

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra ochrany lesa a entomologie



Vliv enviromentálních podmínek na velikost dělnic lesních mravenců

Diplomová práce

Vedoucí práce: RNDr. Adam Véle, Ph.D.

Autor práce: Bc. Marika Pálová

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Marika Pálová

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Vliv environmentálních podmínek na velikost dělnic lesních mravenců

Název anglicky

Effect of environmental parameters on the size of wood ants workers

Cíle práce

Lesní porosty s vysokým korunovým zápojem nejsou vhodným biotopem pro trvalý výskyt lesních mravenců, což se může odrazit v menší velikosti dělnic. Cílem práce je porovnat vybrané morfometrické charakteristiky dělnic mravenců rodu *Formica* odchycených na hnízdech vyskytujících se v optimálních (světliny) a suboptimálních (tmavé lesy) environmentálních podmínkách.

Metodika

- 1) Vybrat studijní lokalitu s výskytem lesních mravenců.
- 2) Vybrat alespoň 30 hnízd, z nichž polovina se bude nacházet na světlinách a polovina v zapojených porostech.
- 3) Na každém hnízdě odchytit min. 10 jedinců.
- 4) U všech odchycených jedinců změřit průměr oka.
- 4) Statisticky vyhodnotit získaná data.
- 5) Zhodnotit význam charakteru lesa na velikost dělnic.

Harmonogram

červen – září 2021: terénní práce (odchyt mravenců, popis parametrů prostředí)

říjen – prosinec 2021: zpracování dat

leden 2022: vypracování literární rešerše

březen 2022: sepsání výsledků a diskuze

Doporučený rozsah práce

40-50

Klíčová slova

biotop, korunový zápoj, lesní mravenci, světlina, velikost těla

Doporučené zdroje informací

- Batchelor, T.P., Santini, G. & Briffa, M. (2012). Size distribution and battles in wood ants: group resource-holding potential is the sum of the individual parts. *Animal Behaviour*, 83: 111-117.
- Czechowski, W., Radchenko, A. & Czechowska, W. (2002). *The ants of Poland: Hymenoptera, Formicidae*, 1st ed. Warsaw: Museum and Institute of Zoology, Polish Academy of Sciences, 200 p.
- Savolainen, R. & Vepsäläinen, K. (1989). Niche Differentiation of Ant Species within Territories of the Wood Ant *Formica polyctena*. *Oikos* 56:3-16.
- Véle, A., Holuša, J., Frouz, J. & Konvička, O. (2011). Local and landscape drivers of ant and carabid beetle communities during spruce forest succession. *European Journal of Soil Biology*, 47: 349-356.
- Véle, A., Holuša, J. & Horák, J. (2016). Ant abundance increases with clearing size. *Journal of Forest Research*, 21: 110-114.
- Véle, A. & Modlinger, R. (2019). Body size of wood ant workers affects their work division. *Sociobiology*, 66: 614-618.
- Wills, B.D., Powell, S., Rivera, M.D. & Suarez, A.V. (2018). Correlates and Consequences of Worker Polymorphism in Ants. *Annual Review of Entomology*, 63: 575-598.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

RNDr. Adam Véle, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ochrany lesa a entomologie

Elektronicky schváleno dne 3. 5. 2021

prof. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 21. 7. 2021

prof. Ing. Róbert Marušák, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 30. 08. 2021

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Vliv enviromentálních podmínek na velikost dělnic lesních mravenců, vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Adama Véleho 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:

.....

Marika Pálová

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla především poděkovat RNDr. Adamu Vélemu za vedení diplomové práce, veškerou pomoc a ochotu. Současně děkuji mé rodině a všem blízkým za trpělivost a podporu.

Abstrakt

Předložená diplomová práce se zabývá lesními mravenci, především vlivem enviromentálních podmínek na velikost dělnic lesních mravenců. Každý druh má jistou preferenci podmínek daného prostředí ve kterém se nachází, a proto bylo cílem práce potvrdit vhodnost prostředí pro výskyt lesních mravenců rodu *Formica*. Pro uskutečnění cíle byly vybrány dvě navzájem odlišné lokality lesních porostů s aktivními hnízdy. Konkrétně bylo za úkol vyhledat 30 hnízd lesních mravenců rodu *Formica* v lesních porostech, kde se polovina hnízd nacházela v optimálních (světliny) enviromentálních podmínkách a druhá polovina v suboptimálních (tmavé lesy) enviromentálních podmínkách. Z každého hnízda bylo odebráno deset dělnic lesních mravenců, u kterých byly následně změřeny a navzájem porovnány morfometrické znaky těla dělnic. Dále byla změřena šířka a výška nadzemní části hnízda, z nichž byl vypočítán objem. Změřené hodnoty byly zpracovány pomocí grafů v programu Statistica a Excel. Díky získaným výsledkům bylo možné porovnat rozdíly ve velikosti těl dělnic a zhodnotit význam charakteru lesa působící na přítomné lesní mravence.

Klíčová slova

Biotop, korunový zápoj, lesní mravenci, světlina, velikost těla

Abstract

Submitted diploma thesis focuses on wood ants, especially on the influence of environmental conditions on the size of wood ant workers. Each species has a certain preference for conditions of the environment where it is located, and therefore the aim of the diploma thesis was to confirm the suitability of the environment for the occurrence of wood ants of the genus *Formica*. Two mutually different forest environments with active nests were selected to achieve the goal. Specifically, the task was to locate 30 nests of forest ants of the genus *Formica* in forest stands, where half of the nests were in optimal (clearing) environmental conditions and the other half in suboptimal (dark forests) environmental conditions. Ten forest ant workers were captured from each nest, and the morphometric features of the workers bodies were subsequently measured and compared with each other. Next were measured the width and height of the anthill, from which was calculated volume of nest. The measured values were processed using in the Statistica program and Excel. Thanks to the obtained results, it was possible to compare the differences in the size of the workers' bodies and evaluate the significance of the character of the forest acting on the forest ants present.

Key words

Biotop, tree canopy, wood ants, clearing, body size

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíle práce	11
3	Rozbor problematiky	12
3.1	Bionomie lesních mravenců rodu <i>Formica</i>	12
3.1.1	Kolonie.....	13
3.1.2	Roční cyklus v kolonii	14
3.1.3	Mraveniště	16
3.1.4	Potrava	18
3.1.5	Dělnice	19
3.2	Faktory ovlivňující velikost těla dělnic	20
3.2.1	Abiotické prostředí	21
3.2.2	Konkurence	22
3.2.3	Výživa a využití zdrojů.....	23
3.2.4	Sociální prostředí	23
3.3	Vliv lesních mravenců na jejich okolí	24
4	Metodika	26
4.1	Charakteristika území	26
4.1.1	Světliny	27
4.1.2	Tmavé lesy	28
4.2	Sběr dat	28
4.3	Zpracování dat	31
5	Výsledky	32
6	Diskuze	35
7	Závěr	38
8	Seznam literatury a použitých zdrojů	39

Seznam obrázků, tabulek a grafů

Obrázky:

Obrázek 1: Nahřívající se dělnice na jaře (zdroj: vlastní)	15
Obrázek 2: Dělnice pracující na novém hnízdě (zdroj: vlastní)	18
Obrázek 3: Dělnice rodu <i>Formica</i> (zdroj: vlastní).....	20
Obrázek 4: Obrázek popisující vzájemné působení vnitřních a vnějších faktorů (zdroj: Wills a kol.,2018).....	21
Obrázek 5: Studované území s vyznačenými mraveništi (zdroj: geoportal.uhul.cz).....	26
Obrázek 6: Mraveniště ve světlině (zdroj: vlastní)	27
Obrázek 7: Mraveniště v tmavém porostu (zdroj: vlastní)	28
Obrázek 8: Detailní pohled na pracující dělnice (zdroj: vlastní)	38

Tabulky:

Tabulka 1: Rozměry studovaných mravenišť	30
Tabulka 2: Průměr hlavy dělnice v mm.....	31

Grafy:

Graf 1: Porovnání průměru hlavy dělnic	32
Graf 2: Porovnání průměru změřených parametrů hnízd	33
Graf 3: Porovnání průměrných hodnot objemu hnízda	34
Graf 4: Porovnání velikosti dělnic a objemu hnízd	34

