002). Anebo to jsou druhy, které využívají pro stavbu hnízda dutiny ve stromech živých, např. *Liometopum microcephalum* (Panzer, 1798). (Krása, 2015) Mrtvé dřevo samo o sobě výrazně podporuje biologickou rozmanitost a tím se stává důležitou součástí ekosystému. (Seibold et al. 2015)

Samostatnou kapitolou jsou pak mravenci preferující horské oblasti. Těchto druhů je početně méně, nežli druhů teplomilných. Početnost jedinců v hnízdě se ale zvyšuje s potřebou stavby hnízda, které je schopno ideální termoregulace. Takováto hnízda zvládají udržet teplotu i ve velmi chladných podmínkách. (Kaspari, Vargo, 1995) Další možností je stavba hnízd na prosluněných místech, i přes to jsou hnízda většinou pod zemí, v pařezech nebo v kmenech stromů. Některé druhy lze označit

za typicky horské. Ve střední Evropě jsou to *Formica lemani* (Bondroit, 1917) a *Manica rubida* (Latreille, 1802). (Czechowski et al. 2002)

3.2. Metody odchyty mravenců

Metod odchyty mravenců je nepřehledné množství a stejně tak jejich modifikací. Každý výzkum si tedy navrhuje metody podle svých potřeb, nebo využívá standardizované metody ALL protokolu, viz níže. Metody, které byly na lokalitě aplikovány (zemní pasti, kmenové nárazové pasti, návnady a ruční sběr), byly vybrány jako často používané a vhodné pro práci v daném terénu. (Hölldobler; Wilson, 1997) Zároveň srovnáním různých výzkumů je možné zjistit, že použitím různých metod odchyty v rámci jednoho výzkumu, můžeme získat více druhů, které se objeví třeba jen v jedné použité pasti. (Longino; Colwell, 1997)

Standardizovanou metodou je takzvaný ALL protokol (Ants of leaf litter protocol), který je popsán od autorů Agosti a Alonso. Jedná se o metodiku k odchyty pozemních druhů mravenců z listového opadu. Celkově by měl být kompletní výzkum realizován během tří dnů a měl by pokrýt až 70% všech druhů mravenců na dané lokalitě. Skládá se z 20 zemních pastí, které jsou na lokalitě 48 hodin, a 20ti vzorků opadu (opad z $1m^2$), který je následně vložen do Winklerových pytlů. Jedná se tedy o velice rychlou a komplexní metodu, která by v ideálním případě měla být na lokalitě zopakována několikrát za vegetační sezónu. (Agosti et al. 2000)

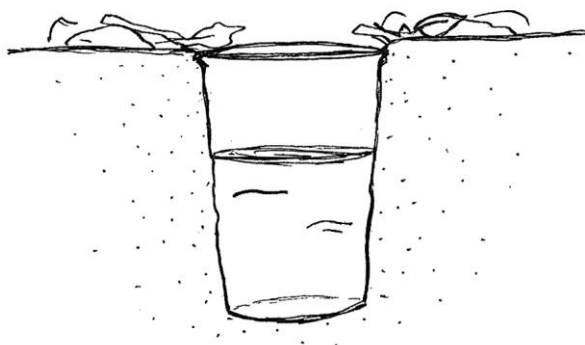
Dalšími druhy pastí, které pro svou náročnost nebyly ve výzkumu použity, jsou například Berleseovi-Tullgrenovi přístroje (Hölldobler; Wilson, 1997), Malaiseho pasti (Agosti et al. 2000), sklepávání z větví stromu (Majer; Delabie, 1994), leповé pásy na kmenech, plynování stromu insekticidy (Majer, 1990) nebo mapování hnízd (Sanders, 1970).

3.2.1. Zemní past

Zemní pasti se většinou skládají z otevřené nádoby zapuštěné v zemi, do které hmyz nevědomky spadne a utopí se v konzervační látce, nebo je následně vyhodnocován živý. Používají se k odhadu bohatosti a druhového složení epigeických mravenců. (Agosti et al. 2000) Hloubka pasti není pro odchyt mravenců důležitá, naopak mělké pasti (hloubka do 8cm) mohou zabránit odchyty

obratlovců. (Pendola; New, 2007) Klíčová ale může být pro odchycené druhy vzdálenost zemních pastí mezi sebou. Menší vzdálenost, kolem dvou metrů, může být nezávislá pro výskyt malých druhů (např. *Temnothorax*) hnízdících v žaludu. Oproti tomu výsledek v takových pastech pro odchycené velké druhy mravenců rodu *Camponotus* nebudou průkazné, jelikož se může jednat o druhy ze stejného hnízda. Je tedy vždy důležité posoudit vzdálenost jednotlivých pastí v závislosti na možnostech šíření mravenců z hnízda. (Gotelli et al. 2010)

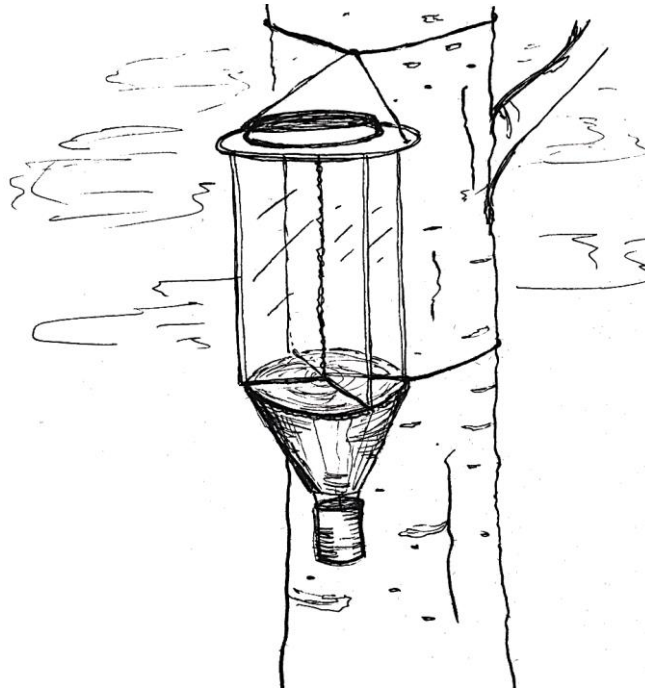
Celkový dojem pasti a jeho přirozenost v prostředí je neméně důležitý faktor. Okraj pasti musí být vhodně zakomponován do okolí, aby nedošlo k vytvoření umělé hranice, a byla minimalizována disturbance okolí. Toho docílíme zahrnutím okraje pasti listím, kamínky a klacíky. (Agosti et al. 2000) Další možností je past umístit na lokalitu například o týden dřív, abychom zabránili efektu „kopání“, tedy narušení okolí. (Greenslade, 1973)



Obr. 1. Zemní past.

3.2.2. Kmenová nárazová past

Kmenové nárazové pasti (Hyvärinen et al. 2006; Horáková; Horák, 2010) jsou modifikací principu pastí nárazových, které se umísťují do prostoru (Bouget, 2008; Masner; Goulet, 1981), a pastí kmenových (Moeed; Meads, 1983; Björklund, 2020). Kombinují tak odchyt hmyzu, který nalétává na kmen stromu, a hmyzu, který se po kmeni pohybuje. Zároveň mohou být různě upravovány k získání co největšího počtu reprezentativních vzorků. (Økland, 1996; Kaila, 1993)



Obr. 2. Kmenová nárazová past.