1 Úvod

Hmyz zaujímá podstatnou část ekosystémů v přírodě, a proto představuje důležitou složku diverzity prostředí. Jeho užitečnost můžeme využít v hned několika pro nás důležitých odvětvích. Díky jeho malé velikosti, avšak velké početnosti se jedná o nejrozmanitější skupinu organismů na světě (Scudder, 2009). Jedním z nejpočetnějších řádů hmyzu je řád *Hymenoptera*, do kterého můžeme zařadit čeled' *Formicidae* (Bogusch a kol., 2007). Do této čeledi spadá 300 rodů mravenců, a protože jsou mravenci teplomilní, velká část se nachází v tropických a subtropických oblastech, kde můžeme najít jejich největší druhovou rozmanitost. To ovšem neznamená, že by se na našem území nenacházeli. V současné době obývá území České republiky 115 druhů mravenců (Bogusch a kol., 2007). Na rozdíl od svých příbuzných z jižních oblastí jsou mravenci na našem území drobní a jejich velikost těla dosahuje maximálně několika centimetrů. Pro některé je tedy jejich existence nepatrná, nicméně při návštěvě přírody se právě s nimi často setkáme jako první. Přítomnost mravenců má značný vliv na jimi obývané prostředí a na další obyvatele. Zejména dělnice představující pracovní sílu kolonie se často dostávají do kontaktu se svým okolím. Pro některé druhy vystupují jako predátoři a naopak pro jiné se stávají kořistí. Svou činností pomáhají rostlinám s šířením semen do okolního prostředí. Dále přemísťují značné množství půdy (Hölldobler a Wilson, 1997) a ovlivňují distribuci půdních živin (Frouz a kol., 2008). Z těchto zmíněných faktorů můžeme následně usoudit, že představují důležitou součást ekosystémů. Z cílů budoucího lesnictví, ve kterých se chceme ubírat více ekologičtějším směrem a s větším ohledem na ochranu ekosystémové biodiversity, ale zároveň s udržením dostatečné produkce dřeva, je tento cíl ztížen současnými podmínkami některých porostů. Klasickým příkladem jsou rozsáhlé smrkové monokultury, díky nimž se v prostředí zvyšuje kyselost půdy, snižuje se podíl ostatních živin a klesá odolnost vůči biotickým a abiotickým faktorům (Véle a kol., 2016). Tento problém a mnoho dalších poté ovlivňují rozmanitost organismů obývajících lesní porosty. Je tedy v našem zájmu sledovat a snažit se pochopit faktory ovlivňující jejich přítomnost. Následně se můžeme pokusit přizpůsobit dané prostředí tak, abychom dosáhly optimálních podmínek pro jejich výskyt.

2 Cíle práce

Cílem diplomové práce bylo potvrzení vlivu odlišných enviromentálních podmínek na velikost dělnic mravenců rodu *Formica*. V rámci praktické části byly vybrány porosty, ve kterých se hnízda mravenců vyskytovala v optimálních a suboptimálních podmínkách. Konkrétně byly zvoleny pro optimální podmínky světliny a pro suboptimální podmínky tmavé lesy, neboť by měla práce potvrdit, že z vybraných dvou biotopů představují světliny vhodnější biotop pro výskyt mravenců rodu *Formica*. Cílem práce bylo ze získaných dat porovnat rozdílné hodnoty velikosti dělnic, parametrů nadzemní části hnízda, vypočtený objem a na základě dosažených výsledků určit vhodnější prostředí pro lesní mravence rodu *Formica*.

3 Rozbor problematiky

3.1 Bionomie lesních mravenců rodu *Formica*

Lesní mravenci jsou z hlediska zoologického systému zařazeni do řádu blanokřídlých (*Hymenoptera*) (Buchar a kol., 1995). Zástupci tohoto řádu se vyznačují dvěma páry blanitých křídel s redukovanou žilnatinou, kdy zadní křídla jsou menší než ty přední a při letu se pojí navzájem speciálními háčky (Richards a Davies, 2015). Avšak u některých jedinců mohou křídla zcela chybět nebo jako u mravenců se vyskytují jen ve fázi rozmnožování (Hanel, 2018). Tělo jedinců je rozděleno na hlavu, hrud' a zadeček. Podle posazení zadečku k hrudi můžeme řád rozdělit na dva podřády, na širopasé (*Symphyta*) a štíhlopasé (*Apocrita*). Mravenci spadají do podřádu štíhlopasích, jenž je početnější oproti prvnímu. Zástupci podřádu štíhlopasích mají hrud' a zadeček spojen tzv. úzkou stopkou (Richards a Davies, 2015). Díky tomuto úzkému spojení se jedincům zvýší pohyblivost zadečku, která je výhodná při lovu, obraně nebo kladení vajíček (Hanel, 2018). Ústní ústrojí je primárně uzpůsobeno ke kousání, ale u některých jedinců slouží k lapání či sání. Jedná se o hmyz s proměnou dokonalou, která představuje u hmyzu nejvyvinutější formu životního cyklu. Proměna dokonalá představuje vývoj jedince od vajíčka ze kterého se vylíhne larva či housenka, jejíž fáze vývoje končí zakuklením. Larva je většinou apodní s dobře vyvinutou hlavou. Ve fázi kukly projde jedinec zásadní fyzickou změnou a na konci vývoje se nepodobá mladý dospělec předchozímu stádiu (Richards a Davies, 2015).

Největší zastoupení mravenců na světě můžeme najít v tropických a subtropických oblastech, kde se přítomné druhy mohou prezentovat nejrozmanitějšími variacemi jedinců (Bogusch a kol., 2007). Pokud se přesuneme do středoevropské oblasti, většina druhů mravenců tady obývá otevřené stepní formace a listnaté až smíšené lesy v nížinných a podhorských oblastí (Wieziková a kol., 2010). Z početného množství zástupců řádu *Hymenoptera* se na území České republiky vyskytuje více než 100 druhů mravenců. Jako nejčastější skupinu vyskytující se na našem území můžeme označit druh *Formica polyctena*, neboli jak si mnozí představí pravého lesního mravence. Tento druh obývá více než 50 % hnízd lesních mravenců v lesních porostech. Oproti jiným druhům jeho hnízda nabývají mohutnějších rozměrů a mohou dosáhnout v průměru až 3 metry, ačkoli jsou stavěna z jemnějšího materiálu (Véle a Holuša, 2007).

3.1.1 Kolonie

Mravenci z hlediska způsobu svého života představují pečlivě organizovaný sociální hmyz (Hölldobler a Wilson, 1990). Pojem sociální hmyz nám vymezuje určitý počet vlastností. Abychom takto některý druh mohli označit, první podmínkou je specializace jednotlivců v rámci určitých úkonů, kdy v rámci jednoho hnízda všichni jedinci spolupracují na jeho stavbě, shánění potravy a péči o potomstvo. Druhou podmínkou je rozdělení funkcí jedinců při rozmnožování. Třetí a poslední podmínkou je překrývání nejméně dvou generací, to znamená, že neplodné dělnice pomáhají matce s péčí o mladší jedince nebo zcela zastupují tuto funkci (Žďárek, 2013).

U lesních mravenců se kolonie skládá ze tří morfologicky odlišných kast: dělnice, samice a samci (Zacharov, 1984). Do nejpočetnější kasty patří dělnice, které vykonávají veškeré podstatné úkony pro chod mraveniště, jako stavbu hnízda, péči o potomstvo a samičku, shánění potravy a případnou obranu vůči nepříteli. Mladší dělnice se nejdříve starají o chod uvnitř hnízda a po získání více zkušeností se začínají podílet na práci mimo mraveniště, kde jim hrozí větší nebezpečí. Jejich největší prioritou je péče o královnu a její potomstvo. Jediným úkolem samičích královen je obstarávání nové generace a to hluboko uvnitř hnízda, kde jsou chráněny před nebezpečím. Svou velikostí dvakrát převyšují dělnice a jsou přímo odkázány na jejich péči (Schieb, 2021). Samci se v hnízdech vyskytují během období páření a jejich úkolem je oplodnění mladých samic během svatebního letu (Zacharov, 1984). K založení nové kolonie může mladá oplodněná samička využít hned několik způsobů (Schieb, 2021). Jedním z obtížnějších způsobů je, že se samička pokusí založit nové hnízdo sama nebo za pomoci jiného druhu mravenců. Pokud se samička rozhodne založit hnízdo vlastními silami, vytvoří si na vhodném místě komůrku, do které naklade vajíčka. Protože zprvu neexistují žádné dělnice, jež by se o mladou samičku postaraly, živí se požíráním vlastních vajíček. Tento způsob založení hnízda je značně obtížný a jen velmi malé procento takto založených hnízd dokáže přežít následující zimu. U druhého způsobu, kdy si samička zvolí založit hnízdo pomocí jiného druhu mravenců, vyhledá už existující hnízdo některého poddruhu mravenců a násilně do něj vnikne. Po vniknutí vyhledá a usmrtí stávající královnu a zaujme její místo v mraveništi. V krátkém čase po vniknutí začne samička snášet své potomstvo, o které se původní mravenci starají jako o vlastní. Dalším způsobem založení nového hnízda může být oddělováním dceřiných hnízd, tento způsob představuje pro mladou samičku největší šanci na přežití (Zacharov, 1984). Princip spočívá v odchodu mladé samičky společně

s malým počtem dělnic. Tímto způsobem vzniká síť sociálních jednotek, které jsou navzájem spojené několika prvky, jako značenými cesty nebo výměnou dělnic. Ačkoli se každá množí a roste samostatně (Hölldobler a Wilson, 1997). Zmíněná možnost vytváření dceřiných kolonií je umožněna díky tzv. rodinnému roji. Velká početnost jedinců v kolonii umožnila mravencům vyvinout si tuto techniku, při které každý dílčí roj je osamostatněn v rámci svých úkonů (vlastní plod, samice, dělnice, potravní cesta) i když se nachází v blízkém okruhu mateřského hnízda nebo má svůj vlastní prostor uvnitř (Zacharov, 1984).