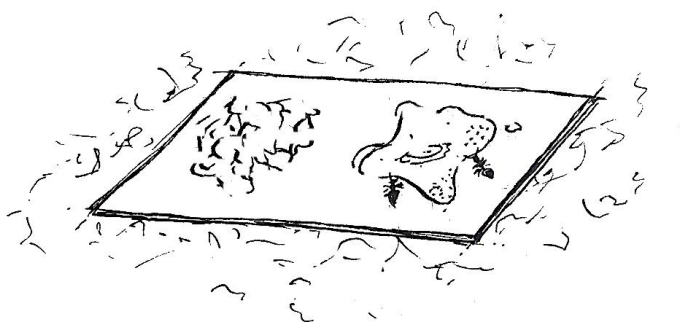
3.2.3. Potravní návnady

Návnady aktivně lákají mravence a rozšiřují tak výzkum o další aspekt – vyšší preference druhu k různým druhům návnad. (Wyatt, nedatováno) Druhy návnad a čas, po který jsou aktivovány, se liší dle potřeb výzkumu. Používána je většinou složka sacharidová a složka bílkovinná. Tímto způsobem je dáváno na výběr a množství mravenců se zvyšuje s jejich preferencemi. (Savolainen; Vepsäläinen, 1988) Příkladem několika kombinovaných návnad jsou: agarové želé s hroznovým cukrem a tuňák (Stein et al. 1990), sirup a tuňák (Savolainen; Vepsäläinen, 1988), drobečky z koláče a tuňák (Hölldobler; Wilson, 1997), sušenky a tuňák (Gotelli et al. 2010). Příklad návnad použitých pouze s jednou složkou: jablečné želé (Alder; Silverman, 2004), tuňák (Andersen, 1992). Návnadou mohou být i semena myrmekochorních rostlin, nebo jednodušeji látky, které mravence lákají stejně jako tato semena. (Mitchell, 2002)

Návnady jsou často mravencům podávány v různých plastických nádobkách (Stein et al. 1990), Petriho miskách (Alder; Silverman, 2004), nebo třeba na kovových destičkách (Savolainen; Vepsäläinen, 1988). Stejně tak může být návnada umístěna do nádoby, centrifugační zkumavky apod. Návnada se vloží na dno nádoby, je ucpána vatou a takto zůstává na lokalitě po požadovanou dobu.

(Hahn, 2002) Výhodou je, že po skončení expozice se nádobka uzavře a není nutné mravence shromažďovat exhaustorem.

Dále nám tyto pasti umožňují sledovat mezidruhovou konkurenci o zdroje. Pokud je zdroj bílkoviny obsazený, přejde mravenec na sacharid a po jeho uvolnění zdroj obsadí sám. (Savolainen; Vepsäläinen, 1988) Výsledky se tedy mohou z různých preferenčních důvodů lišit. (Greenslade; Greenslade, 1971)



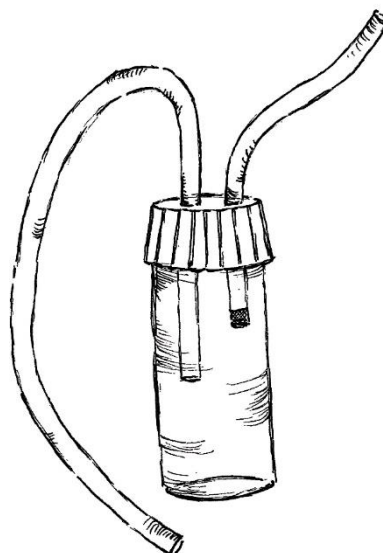
Obr. 3. Potravní návnada.

3.2.4. Přímý sběr

Odchyt mravenců na dané ploše za určitý čas se označuje jako přímý, nebo také ruční sběr. Jedná se o metodu často účinnější, nežli zemní pasti a návnady. Anebo lze touto metodou získat výsledky srovnatelné se zemními pastmi (Andersen; Reichel, 1994), které jsou stále více využívanou metodou. Odchyt musí být standardizován a to jak na úrovni rozlohy každé plochy, tak na čase po jehož dobu se vzorky sbírají. Jednotlivé výzkumy se mohou v těchto faktorech lišit a výsledky pak není možné mezi sebou porovnávat. Ruční sběr je velice vhodný v místech, která jsou environmentálně náchylná k poškození a není zde možnost použít jinou metodu kvůli ochranným opatřením. Stejně tak jedná-li se o skály, kde nemohou být aplikovány pasti, nebo nezalesněná území. Případně pokud je stanoviště natolik frekventované přítomností lidí nebo zvířat a mohlo by dojít k poškození pastí nebo narušení výzkumu. (Gotelli et al. 2010) Oproti tomu je tato metoda velice náchylná na teplotu, při které jsou mravenci aktivní. Při chladu

a vlhku jsou mravenci většinou schováni v hnízdech. (Greenslade; Greenslade, 1971) Stejně tak není tato metoda zcela efektivní v hustě zarostlých oblastech nebo v místech s velice malými hnízdy mravenců, hnízdy schovanými nebo druhy nočními. (Gotelli et al. 2010)

Odchyt mravenců na ploše se provádí pinzetou nebo exhaustorem. Vhodné je, aby byly odchyceni všichni mravenci, kteří se na lokalitě v daný čas vyskytují. Pinzetu využíváme špičatou, ne však ostrou, aby nedošlo k poškození mravenců. Exhaustor je ideální k rychlému nasávání mravenců. V případě většího množství nasávaných mravenců je důležité dávat si pozor na formikózu, bolestivé podráždění hrdla, průdušek a plic, které je způsobeno množstvím kyseliny mravenčí, terpenů a dalších jedovatých těkavých látek vypouštěných mravenci. (Hölldobler; Wilson, 1997)



Obr. 4. Exhaustor.

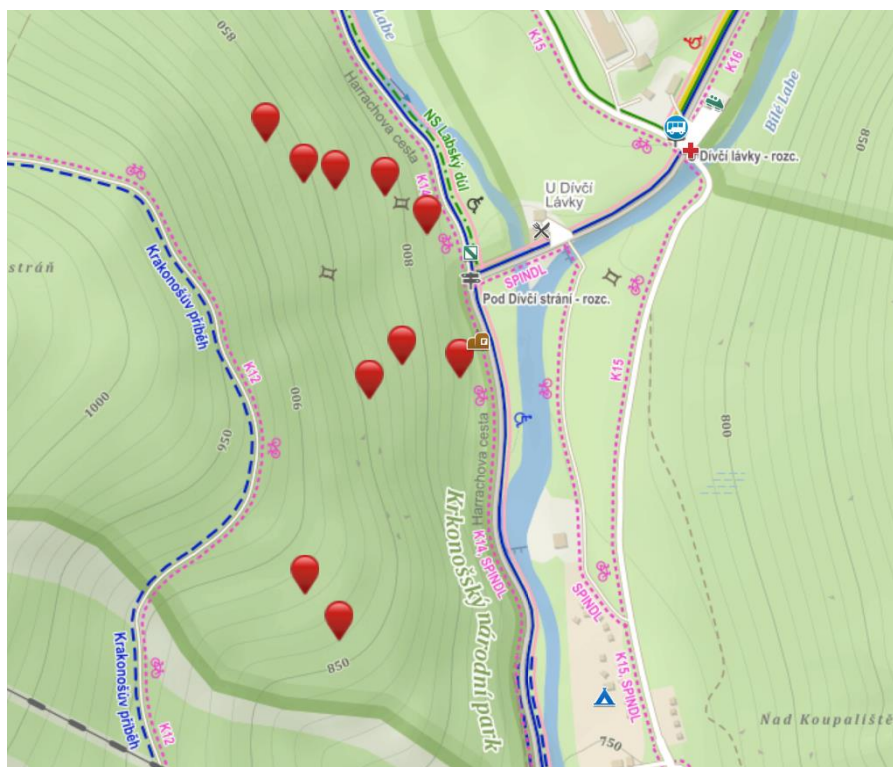
4. Metodika

4.1. Studovaná lokalita

Výzkum byl proveden na území Krkonošského národního parku. Ten je nestarším národním parkem v České republice. Vyhlášen byl v roce 1963 se správou ve Vrchlabí. (Lokvenc, 1978) Biogeografická poloha uprostřed středoevropské krajiny vytváří specifickou křižovatku pro severskou a vysokohorskou faunu a flóru. Biodiverzita je zde reprezentována obrovskou rozmanitostí horských ekosystémů v kombinaci lesů a bezlesí. V dnešní době se jedná o jeden z nejnavštěvovanějších parků v Evropě. (Vacek; Moucha, 2012)

Pro aplikaci pastí byla vybrána lokalita Dívčí stráně ležící v přírodě blízké zóně Krkonošského národního parku. Ta je ohraničená na západ od Dívčí lávky a severně od Špindlerova mlýna, souběžně s linií severní sjezdovky z vrcholu Medvědín (1235m n.m.). Nadmořská výška na lokalitě je v rozmezí 800-1100m n.m. Průměrná roční teplota je kolem 3°C, v závislosti na nadmořské výšce dané plochy. Průměr srážek za rok dosahuje 1300mm. Vegetačně se jedná o nižší subalpínské pásmo se smíšenými jehličnato-listnatými horskými svěžími lesy. Většina území na lokalitě je zastoupena acidofilními bučinami. (GIS server správy KRNAP, 2020) Na svazích směrem k Labskému dolu, tedy k Dívčí lávce, jsou patrné odvaly, jako památka na těžbu uranových rud z 50. let minulého století. Těžba byla ukončena v roce 1959 (Vaněk, 2016).