3.1.2 Roční cyklus v kolonii

Jelikož hmyz patří mezi ektotermní organismy, je jejich aktivita přímo vázána na podmínkách okolního prostředí, především na hodnotě teploty vzduchu (Heinrich, 1995). Ovlivnění aktivity mravenců změnou teploty můžeme pozorovat během roku především na jaře a na podzim. V jarním období teplota hnízda rychle narůstá a na podzim pomalu sestupuje spolu s okolní teplotou (Coenen-Stass a kol., 1980). Podle Kadochové a Frouze (2014) je nejvyšší teplota v hníždě v červnu a nejnižší v září. Díky těmto poznatkům můžeme vymezit období kdy jsou mravenci během roku aktivní.

Roční cyklus kolonie začíná na jaře (únor až březen), kdy se okolní teplota hnízda zvyšuje a začne se zahřívat hnízdo kolonie (Miles, 2000). Mravenci se po zimní nečinnosti probouzejí pokud okolní teplota vzduchu přesáhne 6 °C (Hruška, 1980). Na vrchu hnízdní kupy se shlukují dělnice, které si nahřívají svá těla (Miles, 2000). Pokud je příznivé slunečné počasí, během března či začátkem dubna, mohou se na povrchu hnízda objevit i královny, jež se též vyhřívají. Tělo mravenců dokáže rychle pohlcovat tepelnou energii díky jejich tmavému zbarvení (Hruška, 1980). Po nahřátí na slunci odchází dělnice zpět do hnízda (Miles, 2000). Nahřívání na slunci jim může trvat 10 až 21 minut (Véle a Holuša, 2007). S příchodem do hnízda se nahřáté dělnice shromáždí v tepelném jádře hnízda a tam se z jejich těla uvolňuje teplo a postupně zahřívá hnízdo na teplotu v rozmezí 24 - 27 °C (Miles, 2000). Tepelné jádro hnízda je velmi důležité pro kolonii z hlediska vývoje plodu. Při dosažení optimální teploty (26 - 29 °C) začne samička snášet tzv. zimní snůšku. Z ní se líhnou pouze okřídlení samci a samičky. Po této snůšce samička snáší do září tzv. letní snůšku, ze které se líhnou dělnice (Hruška, 1980). V případě teplého počasí začínají dělnice opouštět hnízdo a aktivně vyhledávat potravu v okolí mraveniště či donášet materiál na opravu hnízda po zimním období (Miles, 2000). Koncem dubna do května probíhá rojení pohlavních

jedinců (Véle a Holuša, 2007). Během léta a především na jeho konci nastává podzimní fáze při níž dosahuje hnízdo své maximální velikosti a dělnice intenzivně sbírají potravu, ze které si ukládají zásoby. Ty se jim ukládají do zadečku, který se jim nápadně zvětšuje. Uložené zásoby dělnic představují důležitý prvek pro přežití kolonie v zimním období, jelikož jim musí vystačit do příštího jara a živí se z nich nejen ony, ale i královna a mladé vylíhnuté larvy na jaře (Miles, 2000).



Obrázek 1: Nahřívající se dělnice na jaře (zdroj: vlastní)

Zimní klidové období začíná s příchodem chladného počasí, které působí na aktivitu mravenců. Klesající teplota snižuje aktivitu dělnic, které se postupně shromažďují do podzemní části hnízda (Miles, 2000). To obvykle nastává pokud okolní teplota vzduchu klesne do rozmezí 0,5 - 1,5 °C (Véle a Holuša, 2007). Před upadnutím do zimní strnulosti dělnice uzavrou vchody do hnízda a zpevní jeho stěny. Při zimní strnulosti spočívají mravenci v klidovém stavu a spotřebovávají malé množství nashromážděných zásob ze zadečku. Malý počet dělnic zůstává v nadzemní části a slouží jako informátoři pro ostatní v kolonii. Tato skupina se skládá především ze starších dělnic. Pokud dojde k teplotní změně na povrchu, mohou se předčasně vydat na povrch hnízda (Miles, 2000).

3.1.3 Mraveniště

Mravenci z rodu *Formica* si jako své útočiště a domov budují hnízda ve tvaru kupy, známá jako mraveniště. Mohou nabývat různých tvarů, avšak nejčastěji se můžeme setkat s hnízdem ve tvaru kužele. Mraveniště může často dosahovat až několik desítek centimetrů na výšku, ovšem to neznamená, že by se nic nenacházelo pod ním. Proto můžeme jejich hnízda rozdělit na dvě části a to část nadzemní a podzemní, kdy právě podzemní část, ač je oku neviditelná, se rozměry téměř podobá části nadzemní. V nadzemní části hnízda se nachází tepelné jádro, které zabírá velkou složku nadzemní části (Miles, 2000). Představuje nejdůležitější prvek nadzemního kužele hnízda. V této části hnízda je vyprodukována nejméně polovina z celkového vzniklého tepla v mraveništi, a proto se zde ukládají snesená vajíčka mravenců. V lesních porostech můžeme najít mraveniště dosahující v průměru 100 cm výšky, 30 cm šířky a hloubky 50 cm. Váha takového hnízda může nabývat hmotnosti až 82 kg (Lamprecht, 2003). Jiní autoři uvádí průměrné hodnoty hloubky hnízda 1 až 1,5 m. Nicméně se můžeme shodnout, že velikost hnízd mravenců závisí na materiálu, který použijí při stavbě a tedy na rozličnosti druhové skladby porostů, kde se hnízdo nachází (Véle a Holuša, 2007).

Při stavbě mraveniště vynášejí dělnice na povrch jemný materiál zahrnující i zeminu. Další materiál sbírají v okolí budovaného hnízda a to ve formě hrubého materiálu (větviček, jehličí, části rostlin) a shromažďují ho v nižších částech tvořeného hnízda (Véle a Holuša, 2007). Po donesení ho předají dělnice jiným a tak je transportován na potřebné místo (Schieb, 2021). Takto mravenci vytvoří vnitřní kužel mraveniště, který představuje nejdůležitější prvek při stavbě mraveniště. Materiál, který mravenci vynesou z podzemní části je použit ke stavbě hnízdního valu (Véle a Holuša, 2007). Ten se v případě prosperujícího mraveniště každým rokem zvětšuje (Klejduš, 2021). Hnízdní val se přímo napojuje na kupu mraveniště a je vůči okolnímu terénu vyvýšený. Povrch valu mravenci pokryjí materiálem z něhož se dále staví kupa hnízda. Tyto dva prvky můžeme od sebe rozeznat odlišným sklonem stěn. Jako poslední část mravenci vystaví tzv. dvůr, jehož povrch bývá zarovnaný a pokrytý jemným hlinitým materiálem. Pod celou vystavěnou kupou se nacházejí v podzemí cesty a komůrky (Véle a Holuša, 2007). Aby byli mravenci schopni donést materiál z okolí hnízda na potřebné místo jsou horní čelisti dělnic vybaveny kusadly a slouží jako hlavní pracovní prostředek. Díky silným ohýbacím svalům jsou schopny vytvořit větší úhel otevření čelistí a tím donést mohutnější stavební materiál. Pokud je pro ně určitý materiál příliš

těžký, přenesou ho ve skupině společně (Schieb, 2021). Tvar mraveniště ovlivňuje 5 důležitých faktorů a to materiál použitý při výstavbě, teplota, osvětlení, vlhkost vzduchu a půdy. Mravenci rodu *Formica* si nejčastěji budují hnízda plochá až homolovitá a zakládají je na pařezu nebo hromádce klestu (Véle a Holuša, 2007). Někteří autoři se domnívají, že tvar mraveniště závisí na příznivé hodnotě vlhkosti a teploty, kterou preferují dělnice starající se o potomstvo. Poněvadž rozmístění dělnic starajících se o potomstvo má vliv na dělnice stavějící hnízdní kupu, často tedy můžeme najít téměř symetrická hnízda v tmavých lesích, kdežto v lesích s nerovnoměrnými světelnými podmínkami jsou hnízda asymetrická. To by mohlo být způsobeno snahou dělnic stavět a neustále měnit hnízdo v rámci orientace světla a tudíž tepla (Romey, 2002).

Hnízdo slouží mravencům k udržování optimální teploty a vlhkosti, jenž je zapotřebí k vývoji zdravého plodu (Véle a Holuša, 2007). To zajišťuje vnější část vybudované kupy, která se skládá z 10 cm krycí vrstvy. Materiál je hustě upevněn pomocí pryskyřice z okolních stromů, která na slunci změkne a poté slepí materiál dohromady. Krycí vrstva poskytuje ochranu vnitřku hnízda před abiotickými činiteli (déšť, vítr) (Schieb, 2021) a také slouží k regulaci ztrát tepla a vlhkosti (Hölldobler a Wilson, 1990), můžeme ji tedy označit jako izolaci mraveniště (Schieb, 2021). Dobrá izolační vrstva zajišťuje nejen udržení teploty, ale naopak chrání hnízdo proti nadměrnému ohřívání. Tato užitečná funkce je umožněna díky výborným izolačním vlastnostem organického materiálu. Kvalitní zabezpečení izolace hnízda umožní dělnicím častěji opouštět hnízdo a tím se jim prodlouží čas strávený lovem (Véle a Holuša, 2007).



Obrázek 2: Dělnice pracující na novém hnízdě (zdroj: vlastní)

3.1.4 Potrava

Jako u kteréhokoli živého organismu hraje potrava důležitou roli v jejich životě, především u početné mravenčí kolonie. Její nedostatek či nízká kvalita má přímý vliv na život celé kolonie, proto je pro ně nesmírně důležité vypilovat svoji strategii ve hledání potravy, případně se adaptovat vůči nepříznivým podmínkám a následně si vytvořit nové způsoby pro zvýšení efektivity při jejím sběru (Véle a Modlinger, 2016). Teritorium, kde mravenci obvykle obstarávají potravu se pohybuje v okruhu max. 100 metrů okolo hnízda. Celé toto území mají dělnice protkané označenými cestami (Miles, 2000) a právě ony představují pro kolonii jednu z úspěšných adaptací při sběru potravy. Díky nim se dělnice snadněji orientují v okolním prostředí a v případě nové příležitosti vyšlou novou zprávu ostatním dělnicím a tímto způsobem využívají pro ně nejvýhodnější dostupné zdroje potravy v prostředí (Rosengren a Fortelius, 1987). Potrava lesních mravenců se skládá zejména ze dvou složek a to bílkovin a cukrů. Bílkoviny získávají z ulovených bezobratlých živočichů (Véle a Modlinger, 2016). Pro získání potravy bohaté na cukry si mravenci vytvořili zajímavý vztah s bezobratlými zástupci mšic. Tento vztah můžeme

nazvat jako tzv. trofobiózu, která představuje vzájemně prospěšný vztah mezi dvěma zmíněnými bezobratlými. Díky jejich společné interakci získávají mravenci od mšic jejich výměšky, neboli medovici a následně mšicím poskytují ochranu před predátory (Hölldobler a Wilson, 1990). Medovice představuje pro mravence vysokou zásobu cukrů (až 90 % složení medovice), kterou od mšic olizují a sbírají. (Wieziková a kol., 2010). Za rok kolonie s přibližně milionem jedinců dokáže spotřebovat 28 kg hmyzu a 200 l medovice (Miles, 2000). Z hlediska predančního tlaku mravenců vůči ostatním bezobratlým živočichům můžeme využít jejich přítomnosti pro snížení hustoty některých lesnicky významných škůdců, jako larev rodu *Symphyta*, *Pristiphora abietina*, *Panolis flammea* apod. (Véle a Modlinger, 2016).

3.1.5 Dělnice

Dělnice představují pro kolonii mravenců nejpočetnější kastu a velice důležitou součást. Vyjma kladení nové generace, zajišťují všechny potřebné činnosti pro chod kolonie, přes stavbu samotného hnízda, shánění potravy, krmení královny, starání se o potomstvo po obranu hnízda a kolonie (Žďárek, 2013). Počátek jejich vývoje a pracovitěho života začíná na jaře, samička v tuto dobu klade vajíčka letní snůšky, ze kterých se po 14 dnech líhnou mladé larvy dělnic. Samička dokáže průměrně snést až 30 vajíček za den a v tomto procesu pokračuje až do září (Miles, 2009). Jelikož jsou mladé larvy dělnic beznohé a slepé, starají se o ně starší dělnice a podobně jako u samičky je krmí potravou. Tělo mladých larev je pokryté drobnými chloupky, pomocí nichž se mohou spojit do skupinek a tím ostatním dělnicím usnadňují práci při přenášení larev v kolonii na vhodnější místo. Během 10 dnů růstu se mladé larvy zakuklí a z kulek se již po 14 dnech líhnou mladé dospělé dělnice, které se hned po zpevnění jejich chitinové vnější vrstvy podílejí na chod v kolonii (Miles, 2000). Zajímavým prvkem u dospělých dělnic je morfologická odlišnost jejich těla. Jedná se o tzv. polymorfismus, díky němuž můžeme v kolonii nalézt dělnice různých velikostí a tvarů (Billick a Carter, 2007). Oproti dělnicím mravenců vyskytujících se v tropických oblastech, u kterých jsou značné rozdíly jak ve velikosti, tak ve tvaru jednotlivých částí těla. U mravenců vyskytujících se na našem území není polymorfismus tolik výrazný (Soudek, 1922). Nejčastěji u nich můžeme najít rozdíly ve velikosti těla. Tyto tělesné rozdíly jednotlivým dělnicím umožní lépe zajišťovat funkci, kterou v kolonii vykonávají. Například dělnice sbírající medovici od mšic jsou často velikostně menší než dělnice, které mají za úkol tuto potravu

skladovat (Billick a Carter, 2007). Nebo dělnice zastávající obranu mraveniště často bývají velikostně větší než ostatní (Novák a Sadil, 1941).

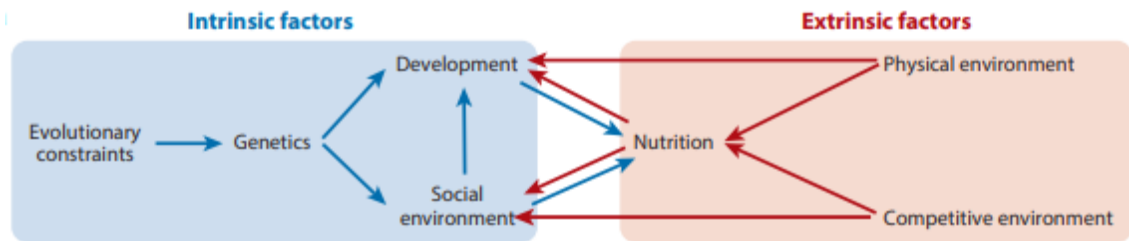


Obrázek 3: Dělnice rodu *Formica* (zdroj: vlastní)

3.2 Faktory ovlivňující velikost těla dělnic

Velikost těla u hmyzu představuje klíčový faktor ovlivňující jejich přežití (Wills a kol., 2018) a právě mravenci reprezentují skupinu u níž můžeme nalézt rozmanitou škálu variability ve velikosti jejich těla (Véle a Modlinger, 2019). Velikost těla ovlivňuje mnoho aspektů života jedince, přes metabolismus, termoregulaci, pohyb, reprodukci po délku jeho života a složení potravy. Mimo zmíněné faktory mající vliv na jedince hraje velikost těla následně důležitou roli v interakci jedince s abiotickými a biotickými složkami prostředí (Wills a kol., 2018). Zvláště u dělnic je tento faktor podstatný, jelikož se právě ony nejčastěji vystavují nebezpečí. Velikost těla jedinců je podmíněna jak vnitřními faktory (genetika, věk kolonie, potřeba dělnic k obraně kolonie či sběru potravy), tak vnějšími (prostředí, dostupnost potravy, znečištění prostředí),

kteře se následně vzájemně ovlivňují (Véle a Modlinger, 2019). Mezi nejvýznamnější vnější faktory ovlivňující velikost těla dělnic můžeme zařadit působení abiotického prostředí, sociální prostředí v kolonii, konkurenci a množství kvalitní potravy (Wills a kol., 2018).