Na lokalitě bylo vytvořeno 10 ploch, reprezentovaných vždy jednou dominantní dřevinou. Touto dřevinou byl na pěti plochách smrk a na pěti buk. U všech stromů byla naměřena GPS lokalita, viz Obr. 5.



Obr. 5. Mapa se zákresem studovaných ploch.

Výzkum byl proveden na žádost o výjimku č.39/2018 ze zákazu odchytu a usmrcování chráněných druhů živočichů, hlavně pak mravenců, kterých se týká ochrana na úrovni parku v záchranné akci Formica.



Obr. 6. Pohled z Divčích stráně. (Autor J. Horák)

4.2. Odběr vzorků

Pro odchyt mravenců byly použity zemní a kmenové pasti, potravní návnady a odchyt jedinců na určité ploše za daný čas. Zemní a kmenové pasti sbíraly data po celou vegetační sezónu, návnady a odchyt pouze po určený čas jednou za tři až čtyři týdny. Všechny pasti byly na lokality umíst'ovány a vybírány ve stejné dny a to bez ohledu na podnebné podmínky, teplotu, srážky apod. Aktivace pastí proběhla 7. 5. 2018. Výběry pastí se konaly 3. 6. 2018, 25. 6. 2018, 13. 7. 2018, 5. 8. 2018 a 9. 9. 2018.

4.3. Zemní pasti

Zemní pasti byly umístěny vždy jednotlivě půl metru na jih od vybraného stromu. Jednalo se o pasivní past skládající se z půllitrového plastového kelímku naplněného 300ml solného roztoku. Do solného roztoku byla přidána kapka saponátu pro narušení povrchového napětí vody a odstranění voskové vrstvičky na povrchu hmyzu. Tím bylo docíleno rychlejšího usmrcení. (Siitonen, 1994) Takto byl kelímek zapuštěn do země a jeho okraj souběžně zarovnan s okolím. Pro snadný výběr vzorků z pasti byly v zemi dva kelímky vnitřní a vnější. Vnější zachovával tvar otvoru a zamezovat tak jeho zasypání během přelévání vzorku. V pasti nebyl použit žádný atraktant.



Obr. 7. Zemní past - použitá ve výzkumu.

4.4. Kmenové nárazové pasti

Přímo na konkrétní strom na dané ploše byla připevněna jedna kmenová past. (Økland, 1996; Hyvärinen et al. 2006) Ta se skládá z desek čirého plexiskla, které jsou do kříže spojeny k sobě rychloupínacími páskami. K nim je na spodní straně připojen trychtýř z plachtoviny vedoucí do sběrné nádoby. Tu tvořil půllitrový kelímek naplněn 300ml solného roztoku s kapkou saponátu, tak jako u pasti zemní. Aby bylo zabráněno napršení do pasti, byla na vršek umístěna stříška. Všechny díly byly k sobě upevněny rychloupínacími páskami, aby bylo docíleno snadného složení a zpětného rozložení celé pasti při montáži a demontáži přímo na lokalitě.

Past byla umístěna na jižní, exponované straně kmene, vždy 130 cm nad zemí. Aby nedošlo k poškození kmene, na strom byla past upevněna pomocí drátu za horní stříšku a spodní část plexiskla. Aplikace pasti je tedy naprosto bezzásahová. Opět se jedná o pasivní past, s použitím především pro létavý hmyz a v této modifikaci i pro hmyz pohybující se po kmeni stromu.



Obr. 8. Kmenová nárazová past - použitá ve výzkumu.

4.5. Potravní návnady

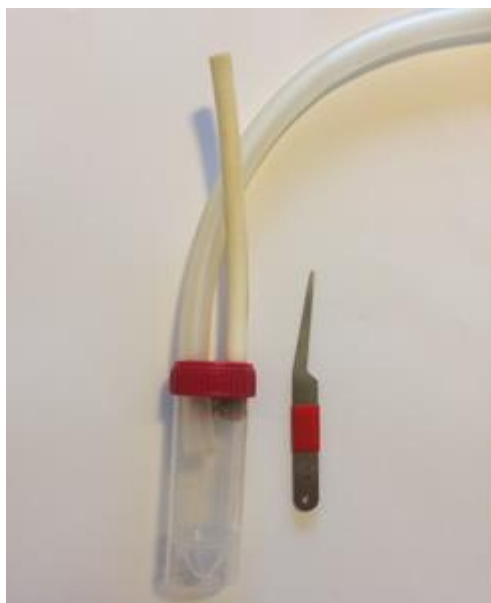
Potravní návnady byly aplikovány vždy dvakrát na každé lokalitě ve vzdálenosti půl metru od daného stromu. Návnada se skládala z kartonové destičky, na kterou byl nalitý hustý cukerný roztok jako návnada sacharidového typu a kousek tuňáka z konzervy, jako bílkovina. Návnada byla ponechána na lokalitě po dobu 30 minut. Jedinci na návnadě byli následně odchytáváni exhaustorem, smrceni a zároveň konzervováni ve směsi lihu a octa (viz třídění a konzervování).



Obr. 9. Potravní návnada - použitá ve výzkumu.

4.6. Přímý sběr

Během každého výběru pastí byl po dobu pěti minut na ploše 1x1 metr, ve vzdálenosti do 5metrů od daného stromu prováděn odchyt mravenců za pomoci exhaustoru. Jednalo se o pasivní metodu. Do této vymezené plochy se během odchytu nezasahovalo, ani se předem neupravovala. Byla snaha pokaždé vybírat jinou plochu do dané vzdálenosti od stromu.



Obr. 10. Exhaustor a pinzeta pro přímý sběr - použité ve výzkumu.

4.7. Třídění a zakonzervování

Všechny výběry pastí byly vytríděny do čeledí podle klíče k určování bezobratlých (Buchar, 1995), spočítány a označeny čeledí, druhem pasti, a číslem sběru. Do druhů byli determinováni pouze zástupci čeledi Formicidae a to dle klíče k určování mravenců *The Ants of Poland* (Czechowski et al. 2002). Veškerý materiál byl nadále zakonzervován roztokem 70% lihu a octa, v poměru 10:2, a označen identifikačním kódem.

4.8. Zpracování dat

Získaná data byla zpracována programem Statistica verze 12.0. A to početnost jednotlivých druhů mravenců v pastech k získání informace o úspěšnosti jednotlivých pastí. V druhém případě pak jejich přítomnost (=1) nebo nepřítomnost (=0) k získání údajů o druhové diverzitě v pastech.