Obrázek 4: Obrázek popisující vzájemné působení vnitřních a vnějších faktorů (zdroj: Wills a kol.,2018)

3.2.1 Abiotické prostředí

Okolní prostředí a jeho působení na kolonii může mít silný vliv na její fungování jako u ostatních bezobratlých živočichů. Hodnota fotoperiody, která nám představuje délku doby denního světla spolu s okolní teplotou přímo působí na načasování larválního vývoje bezobratlých jedinců a jejich přežití (Wills a kol., 2018). Ze všech aspektů abiotického prostředí nám především teplota představuje nejdůležitější faktor, který působí na aktivitu celé kolonie a s ní spojené navazující procesy (Véle a Holuša, 2007). Teplota okolního prostředí určuje přítomné kolonii podmínky pro reprodukci, zejména načasování v reprodukci jednotlivých kast. Krom toho je její hodnota významná pro délku larválního vývoje, pro který je optimální hodnota teploty v rozmezí 24 – 32 °C (Wills a kol., 2018). Podle Kaspariho (2005) mají tendenci dělnice vyskytující se v klimaticky teplejším prostředí být velikostně menší než dělnice přítomné v chladnějším prostředí. Dále druhy s menšími dělnicemi mají pravděpodobně více možností v mezidruhové interakci než u druhů s většími dělnicemi (Kaspari, 1993). Z tohoto stanoviska je pro mravence polymorfismus dělnic nejvýhodnějším přizpůsobením v rámci struktury prostředí. Mohou se tak dostat na místa, kam by se buď menší nebo větší dělnice nedostaly. Příkladem výhodného polymorfismu dělnic pro kolonii může být situace, jestliže se kolonie bude nacházet v prostředí s vysokou hustotou vegetace v okolí hnízda. Pokud se bude kolonie nacházet ve světlejším a teplejším prostředí, bude se pravděpodobně zvyšovat hustota okolní vegetace ve prospěchu světlomilných rostlin. To sice kolonii nabídne početnější rozmanitost potravy a stavebního materiálu, avšak vyšší hustota vegetace sníží rychlost pohybu dělnic

a velikost kořisti, kterou budou dělnice schopny přinést. Proto kolonie ve které budou přítomny polymorficky rozdílné dělnice mohou potenciálně využít obě výhody dané pro jejich tělesné uzpůsobení (Wills a kol., 2018). Dalším vlivem teploty na aktivitu kolonie je, že se při poklesu teploty snižuje agresivita mravenců a následně i jejich celková aktivita. Oba dva procesy jsou spjaty se spotřebou bílkovinných zásob jedinců, a proto se mravenci snaží omezit svou aktivitu a jiné interakce, aby si zbytečně neubírali z uložených zásob, které jsou pro ně důležité při přežití v nepříznivých podmínkách (Wieziková a kol., 2010).

3.2.2 Konkurence

Jelikož mravenci a především dělnice starající se o sběr potravy, žijí přisedlým způsobem života, dochází často k interakci s ostatními terestrickými druhy, zejména s jinými druhy mravenců (Wieziková a kol., 2010). Často tak mravenci představují pro sebe své nejhorší nepřitele, a proto pro ně velikost těla při konkurenci a predaci s ostatními druhy mravenců hraje důležitou roli (Wills a kol., 2018). V důsledku jejich styku dochází k boji o využitelné zdroje prostředí a prostor (Wieziková a kol., 2010). V mnoha interakcích může právě velikost těla určit výsledný dopad vzájemného střetu. Na úspěšný výsledek má vliv individuální bojové schopnosti jedince, tělesná stavba spolu s velikostí, agrese a v neposlední řadě velikost čelistí a hlavy (Wills a kol., 2018). Agresivita je podle Batchelora a kol. (2012) u větších jedinců vyšší než u menších jedinců. Z obecného hlediska představují větší dělnice více agresivní a zdatnější bojovníky. Dokáží se též rychleji pohybovat a na větší vzdálenost. Mají také lepší orientační smysl v prostředí a v důsledku větší velikosti těla jsou schopni ulovit mohutnější kořist, která zajistí kolonii větší množství potravy (Véle a Modlinger, 2019). Pokud dojde k souboji dvou mravenců je předurčen k vítězství ten s lepšími bojovými schopnostmi. Ovšem v případě, kdy dojde k boji na otevřeném prostranství, ve kterém dochází k interakci více jedinců, má větší šanci na vítězství početnější strana oproti individuálně lepším bojovníkům (Wills a kol., 2018). Podle Véleho a Modlingera (2019) se velikostně největší dělnice vyskytují na horní části hnízdní kupy a jejich přítomnost představuje důležité postavení v údržbě a obraně mraveniště. Při hledání potravy se velikostně odlišné dělnice mohou vzájemně doplňovat a efektivně zvýšit svoji práci, kdy menší jedinci vyhledají a donášejí potravu zpět do hnízda. Zatímco větší dělnice hlídají a brání potravu před možnými predátory (Wills a kol., 2018).

3.2.3 Výživa a využití zdrojů

Výživa a využití zdrojů hraje ve velikosti těla snad nejdůležitější roli ze všech faktorů, protože jedinci určuje velikost potravy, kterou jsou schopni přenést do hnízda, spotřebovat a vytvořit si z ní tělesné zásoby. Jedincům jejich větší velikost umožňuje donést do kolonie mohutnější kořist. Ačkoliv mravenci jsou známí vzájemnou spoluprací, proto pokud je kořist pro jednu dělnici příliš velká, mohou ji přenést do kolonie v týmu několika jedinců (Schieb, 2021). V tomto případě je bezesporu výhodnější pokud jsou dělnice větší velikosti. Ale nesmíme zapomínat, že i menší dělnice mají ve využití potravních zdrojů několik výhod. Při svém početnějším množství v kolonii zastávají funkci sestřiček, kdy jejich úkolem je zpracovávat donesenou potravu a dále ji donášet k potřebnému zdroji (krmení samičky, larev) (Wills a kol., 2018). Dalším důležitým příkladem ve využití zdrojů je uchování potravy v tělesných zásobách jedinců. Jelikož jim tyto zásoby slouží k přežití v zimním období a poté na jaře dalšího roku je při ukládání těchto zásob větší velikost jedinců velkým pozitivem (Miles, 2000). Z hlediska parametrů výživy je její působení patrné už v první fázi vývoje mladého jedince. Především velikostně větší dělnice vyžadují při svém vývoji vyváženou stravu z bílkovin a cukrů, protože oproti menším jedincům investují do biologických procesů mnohem více zdrojů. Kromě množství potravy je důležitá i její kvalita (Wills a kol., 2018). Ve studii zaměřené na velikost těla dělnic Véle a Modlinger (2019) zjistili, že dělnice, které se živí především potravou složenou z bílkovin jsou tělesně větší než dělnice živící se potravou převážně složenou z cukrů. Nesmíme zapomenout, že jak množství, tak kvalitu dostupné potravy ovlivňuje okolní prostředí. V rámci klimatické změny se mohou oba faktory snížit a mravenci se musí této změně přizpůsobit. Pokud nastane takováto situace může se kolonie adaptovat a následně uzpůsobit svoje investování zdrojů do větších dělnic (Wills a kol., 2018).

3.2.4 Sociální prostředí

Posledním z důležitých faktorů mající vliv na velikost dělnic je sociální prostředí jejich kolonie. Tímto slovním spojením jsou myšleny činitele, které jsou přímo spojeny s vlastnostmi kolonie a jejím vývojem jako celku (věk a velikost kolonie, sociální forma, rozdělení kast apod.). Působení sociálního prostředí si můžeme všimnout u kolonií, které jsou věkově starší a velikostně početnější, protože právě v nich máme šanci zaznamenat velikostně rozdílné jedince. Důvodem je, že si starší a větší kolonie může dovolit investovat do produkce větších jedinců aniž by ji to ohrozilo na přežití. Jelikož jinak

menší dělnice představují pro samičku menší riziko v produkci při začátcích vývoje kolonie. Proto s postupně se zvětšující se kolonií roste počet velikostně větších dělnic (Billick a Carter, 2007).

3.3 Vliv lesních mravenců na jejich okolí

Mravenci představují velmi důležitou součást v suchozemských ekosystémech, kde svou přítomností přímo i nepřímo ovlivňují tok energie a látek v prostředí. Jejich počet tvoří dohromady téměř polovinu biomasy hmyzu. Díky jejich vysokému počtu a pohyblivosti jedinců je můžeme zařadit mezi tzv. ekosystémové inženýry. Z tohoto tvrzení vyplývá, že jsou schopni aktivně ovlivňovat životní podmínky jiných organismů. A právě jejich vysoký počet jim dále umožňuje měnit prostředí nejen v okolí hnízda, ale i v širším prostředí. Mravenci získali dominantní postavení na většině terestrických stanovištích, proto se na ně váže značně velké množství ostatních bezobratlých. Jedná se především o jedince z řad roztočů, mnohonožek, dvoukřídlých, brouků a blanokřídlých (Wieziková a kol., 2010). Svou aktivitou mají vliv hned na několik vlastností půdy. Svým působením dokáží snížit půdní vlhkost a naopak zvýšit hojnost mikroflórních organismů. Dokáží ovlivnit zastoupení některých půdních prvků a pozměňují pH půdy (Frouz a kol., 2005). Nejen samotní jedinci, ale i mravenčí hnízda mají vliv na půdu. Mravenišťe jsou zdrojem organických zbytků a dochází v nich k přesunu půdy, díky jemuž následně nastává změna v mechanickém a chemickém složení půdy. I přes nepřítomnost jedinců jsou opuštěná hnízda neboli spíše půda pod nimi odlišná od okolní půdy prostředí a to po velmi dlouhou dobu (Kristiansen a Amelung, 2001).

Kromě podzemní části prostředí mají mravenci vliv i na okolní prostředí, kdy mimo zmíněné bezobratlé živočichy působí i na okolní vegetaci. Působení mravenců na rostliny začíná od počátku stavby hnízda. Právě při stavbě dochází k přesunu rostlinného materiálu (jehličí, část rostliny, šupina šišky apod.) na stavbu hnízda. Především pro rostliny je důležitým prvkem přenos jejich semen. Ty mravenci donášejí do hnízda jako potravu nebo jako stavební prvek. Pokud jsou semena přenesena mravenci do jejich hnízda, mají zde šanci v bezpečí vyklíčit. Avšak semena jsou často při přenosu mravenci do hnízda ztracena. Na 1 m veliké dráze mravenci dokáží upustit 8 – 10 % velkých semen a 20 – 100 % malých semen. Rostliny se díky tomu mohou šířit do okolí a zvyšovat svoji oblast rozšíření (Gorb a Gorb, 1995). Vztah rostlin k mravencům můžeme rozlišit na dva druhy a to na rostliny myrmekochorní

a nemymekochorní. V prvním případě využívají myrmekochorní rostliny mravence pro šíření jejich semen, neboť jim takto mravenci poskytují ochranu před býložravci nebo jim více vyhovují podmínky pro klíčení v hnízdě. Jelikož se půda pod hnízdem a přibližně 1,5 m od hnízda v okolní liší svými vlastnostmi, nemusí tyto podmínky některým rostlinám vyhovovat. Často také mravenci okusují kořínky rostlinám, které rostou na hnízdě. Proto jsou jejich protikladem rostliny nemymekochorní, kterým naopak podmínky v hnízdě nevyhovují pro klíčení. Mravenci poskytují rostlinám nejen pomoc při šíření, ale i přítomné rostliny ochraňují před případnými škůdci (Gorb a Gorb, 1999).

Lesní mravenci představují v lesním ekosystému významný prvek potravních řetězců lesních živočichů. Pro mnohé jedince jsou základní potravní složkou, především u jejich mláďat. Kdežto jiní jedinci využívají mravence pro jiné, pro ně prospěšné účely. Jeden z nich velmi často využívají zástupci z vybraných druhů ptactva, kdy jim mravenci poskytují tzv. mravenčí koupel (Zacharov, 1984). Princip mravenčí koupele spočívá v přistání ptáků na hnízdě, kde mravenci zahájí útok v podobě vystříknutí kyseliny mravenčí ze svého zadečku (Schieb, 2021). Tímto způsobem se ptáci chrání proti vnějším parazitům v peří (Véle a Holuša, 2007).

4 Metodika

4.1 Charakteristika území

Pro zkoumané území byly zvoleny lesy v okolí města Týnec nad Sázavou, které se nachází severozápadně od města Benešov. Město spadá do Středočeského kraje. Stanoviště, kde se nacházela hnízda leží v nižších polohách nadmořské výšky, konkrétně mezi 313-346 m n. m. Z geologického hlediska území patří do středočeské oblasti a do soustavy Českého masivu (Geologická mapa). Jako dominantní jednotka půd se zde nachází kambizem dystriická nebo mesobazická (Půdní mapa). Průměrná roční teplota na území byla 9 °C a poměrný roční úhrn srážek byl 627 mm pro Středočeský kraj (Český hydrometeorologický ústav).

Lesní porosty, v nichž se nacházela aktivní mraveniště, byly vybírány na základě vysokého nebo naopak nízkého korunového zápoje, který představuje vzájemný dotyk a prolínání větví stromů (Simon a Vacek, 2008).



Obrázek 5: Studované území s vyznačenými mraveništi (zdroj: geoportal.uhul.cz)

4.1.1 Světliny

Mezi první stanoviště na zkoumaném území byly vybrány světliny, které poskytovaly otevřený terén v lesní krajině s bohatou faunou i flórou. Světliny jsou charakteristické tím, že sluneční záření dopadá v porostu až k zemskému povrchu a nachází se zde zástupci světlomilných rostlin v bylinném patře. Dalším znakem světlin je nižší korunový zápoj (Čížek a kol., 2016). Zvolená stanoviště představovala nejvíce dvouetážové porosty se staršími dřevinami v horní etáži a mladými zástupci v dolní etáži. Zejména se jednalo o listnaté nebo smíšené porosty, nejčastěji se zastoupením dubu, buku, borovice a smrku s příměsí javoru, modřínu, jedle. Mraveniště v těchto porostech byla spíše menší velikosti, oproti mraveništím v tmavých lesích. Některá hnízda byla postavena v blízkosti pařezu nebo byla částečně porostlá bylinnou vegetací.



Obrázek 6: Mraveniště ve světlině (zdroj: vlastní)

4.1.2 Tmavé lesy

Druhé stanoviště na zkoumaném území představovaly tmavé lesy. Oproti světlinám se jednalo o lesní porosty s vysokým korunovým zápojem. Díky vysokému korunovému zápoji je hodnota dopadajícího světla mnohem nižší. Oproti světlinám se ve většině případů, kde se nacházela aktivní hnízda, jednalo o mladší lesní porosty a převážně o smrkové monokultury nebo jehličnaté porosty se zástupci smrku, borovice a modřínu. Přítomná hnízda byla větších rozměrů a dosahovala až několika desítek centimetrů. Díky jednotvárnosti dřevinné skladby a nižšímu propustnosti světla se v blízkosti hnízd nenacházelo takové množství bylinného pokryvu jako u světlin.



Obrázek 7: Mraveniště v tmavém porostu (zdroj: vlastní)

4.2 Sběr dat

Sběr dat probíhal ve zvolené lokalitě v období srpen-září, kdy byli mravenci stále aktivní. Pro sběr dat bylo zvoleno 30 mravenišť, z nichž polovina se nacházela na stanovištích se zapojeným porostem a druhá polovina ve světlinách. U každého mraveniště se ručně odebralo 10 dělnic pomocí pinzety, které byly dány do příslušné zkumavky a následně označeny číslem pro příslušné mraveniště. Poté se vzorky s mravenci zakonzervovali pomocí roztoku lihu a octa v poměru 2:1.

U každého mraveniště byla změřena jeho výška a šířka v centimetrech. Změřené údaje byly zapsány do předem připravené tabulky a následně byl pomocí vzorce vypočítán objem nadzemní části pro každé mraveniště (Dad'ourek, 2008). Výpočet objemu mraveniště byl stanoven pomocí vzorce pro objem rotačního paraboloidu, tedy podle vzorce $V = \frac{1}{2} * \pi * r^2 * h$. Kde r představuje poloměr kupy a h výšku hnízdní kupy (Formica, 2005).

Tabulka 1: Rozměry studovaných mravenišť

Typ stanoviště	Číslo hnízda	Výška (cm)	Šířka (cm)	Objem (dm ³)
Světliny	1	31	86	4,19
	2	24	68	2,56
	3	10	78	1,23
	4	28	102	4,49
	5	143	120	26,95
	6	32	116	5,83
	7	18	64	1,81
	8	49	87	6,70
	9	29	98	4,46
	10	40	92	5,78
	11	36	101	5,71
	12	25	69	2,71
	13	32	86	4,32
	14	23	55	1,99
	15	39	80	4,90
Tmavé lesy	16	57	70	6,27
	17	71	224	24,98
	18	21	147	4,85
	19	55	147	12,70
	20	34	80	4,27
	21	44	97	6,70
	22	56	128	11,26
	23	37	93	5,41
	24	48	126	9,50
	25	39	101	6,19
	26	63	150	14,84
	27	48	119	8,97
	28	10	54	0,85
	29	53	75	6,24
	30	42	115	7,59