Dle Shapiro-Wilk testu se ukázalo náhodné rozložení dat, byla tedy použita neparametrická metoda. Pro naše data bylo vhodné použít analýzu ze znáhodněných bloků, Friedmanův test. Tento test je založen na pořadí hodnot právě v rámci bloků: v případě, kdy máme čtyři typy zásahů, je každé hodnotě v bloku přiřazeno číslo od 1 do 4 podle pořadí v bloku. K tomuto testu byl přidán Kendallův koeficient schody, který normalizuje Friedmanův test a ukazuje na schodu mezi daty. (Lepš; Šmilauer,

2016) Z programu Statistica použitím neparametrického testu Friedmanova ANOVA a Kendallova koeficientu shody získáváme hodnotu p , tedy hodnotu signifikace, pokud je tato hodnota menší nežli nejmenší hladina významnosti ($p < 0,05$) jedná se o signifikantní výsledek, zamítáme tedy nulovou hypotézu (zamítáme, že mezi výsledky je nulový, neboli žádný rozdíl). Pro znázornění výsledků byla použita funkce programu Statistica - Krabicový graf všech proměnných s $1,96S_{mCh}$, tedy 1,96 násobkem směrodatné chyby průměru, což je optimální pro vizualizaci výsledků.

5. Výsledky

Do pastí byly odchyceny tři druhy z čeledi Formicidae, a to *Camponotus herculeanus*, *Myrmica ruginodis* (Nylander, 1846) a *Formica fusca* (Linnaeus, 1758).

Zástupci *Camponotus herculeanus* a *Myrmica ruginodis* byly zastoupeni v pastech zemních, kmenových i na návnadě. *Formica fusca* byla zaznamenána v pasti zemní a kmenové, viz Tab. 1.

Během přímého sběru za pomoci exhaustoru nebyli odchyceni žádní jedinci, tudíž ani nebyl připojen do statistických analýz.

Tab. 1.: Součet jednotlivců od každého druhu v použitých pastech.

	Zemní past	Kmenová past	Potravní návnada	Přímý sběr
<i>Camponotus herculeanus</i>	10	6	2	0
<i>Myrmica ruginodis</i>	75	15	56	0
<i>Formica fusca</i>	21	1	0	0

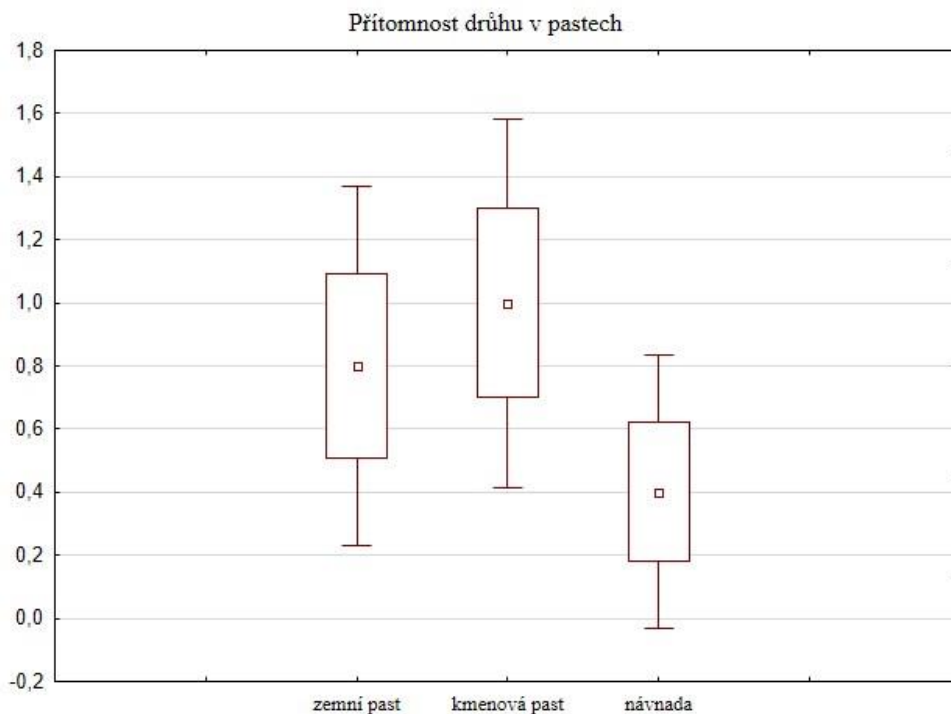
U aplikace návnad byly navíc zjišťovány preference mravenců k jednotlivým složkám návnady, tedy cukerné nebo bílkovinné. Byla zjištěna 100% preference cukerné složky oproti bílkovinné.

5.1. Účinnost pastí v závislosti na počtu druhů v pastech

Celkově se prokázaly signifikantní rozdíly ($p = 0,042$) v početnosti druhů v jednotlivých pastech. V této analýze se ukázaly nejvyšší preference ke kmenovým pastem. Jako druhé v účinnosti se ukázaly zemní pasti a jako nejméně vhodné se projevíly návnady.

Výsledky analýzy:

- $(N = 10, sv = 2) = 6,33$
- $p = 0,04$
- koeficient shody = 0,32



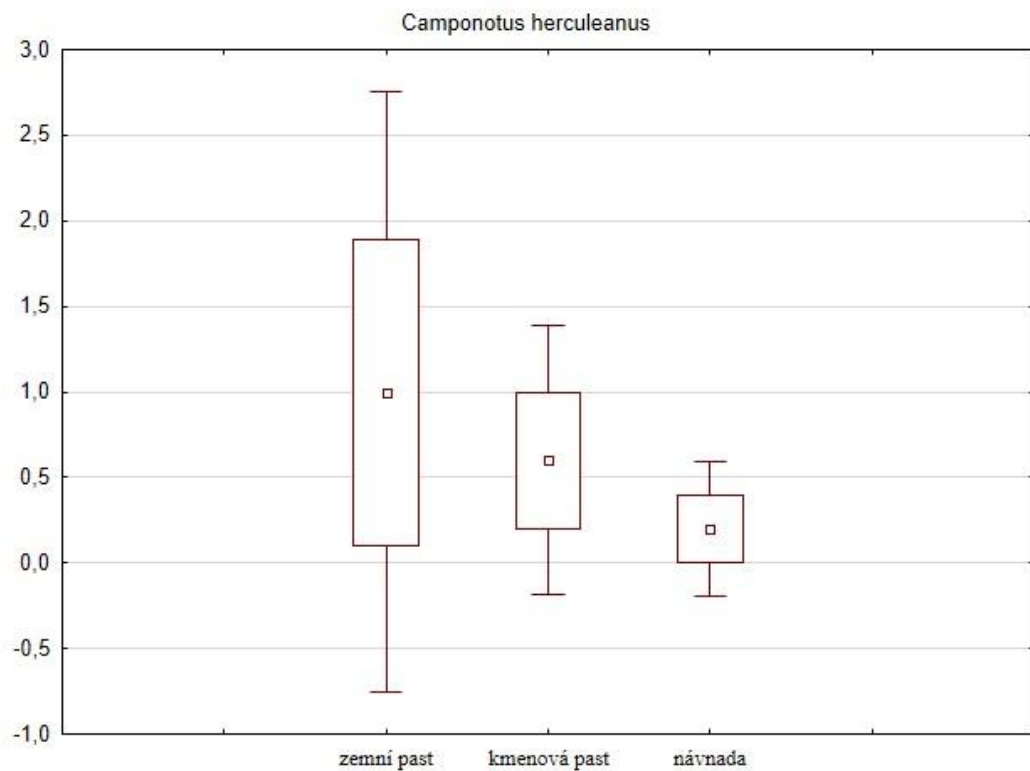
Graf 1.: Přítomnost druhů v jednotlivých pastech.

5.2. Účinnost pro *Camponotus herculeanus*

Jediným zástupcem saproxylických mravenců v pastech byl *Camponotus herculeanus*. Ten byl početností nejvíce zastoupen v zemních pastech. Méně pak v pastech kmenových a nejméně na návnadách. Rozdíly mezi pastmi nebyly u výskytu tohoto druhu signifikantní.

Výsledky analýzy:

- $(N = 10, sv = 2) = 3,80$
- $p = 0,15$
- koeficient shody = 0,19



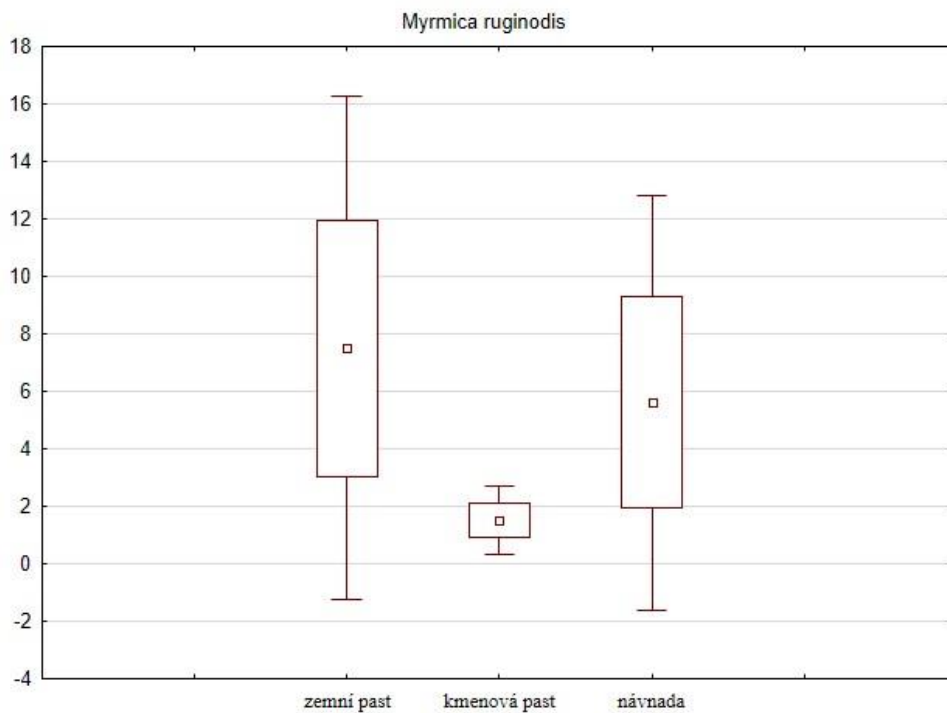
Graf 2.: Účinnost pastí pro druh *Camponotus herculeanus*.

5.3. Účinnost pro *Myrmica ruginodis*

Druhým odchyceným zástupcem byl *Myrmica ruginodis*, u kterého se jako u jediného, ukázala určitá preference k návnadám. Největší výskyt byl opět v zemních pastech, jen nepatrně méně bylo odchyceno na návnadách a nejméně v kmenových pastech. I přes velký nepoměr mezi zemními a kmenovými pastmi nebyl rozdíl signifikantní. Pro výzkumné účely je ale jistě neopomenutelná skutečnost, kdy v kmenových pastech bylo průměrně méně nežli 2 jedinci a pastech zemních průměrně necelých 8 jedinců.

Výsledky analýzy:

- $(N = 10, sv = 2) = 1,04$
- $p = 0,59$
- koeficient shody = 0,05



Graf 3.: Účinnost pastí pro druh *Myrmica ruginodis*.

5.4. Účinnost pro *Formica fusca*

Formica fusca se vyskytl v pastech pouze dvakrát. Jednou v pasti zemní a jednou v kmenové. Není tedy možné jeho preference, z důvodu malého množství jedinců, statisticky ověřit.

Výsledky analýzy:

- $(N = 10, sv = 2) = 2,00$
- $p = 0,37$
- koeficient shody = 0,10

6. Diskuze

Jako nejúspěšnější metoda sběru saproxylických mravenců se ukázala metoda zemních pastí. Méně úspěšná, za to ale signifikantně vhodnější pro sledování druhové bohatosti, se ukázala metoda nárazových kmenových pastí. Vhodnost návnad se projevila v jejich úzké specializaci pouze na čeleď Formicidae. I přes tuto nespornou výhodu je tato metoda závislá na podmínkách prostředí a tím pádem není vždy účinná. Přímý sběr ze stejného důvodu nepřinesl žádné výsledky.

6.1. Zhodnocení jednotlivých metod odchyty

V zemních pastech se nacházelo nejvíce saproxylických mravenců druhu *Camponotus herculeanus*. Stejně tak účinná byla i pro *Myrmica ruginodis* a jednoho ze dvou zachycených jedinců *Formica fusca*. Dle výsledků výzkumu se tedy jedná o velice efektivní metodu pro odchyt mravenců.

Zemní pasti byly pro mou práci zvoleny, jako často využívaná metoda pro odchyt většiny bezobratlých. Jedná se o metodu jednoduchou, levnou, nenáročnou na materiál a vhodnost prostředí. Ekologicky nezatěžující a snadno odstranitelnou. Hlavním problémem, se kterým jsem se setkala i v mé práci, je obrovské množství vzorků, které je tato past schopná nachytat. Časová náročnost výběru pastí je tedy závislá na velikosti pasti a množstvím jedinců, kteří se do ní nachytají. Stejně tak se celková početnost jedinců v pasti odvíjí od použitého konzervačního činidla. Je nutné, aby nedošlo k jeho přílišnému naředění a vzorky zůstaly zachované pro determinační účely.

U zemních pastí se často setkáváme s vyplavením pastí nebo vyhrabáním pastí zvěří. V mém výzkumu došlo dvakrát k vyplavení pasti, jednou k jejímu vyrytí a dvakrát byl ve vzorku usmrcený rejsek obecný (*Sorex araneus*). I přes to, že v mém výzkumu nebyly zemní pasti zakrývány stříškou nebo pletivem pro zachycení obratlovců. (Boetzl, 2018) Tím chci poukázat, že ne ve všech lokalitách jsou takovéto opatření zapotřebí. A výrazně tím lze snížit pracnost provedení a tím i cenu pasti.

Dalším úskalím zůstává, že zemní past mohou působit škody v ochranných významných oblastech. Jedná-li se o pasti příliš velké nebo hluboké, mohou se do

nich odchytit právě druhy malých savců, plazů nebo obojživelníků. (Pendola; New, 2007) Stejně tak pokud jsou pasti naplněny ethylen-glykolem, nebo jiným toxickým konzervačním činidlem, může dojít k otravě zvěře, vyplavení pasti a kontaminaci okolí. (Agosti et al. 2000) Já jsem tedy, z důvodu aplikace pastí v Národním parku, použila solný roztok v pastech zemních i v kmenových nárazových. Ten je netoxický a tím pádem neškodný pro zvířata i okolí. Množství a složení druhů mravenců odchycených do pasti může být závislé na použité konzervační tekutině. Je tedy rozdíl, pokud je v pasti solný roztok, nebo právě ethylen-glykol. Roztok ethylen-glykolu a vody 50:50 je hodnocen jako efektivnější. Jeho výhodou je nasládlá vůně, u které některé výzkumy hovoří o tom, že aktivně láká některé druhy hmyzu. (Calixto et al. 2007)

Další použitou metodou byly kmenové nárazové pasti. Ty se ukázaly jako druhé nejefektivnější a zároveň signifikantně nejvhodnější pro sledování druhové diverzity mravenců v mém výzkumu.

Kmenové nárazové pasti jsou méně používaným způsobem pro odchyt mravenců. K výzkumu byly vybrány, hlavně pro svou účinnost při použití na srovnání biodiverzity pro saproxylické druhy brouků. (Hyvärinen et al. 2006) Stejně jako pro použití u řádu Hymenoptera. (Horáková; Horák, 2010) Výhodou pasti je možnost její modifikace pro účely výzkumu. (Kaila, 1993) Použila jsem tedy klasickou nárazovou past (Bouget, 2008), připevněnou ke kmeni stromu. Tak jsem chtěla docílit hlavně odchycení po kmeni se pohybujících mravenců. Jelikož se v žádné pasti nenacházely okřídlené formy mravenců, nedá se předpokládat, že by tato past měla být více účinná pro odchyt mravenců v době rojení.

Problémem kmenových pastí je hlavně jejich nainstalování a následná demontáž. Pasti jsou objemné, cenově náročné a na lokalitě můžou působit rušivě a nevzhledně. Stejně tak mohou lákat zvědavce, kteří mohou pasti poničit nebo odcizit.