4.3 Zpracování dat

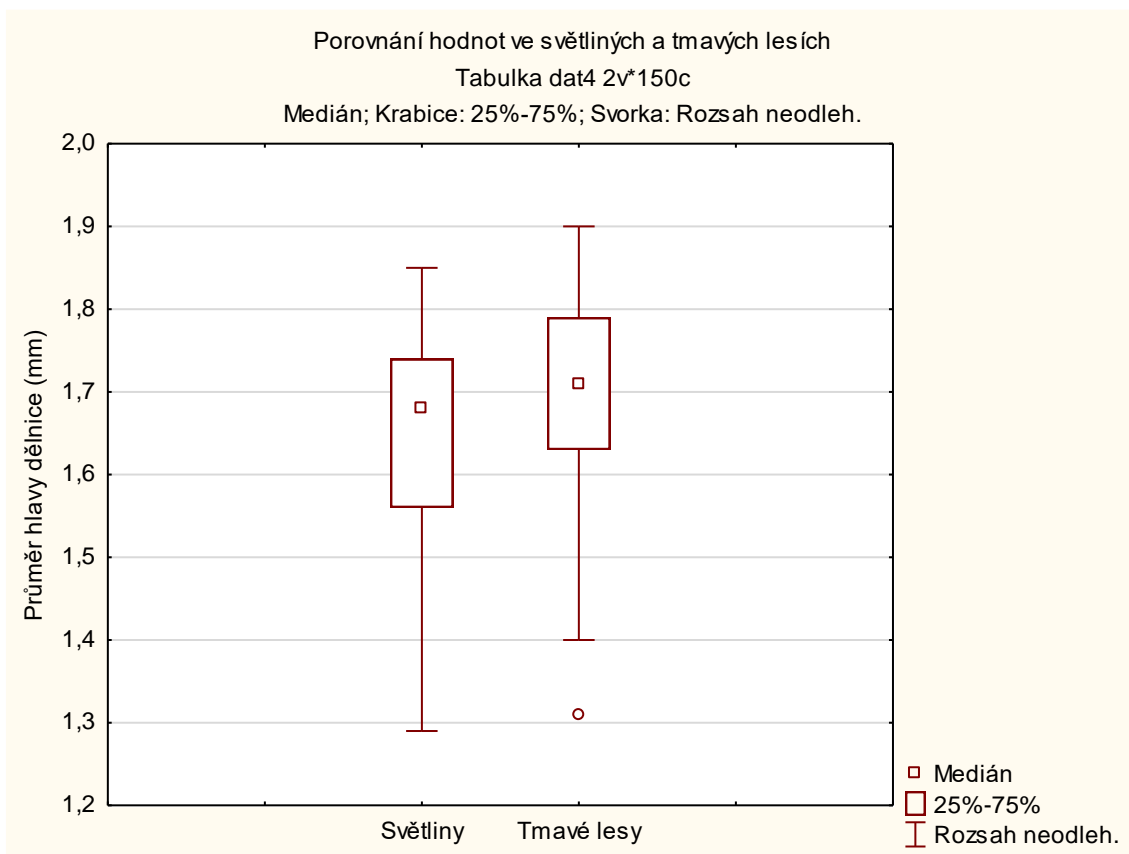
U odebraných dělnic byly v laboratoři pomocí binokulární lupy s měřítkem změřeny morfometrické znaky, konkrétně se jednalo o hodnotu průměru hlavy dělnic v mm. Získané hodnoty se dále zpracovaly pomocí programu Statistica, kde se prostřednictvím grafů porovnávaly odlišné hodnoty napříč rozdílnému prostředí.

Tabulka 2: Průměr hlavy dělnice v mm

Typ stanoviště	Počet hnízd	Odebrané dělnice z hnízda									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Světliny	1	1,69	1,72	1,72	1,68	1,74	1,69	1,69	1,7	1,72	1,68
	2	1,81	1,79	1,81	1,76	1,83	1,84	1,82	1,63	1,68	1,53
	3	1,7	1,85	1,81	1,79	1,81	1,66	1,58	1,77	1,81	1,55
	4	1,8	1,82	1,78	1,83	1,85	1,75	1,62	1,78	1,81	1,79
	5	1,29	1,44	1,39	1,41	1,39	1,71	1,77	1,69	1,78	1,43
	6	1,74	1,84	1,8	1,81	1,77	1,56	1,6	1,67	1,64	1,76
	7	1,69	1,78	1,83	1,81	1,62	1,72	1,74	1,55	1,61	1,73
	8	1,78	1,73	1,67	1,59	1,64	1,58	1,61	1,55	1,6	1,71
	9	1,78	1,73	1,56	1,49	1,55	1,76	1,59	1,61	1,64	1,77
	10	1,44	1,48	1,37	1,51	1,47	1,42	1,4	1,53	1,5	1,49
	11	1,49	1,61	1,68	1,7	1,59	1,66	1,7	1,68	1,7	1,57
	12	1,44	1,39	1,38	1,41	1,48	1,39	1,4	1,43	1,38	1,37
	13	1,66	1,66	1,63	1,71	1,69	1,7	1,61	1,68	1,69	1,7
	14	1,67	1,62	1,67	1,71	1,66	1,7	1,69	1,71	1,69	1,74
	15	1,44	1,72	1,53	1,58	1,66	1,66	1,59	1,69	1,51	1,61
Tmavé lesy	16	1,59	1,61	1,62	1,78	1,74	1,77	1,74	1,63	1,79	1,84
	17	1,7	1,68	1,74	1,82	1,77	1,84	1,82	1,81	1,73	1,75
	18	1,61	1,62	1,59	1,57	1,54	1,63	1,72	1,66	1,69	1,59
	19	1,55	1,74	1,7	1,59	1,57	1,49	1,54	1,61	1,64	1,76
	20	1,61	1,69	1,78	1,82	1,85	1,88	1,76	1,77	1,81	1,7
	21	1,49	1,52	1,48	1,55	1,63	1,67	1,62	1,64	1,68	1,64
	22	1,55	1,51	1,56	1,53	1,5	1,57	1,63	1,69	1,72	1,66
	23	1,71	1,84	1,88	1,86	1,59	1,61	1,31	1,53	1,44	1,47
	24	1,69	1,77	1,74	1,71	1,77	1,71	1,78	1,74	1,71	1,7
	25	1,84	1,78	1,87	1,82	1,79	1,83	1,82	1,79	1,84	1,79
	26	1,89	1,82	1,9	1,81	1,8	1,81	1,79	1,77	1,83	1,8
	27	1,81	1,77	1,79	1,84	1,89	1,69	1,71	1,68	1,77	1,78
	28	1,78	1,85	1,81	1,8	1,79	1,74	1,77	1,81	1,79	1,82
	29	1,4	1,77	1,67	1,71	1,69	1,66	1,68	1,72	1,67	1,68
	30	1,67	1,64	1,64	1,69	1,71	1,58	1,61	1,7	1,64	1,71

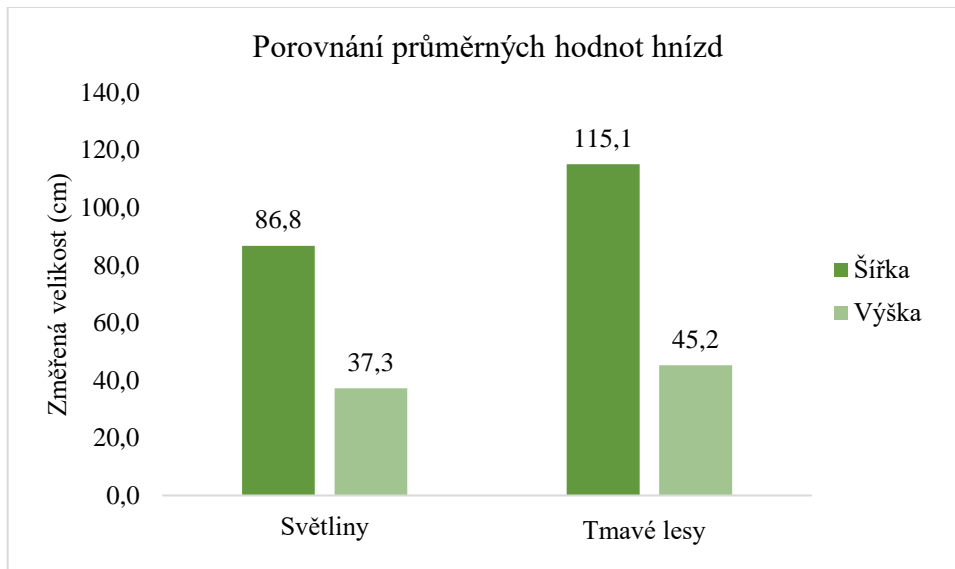
5 Výsledky

Ve zvolené lokalitě bylo zkoumáno 30 aktivních hnízd mravenců rodu *Formica*, z každého bylo odebráno 10 dělnic. U každé dělnice byla změřena hodnota průměru jejich hlavy v mm. Získané hodnoty byly porovnávány mezi sebou a výsledky ukázaly, že odebrané dělnice z hnízd, které se nacházely ve světlínách vykazovaly nižší hodnoty průměru hlavy. V grafu č. 1 je znázorněno porovnání průměrů hlav dělnic nacházejících se v obou prostředích. Nejmenší naměřená hodnota byla 1,29 mm a největší 1,85 mm. U průměru hlavy dělnic odebraných z hnízd v tmavých lesích byla nejmenší naměřená hodnota 1,4 mm a největší 1,9 mm. Průměrně tedy dělnice ze světlin vykazovaly hodnotu 1,69 mm. Tato hodnota byla menší než u dělnic ve tmavých lesích, kde byla průměrná hodnota 1,71 mm. Výsledky ukazují, že dělnice odchycené na hnízdech vyskytujících se v tmavých porostech byly větší.