Aktivní odchyt na návnadu byl třetí nejvhodnější metodou. Na návnadě byly zaznamenáni pouze jedinci čeledi Formicidae. Tato metoda bohužel nebyla účinná vždy, když byly pasti aktivovány. Ve výzkumu bylo použito dvou složek návnady a to cukerné složky a bílkovinné. Výsledek byl jednoznačně ve prospěch cukerného roztoku.

Jedná se o více méně neškodnou a do prostředí nezasahující metodu. Technika návnad se běžně používá pro odhad složení a početnosti epigeických mravenců. (Greenslade; Greenslade, 1971; Véle et al. 2009a) Efektivně získává vzorky pouze čeledi Formicidae, a není nutný rozbor obsáhlých pastí, které obsahují velké množství různorodých vzorků.

Předpokládalo se, že by například mravenci mohli mít různé preference návnady v závislosti na druhu. (Wyatt, nedatováno) Je tedy otázkou, z jakého důvodu preferovali pouze cukernou složku. Jestli vůbec nevyhledávají bílkovinou stravu, jestli ji vyhledávají, ale více preferují vydatný zdroj sacharidů, nebo jestli nebyl zvolen vhodný druh bílkoviny.

Mravenci na návnadě mohou zároveň ukázat na dominantní chování některých druhů a výsledek poskytuje obecné měřítko účinnosti hledání potravy. (Greenslade; Greenslade, 1971) Návnady můžeme použít v různých mikrohabitacích a v různou denní dobu, získáme tím velice podrobná data o využití habitatu mravenci, o biotických interakcích a o vzorcích chování. (Bestelmeyer, 1997) Bohužel aktivita mravenců a tím pádem i početnost mravenců v pasti je výrazně ovlivněna teplotou a počasím. (Greenslade; Greenslade, 1971) To se výrazně podepsalo i na výsledcích mé práce. Návnady byly velice efektivní, ve špatném počasí a zvýšené vlhkosti ale nepřilákaly žádné jedince. Z vlastní zkušenosti bych je tedy využila na lokalitě, kde je možná aktivace kdykoliv, kdy to venkovní podmínky umožňují. Krkonoše jsou v tomto ohledu bohužel dosti nevyzpytatelné.

Čas, po který je návnada předložena na lokalitě, může být dalším důležitým faktorem. V mé práci byla návnada aktivována pouze 30 minut, což se ukázalo jako velice krátký čas. Běžně se tato doba pohybuje okolo 60-90 minut (Agosti et al. 2000) nebo i 24 hodin (Wang et al. 2001).

Ruční sběr nepřinesl žádné výsledky. Jedná se tedy o metodu, dle mého výzkumu, neprosto neefektivní. Díky této metodě jsou ale běžně získávána data srovnatelná s pastmi zemními (Andersen; Reichel, 1994). Proto byl tento způsob pro můj výzkum vybrán. Jedná se o metodu vhodnou do různých mikrohabitátů, ať už na plochách v lese i mimo les, tak třeba na kmenech stromů, na pařezu apod. (Agosti et al. 2000)

Pokud bych i přes neúspěch ve výzkumu měla ruční sběr hodnotit, jedná se o nenáročnou a často využívanou metodou. (Hölldobler; Wilson, 1997) Pro její použití stačí základní entomologické vybavení. Lze jí aplikovat na jakékoliv lokalitě, bez ohrožení prostředí, chráněných druhů rostlin a živočichů.

Ruční sběr jedinců na dané ploše po dobu pěti minut v daných podmínkách mého výzkumu bohužel neuspěl. Což může být způsobeno nepříznivými a chladnými podmínkami prostředí. (Greenslade; Greenslade, 1971) Kdy nebylo možné, z důvodu vzdálenosti místa a celkové časové náročnosti, na lokalitu přijít kdykoliv by byla teplota a podnebí vhodnější.

Krátký čas nemusí být jediným faktorem, ovlivňujícím úspěšnost metody. Jsou různé modifikace, hodnocené jako úspěšné. Například Hölldobler a Wilson (1990) nejdříve vyčistili plochy od listů a poté je sledovali po dobu 30 minut. Ideální by tedy bylo sledování ploch ve vhodnějším počasí a teplotě, delší dobu. To by ale výrazně znesnadnilo metodiku výzkumu. Při použití 10 ploch je pouze doba sledování 5 hodin. Pokud k tomu přičteme přesun mezi lokalitami, odstranění listů a zaměření plochy, není to dle mého názoru zvládnutelné během jednoho dne.

Pokud bych měla zhodnotit efektivnost metod celkově, vyzdvihla bych hlavně pasti zemní. Metoda, tak jak byla použita v mé práci, je velice jednoduchá na aplikaci, cenově a materiálově dostupná a časově nenáročná. Navíc přinesla i velice dobré výsledky. Pasti kmenové jsou poněkud náročnější na realizaci. Výsledky z nich ale byly zajímavým přínosem, neboť se tato metoda pro sběr mravenců příliš nepoužívá. Ukázaly se zároveň jako nejvhodnější pro sledování biodiverzity, přestože to nebylo cílem výzkumu. Zemní a kmenové pasti mají společnou vlastnost, která je od druhých dvou odlišuje, a to sběr různých druhů hmyzu. Obsah pasti byl tedy většinou dost obsáhlý a bylo nutné jeho důkladné rozčlenění. Tyto metody by byly vhodné pro sledování diverzity napříč druhy. Výběr konkrétní čeledi z takto obsáhlé pasti byl výrazně časově náročný.

Návnady mají svou nespornou výhodu ve sběru jedinců pouze z rodu mravenců. Oproti tomu jsou stejně jako ruční sběr náročné na podmínky prostředí a tím pádem ne vždy efektivní.

6.2. Odchycené druhy čeledi Formicidae

Nejvíce odchycených jedinců bylo druhu *Myrmica ruginodis*. Jedná se o polytopní druh s preferencí vlhkých a stinných lesních stanovišť. Je hojný od planárního až po montánní stupeň. (Czechowski et al. 2002) Pro svá hnízda vyhledává tmavé smrkové porosty. (Punttila et al. 1994; Vele et al. 2009a) V bukových částech lesa se spíše nevyskytuje. Pohybuje se pouze do 3 metrů od hnízda. (Bonser et al. 1998) V kmenových pastech se vyskytovala v menší početnosti než na návnadách. To by mohlo poukazovat na preference k vyhledávání potravy na zemi a ne v koruně stromů.

Jediným saproxylickým druhem mravence, který byl na lokalitě odchycen, a druhý nejpočetnější v mém výzkumu je druh *Camponotus herculeanus*. Werner a kolektiv popisuje v publikaci: Aktualizovaný seznam mravenců (Hymenoptera, Formicidae) České republiky v roce 2018 výskyt 7 druhů rodu *Camponotus* na našem území: *C. herculeanus* a *C. ligniperdus*, *C. aethiops* (Latreille, 1798), *C. fallax* (Nylander, 1856), *C. piceus* (Leach, 1825), *C. atricolor* (Nylander, 1849), *C. vagus* (Scopoli, 1763). (Werner et al. 2018)

Camponotus herculeanus je běžně rozšířen ve vyšších polohách ve střední a severní Evropě, v severní Asii a Severní Americe. (Zahradník, 1987) Jedná se o typické mravence boreálních a alpínských jehličnatých lesů, vázaných na smrky a jedle. (Yasumatsu; Brown, 1951) V České republice se jedná o nejrozšířenějšího dřevokazného mravence (Macek et al., 2010) a zároveň našeho největší mravence. (Křístek; Urban, 2013) Hnízdo si mravenec obrovský staví v bazální části kmene jehličnanů, nebo v pařezech. (Seifer, 2017) Ty jsou prvotně napadeny dřevokaznou houbou, nejčastěji rodu *Coniophora*. (Macek et al. 2010) Jako vstupní místo využívá mechanicky nebo fyzicky poškozené báze stromu. Hnízdo může dosahovat až do výšky 10 m. (Křístek; Urban, 2013) V jednom kmeni se může vyskytovat více příbuzných kolonií, případně může být propojeno více stromů v hnízdní teritorium o rozloze až 130 m². (Macek et al. 2010) Živí se hlavně medovicí, tekutým obsahem hmyzu a občasné i šťávou z pupenů nebo mladých výhonků. (Křístek; Urban, 2013)

V kmeni se mravenci mohou sami podílet na termoregulaci, bez ohledu na vnější podmínky prostředí. (Jones; Oldroyd, 2006) Vhodně tak využívají izolační vlastnosti dřeva. (Banschbach et al. 1997) Saproxylické druhy mravenců jsou ale

typické i pro oblasti s výskytem mrtvého dřeva po požárech. Druh *Camponotus herculeanus*, takto osidluje stromy i 60 let spálené. (Boucher et al. 2015) Blíže se věnuji mravenci obrovskému ve své bakalářské práci: Ekologické nároky mravence obrovského (*Camponotus herculeanus*). (Válová, 2019)

Pouze ve dvou případech se v pasti vyskytl *Formica fusca*. Jednou v pasti zemní a jednou v pasti kmenové. Tento eurytopní druh je běžný v planárním a submontánním stupni. (Czechowski et al. 2002)

Přítomnost těchto druhů není pro lokalitu nikterak výjimečná a dá se srovnat například s výskytem mravenců v Jizerských horách, v obdobných smrkových lesích. (Véle et al. 2009b; Véle et al. 2016) Takto malá druhová diverzita by mohla být dána stejnověkostí území a nízkou heterogenitou daných mikrohabitatů. (Niemala et al. 1996) Zároveň byl výzkum prováděn na lokalitách s lesním porostem a absencí prosluněných míst. Světlo ale zůstává nepostradatelným faktorem podílejícím se na přítomnosti a aktivitě mravenců. (Véle et al. 2009b; Véle et al. 2016)

7. Závěr

Sběr dat je základní aktivitou pro pozorování biodiverzity, většina metod je však časově náročná a pracná. (Lawton et al., 1998) Technologie se posouvají natolik, že každoročně se genetické a proteomické testy zrychlují a zlevňují, oproti tomu sběr bezobratlých v terénu prodělal za poslední století pouze malé změny a stále zůstává nákladným na čas a úsilí. (Bestelmeyer et al., 2000)

V mém výzkumu byly vybrány 4 metody běžně používané ke sběru bezobratlých. (Agosti et al. 2000) Jako nejúčinnější pro saproxylické druhy se ukázaly pasti zemní. Méně účinné, ale pro sledování biodiverzity mravenců jako vhodnější vplynuly pasti kmenové. A pro odchyt pouze čeledi Formicidae se nejlépe uplatnily návnady. Jako nevhodný byl označen ruční sběr.

Překvapující byl úspěch kmenových pastí, které se používají hlavně na saproxylické druhy brouků. Naopak často používaný ruční sběr v podmínkách lokality bohužel nepřinesl žádné výsledky.

Závěrem věřím, že se mi podařilo popsat úskalí výběru, aplikace a účinnosti, v praxi běžně používaných metod sběru bezobratlých, které ale ne vždy přináší vhodné výsledky. A tím pádem je má práce přínosným dokumentem zachycujícím prvotní a zároveň nejdůležitější část každého myrmekologického, či jakéhokoliv jiného, výzkumu. Část, která je zároveň praxí nejen vědeckých, ale i muzejních pracovníků, kteří díky ní obohacují entomologické sbírky po celém světě.

8. Zdroje

Agosti, D., Mayer, J.D., Alonso L.E., Schultz, T.R. 2000: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.

Alder, P., Silverman, J. 2004: *A Comparison of Monitoring Methods Used to Detect Changes in Argentine Ant (Hymenoptera: Formicidae) Populations I*. Journal of agricultural and urban entomology. 21(3): 142–149.

Andersen, A. N. 1992: *Regulation of "Momentary" Diversity by Dominant Species in Exceptionally Rich Ant Communities of the Australian Seasonal Tropics*. The American Naturalist. 140: 401-420.

Andersen, A.N., Reichel, H. 1994: *The Ant (Hymenoptera: Formicidae) Fauna of Holmes Jungle, a Rainforest Patch in the Seasonal Tropics of Australia's Northern Territory*. Journal of the Australian Entomological Society. 33:153-158.

Banschbach, V., Levit, N. & Herbers, J. 1997: Nest temperatures and thermal preferences of a forest ant species: is seasonal polydomy a thermoregulatory mechanism. Insectes Sociaux 44: 109.

Bestelmeyer, B.T. 1997: *Stress tolerance in some Chacoan dolichoderine ants: implications for community organization and distribution*. Journal of Arid Environments. 35:297-310.

Bestelmeyer, B.T., Agosti, D., Alonso, L.E., Silvestre, R., Brandão, C.R.F., Brown Jr, W.L., Delabie, J.H.C. 2000: *Field Techniques for the Study of Ground-Dwelling Ants: An Overview, Description and Evaluation*. Smithsonian Institution Press.

Björklund, N. 2020: *Non-Destructive Tree-Trunk Funnel Trap for Capturing Hylobius warreni (Coleoptera: Curculionidae) Ascending Stems of Trees*. The Canadian Entomologist 141(4):422-424.

Boetzl, F.A., Ries, E., Schneider, G., Krauss, J. 2018: *It's a matter of design—how pitfall trap design affects trap samples and possible predictions*. Biodiversity and conservation. 6:5078.

Bolton, B. 1995: *A taxonomic and zoogeographical census of the extant ant taxa (Hymenoptera: Formicidae)*. Journal of natural history. 29:1037-1056.

Bonser, R., Wright P. J., Bament S., Chukwu U. O., 1998: *Optimal patch use by foraging workers of Lasius fuliginosus, L. niger and Myrmica ruginodis*. Ecological Entomology, 23:15-21.

Bouget, C., Brustel, H., Brin, A., Noblecourt, T. 2008: *Sampling saproxylic beetles with window flight traps: methodological insights*. Société nationale de protection de la nature et d'acclimatation de France, Paris 21-32.

Boucher, P., Hébert, Ch., Francoeur, A., Sirois, L. 2015: *Postfire Succession of Ants (Hymenoptera: Formicidae) Nesting in Dead Wood of Northern Boreal Forest*. Environmental Entomology, Entomological Society of America. 44(5) : 1316-1327.

Calixto, A. A., Harris, M.K., Dean, A. 2007: *Sampling ants with pitfall traps using either propylene glycol or water as a preservative*. Southwestern Entomologist 32: 87-91.

Czechowski, W., Radchenko A., Czechowska W., Vepsäläinen K. 2002: *The ants of Poland: with reference to the myrmecofauna of Europe = Mrówki Polski na tle myrmekofauny Europy*. Warszawa: Natura optima dux Foundation.

Fisher, B.L. 1999: *Improving inventory efficiency: A case study of leaf-litter ant diversity in Madagascar*. Ecological Applications 9: 714-731.

Gotelli, N. J., Ellison A. M., Dunn R. R., and Sanders N. J. 2010: *Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): Biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists*. Myrmecological News 15:13-19.

Greenslade, P., Greenslade P.J.M. 1971: *The use of baits and preservatives in pitfall traps*. Journal of Economic Entomology. 10: 253–260.

Greenslade, P.J.M. 1973: *Sampling ants with pitfall traps: Digging-in effects*. Insectes Sociaux 20, 343–353 .

Hahn, D.A., Wheeler, D.E. 2002: *Seasonal Foraging Activity and Bait Preferences of Ants on Barro Colorado Island, Panama*. Biotropica 34(3): 348–356.

Hölldobler, B., Wilson, E.O., 1990: *The Ants*. ISBN 0-674-04075-0.

Hölldobler, B., Wilson, E. O. 1997: *Cesta k mravencům*. Praha - Academia. ISBN 80-200-0612-5.

Horáková, J., Horák, J., 2010: *Fauna bezobratlých v ovocném sadu: příspěvek k poznání biodiverzity a populačních hustot pomocí pasivních kmenových nárazových pastí*. Acta Pruhoniciana 96: 53–64.

Hyvärinen, E., Kouki, J., Martikainen P. 2006: *A comparison of three trapping methods used to survey forest-dwelling Coleoptera*. European Journal of Entomology. 103: 397–407, 2006 ISSN 1210-5759.

Jones, J., Oldroyd B.P., 2016: *Nest Thermoregulation in Social Insects*. Advances in Insect Physiology. 33: 153-191.

Kaila, L. 1993: *A new method for collecting quantitative samples of insects associated with decaying wood or wood fungi*. Entomologica Fennica 4:21- 23.

Kaspari, M., Vargo E. L., 1995: *Colony Size as a Buffer Against Seasonality: Bergmann's Rule in Social Insects*. The American Naturalist. 145: 610-632

Krása, A. 2015: *Ochrana saproxylického hmyzu a opatření na jeho podporu*. Metodika AOPK, 156 s., ISBN 978-80-88076-15-5 (elektronická verze).

Křístek, J., 2002: *Ochrana lesů a přírodního prostředí*. Písek: Matice lesnická. Učebnice. ISBN 80-86271-08-0.

Křístek, J., Urban J., 2013: *Lesnická entomologie*. Vyd. 2., upr. Praha: Academia. ISBN: 978-80-200-2237-0.

Lawton, J.H., Bignell, D.E., Bolton, B., Bloemers, G.F., Eggleton, P., Hammond, P.M., Hodda, M., Holt, R.D., Larsenk, T.B., Mawdsley, N.A., Stork, N.E., Srivastava, D.S., Watt, A.D. 1998: *Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest*. Nature. 391: 72-76.

Leather, S. R. 2005: *Insect sampling in forest ecosystems*. Blackwell Science Ltd, Blackwell Publishing company. SB761.I56.

Lepš, J., Šmilauer, P. 2016: *Biostatistika*. Natura. Epistemie – Jihočeská univerzita : České Budějovice. 193-208. ISBN 978-80-7394-587-9.

Longino, J.T., Colwell, R.K. 1997: *Biodiversity assessment using structured inventory: Capturing the ant fauna of a tropical rain forest*. *Ecological Applications* 7: 1263-1277.

Macek, J., Straka J., Bogusch P., Dvořák L., Bezděčka P., Tyrner P., 2010: *Blanokřídli České republiky*. Praha: Academia. Atlas (Academia). ISBN: 978-80-200-1772-7.

Majer, J.D., Delabie, J.H.C. 1994: *Comparison of the ant communities of annually inundated and terra firme forests at Trombetas in the Brazilian Amazon*. *Insectes Sociaux* 41:343-359.

Majer, J.D. 1990: *The Abundance and Diversity of Arboreal Ants in Northern Australia*. *Biotropica*, Vol. 22, No. 2 (Jun., 1990), pp. 191-199.

Masner, L., Goulet H. 1981: *A New Model Of Flight interception Trap For Some Hymenopterous*. *Insects Entomological News* 92:199-2020.

Mitchell, C.E., Turner, M.G., Pearson, S.M. 2002: *Effects of historical land use and forest patch size on myrmecochores and ant communities*. *Ecological Applications*, 12(5), 1364-1377.

Moed, I., Meads, M. J. 1983: *Invertebrate fauna of four tree species in orongorongo valley, new zealand, as revealed by trunk traps*. *New Zealand Journal of Ecology*. 6:39-53.

Niemala, J., Haila Y., Punttila P., 1996: *The importance of small-scale heterogeneity in boreal forests: variation in diversity in forest-floor invertebrates across the succession gradient*. *Ecography* 19:352–368.

Økland, B. 1996: *A comparison of tree methods of trapping saproxylic beetles*. *European journal of entomology*. 93: 195-209.

Pendola, A., New, T.R. 2007: *Depth of pitfall traps - does it affect interpretation of ant (Hymenoptera : Formicidae) assemblages?* *Journal of Insect Conservation* 11: 199-201.

Romero, H., Jaffe, K. 1989: *A Comparison of Methods for Sampling Ants (Hymenoptera, Formicidae) in Savannas*. *Association for Tropical Biology and Conservation*. *Biotropica* 21: 348-352.

Punttila, P., Haila, Y., Niemelä, J., & Pajunen, T., 1994: *Ant communities in fragments of old-growth taiga and managed surroundings*. *Annales Zoologici Fennici*, 31(1): 131-144.

Sanders, C.J. 1970: *The Distribution of Carpenter Ant Colonies in the Spruce-Fir Forests of Northwestern Ontario*. *Ecology*, 51(5), 865-873.

Savolainen, R., Vepsäläinen, K. 1988: *A Competition Hierarchy among Boreal Ants: Impact on Resource Partitioning and Community Structure*. Wiley on behalf of Nordic Society Oiko. 51: 135-155.

Seifer, B. 2017: *The ecology of Central European non-arboreal ants – 37 years of a broad-spectrum analysis under permanent taxonomic control*. *Soil organisms*, 89:1-67.

Schlick-Steiner, B.C., Steiner, F.M., Moder, K., Bruckner, A., Fiedler, K. & Christian, E. 2006: *Assessing ant assemblages: pitfall trapping versus nest counting (Hymenoptera, Formicidae)*. *Insectes Sociaux* 53: 274-281.

Siitonen, J. 1994: *Decaying wood and saproxylic Coleoptera in two old spruce forests: A comparison based on two sampling methods*. *Annales Zoologici Fennici*, 31(1), 89-95.

Stein, M. B., Thorvilson, H. G., Johnson J. W. 1990: *Seasonal Changes in Bait Preference by Red Imported Fire Ant, *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae)*. *The Florida Entomologist*. 73: 117-123.

Válová, M. 2019: *Ekologické nároky mravence obrovského (Camponotus herculeanus)*. BP, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí.

Vaněk, J. 2016: *Krkonoše cestou necestou*. Vrchlabí, Správa KRNAP. ISBN 978-80-7535-025-1.

Véle A., Holuša J., Frouz J., 2009a: *Ecological requirements of some ant species of the genus *Formica* (Hymenoptera, Formicidae) in spruce forests*. *Journal of Forest Science*, 55: 32-40. 32.

Véle A., Holuša J., Frouz J., 2009b: *Sampling for ants in different-aged spruce forests: A comparison of methods*. *European Journal of Soil Biology*, 45: 301-305.

Véle, A., Holuša, J., Horák, J., 2016: Ant abundance increases with clearing size. *Journal of Forest Research*, 21 110-114.

Wang, Ch., Strazanac, J., Butler L.A. 2001: *Comparison of Pitfall Traps with Bait Traps for Studying Leaf Litter Ant Communities Division of Plant and Soil Sciences*. *Journal of economic entomology* 94(3): 761-765.

Werner, P., Wiezik M., 2007: *Vespoidea: Formicidae (mravencoviti)*. *Acta entomologica musei nationalis pragrae*. 11; 133-164.

Werner, P., Bezděčka P., Bezděčková K., Pech P., 2018: *An updated checklist of the ants (Hymenoptera, Formicidae) of the Czech Republic*. *Acta rerum naturalium.*, 22: 5-12.

Wyatt, S. A. [2004]: *Ant (Formicidae) Diversity, Species Richness, and Abundance in Response to Different Food Sources*. Department of Biology, The College of William & Mary.

Yasumatsu, K., Brown, W. L. 1951: *Revisional Notes On Camponotus Herculeanus Linne And Close Relatives In Palearctic Regions (Hymenoptera : Formicidae)*. *Kyushu University Institutional Repository* 10: 29-44.

Zahradník, J. 1987: *Blanokřídli*. Praha: Artia. 104. ISBN 37-010-87.

8.1. Mapové servery

GIS server Správy KRNAP, ©2020: *Mapový server KRNAP (online)* [cit.2019.03.20], dostupné z <<http://gis.krnep.cz/>>.

Mapy.cz. ©2019: *Seznam.cz, a.s. (online)* [cit.2019.03.20], dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.3999996&y=50.0499992&z=11>.