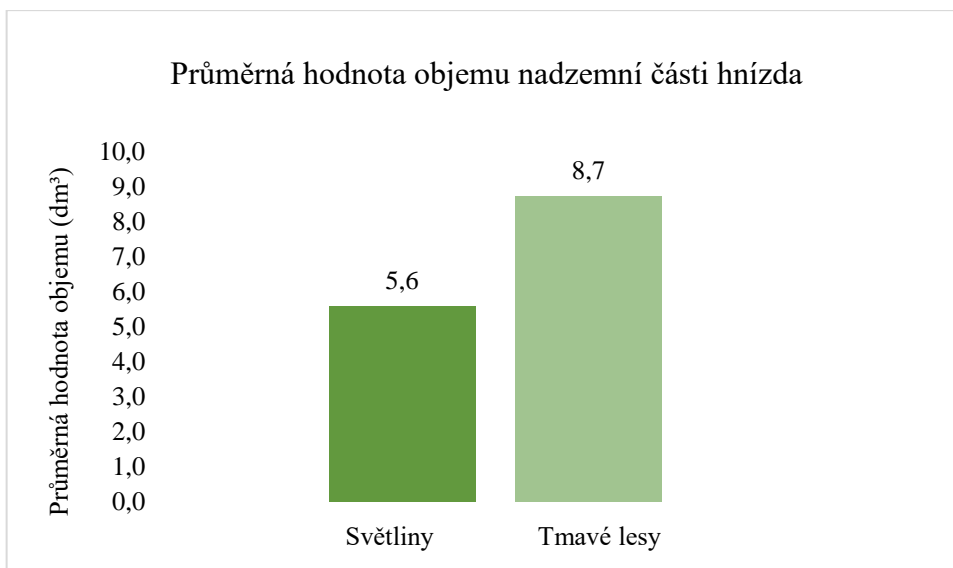
Graf 1: Porovnání průměru hlavy dělnic

Dalšími změřenými hodnotami byly parametry nadzemní části hnízda. U každého hnízda jsem změřila jeho šířku a výšku. Největší mraveniště se nacházelo v tmavých lesích a jeho šířka dosahovala 224 cm a výška 71 cm. Graf č. 2 znázorňuje porovnání průměrných hodnot šířky a výšky u změřených hnízd. Z grafu můžeme vyčíst, že hnízda ve tmavých lesích byla větší. Průměrně jejich šířka dosahovala 115,07 cm a výška 45,2 cm. Zatímco hnízda nacházející se ve světlinách byla velikostně menší a jejich průměrná šířka dosahovala hodnoty 86,8 cm a výška 37,27 cm.



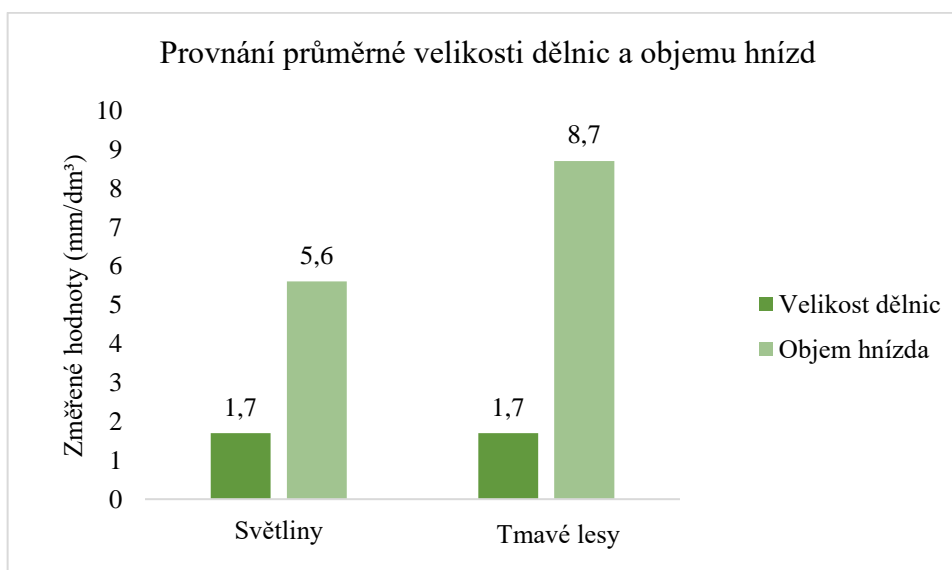
Graf 2: Porovnání průměru změřených parametrů hnízd

Ze změřených parametrů byl následně vypočítán objem nadzemní části hnízda. Už podle porovnání parametrů šířky a výšky mraveniště bylo jasné, že velikostně větší hnízda byla v tmavých porostech. To se i potvrdilo vypočítáním objemu, kdy průměrně vyšel větší objem u hnízd v tmavých lesích. Graf č. 3 znázorňuje konkrétně průměrnou hodnotu objemu, která byla u hnízd ve tmavých lesích 8,7 dm³ a ve světlinách 5,6 dm³.



Graf 3: Porovnání průměrných hodnot objemu hnízda

V grafu č. 4 můžeme vidět porovnání získaných hodnot průměrné velikosti dělnic k objemu hnízda. Z grafu je patrné, že průměrná hodnota velikosti dělnic se po zaokrouhlení nelišila, oproti tomu objem hnízd v tmavých lesích vykazoval vyšší hodnotu než ve světlinách.



Graf 4: Porovnání velikosti dělnic a objemu hnízd

6 Diskuze

Tématem mé práce bylo posoudit vliv enviromentálních podmínek působících na velikost dělnic lesních mravenců. Ve třetí části mé práce věnující se literární rešerši je zmíněno, že na velikost dělnic má vliv velké množství faktorů a to jak vnitřních, tak vnějších. Tyto faktory jsou nadále mezi sebou propojené a vzájemně se ovlivňují (Wills a kol., 2018). V mé práci jsem se zabývala působením vnějších faktorů, při kterých na mravence působí podmínky abiotického prostředí, dostupnost potravy a její kvalita, konkurence, vývoj společenstva kolonie apod. (Wills a kol., 2018). Ve zvolené lokalitě bylo nalezeno 30 aktivních hnízd lesních mravenců rodu *Formica*. Zvolené porosty se především mezi sebou odlišovaly dostupností světla. Dostupnost světla je charakterizována pomocí korunového zápoje, který popisuje vzájemný dotyk a prolínání větví stromů (Simon a Vacek, 2008). Z tohoto důvodu byly porovnány kolonie lesních mravenců, které se nacházely nejdříve ve světlinách, tento biotop představoval optimální prostředí pro lesní mravence. Naopak druhým prostředím, reprezentují suboptimální podmínky pro lesní mravence, byly vybrány tmavé lesy. Jako prvním důležitým vnějším faktorem působící na lesní mravence jsou abiotické podmínky prostředí ve kterém se kolonie nachází. Z nich zastupuje nejdůležitější postavení světlo a teplo. Oba tyto faktory působí přímo na celkovou aktivitu mravenčí kolonie a dále na vývoj jednotlivých jedinců. Z hlediska celoročního chodu kolonie má především okolní teplota hlavní slovo při jarní aktivaci a naopak na podzim se s klesající teplotou zpomaluje i aktivita celé kolonie a mravenci se připravují na klidové období během zimy (Wills a kol., 2018). Hodnotu tepla a světla může do jisté míry ovlivnit uskupení okolních dřevin v prostředí kolonie. Zmíněný korunový zápoj v porostu působí na energetický, světelný a látkový režim porostu a tím i v rámci celého lesního ekosystému (Simon a Vacek, 2008). Světliny, jak už z názvu vyplývá, jsou charakterizovány vyšší dostupností světla, které v nich přímo dopadá na zemský povrch. S větší prostupností světla bude v porostu vyšší i teplota. Oproti tomu v hustém porostu je teplota nižší, protože se v něm sluneční teplo zachytává a ohřívá koruny stromů. Tím se hodnota slunečního tepla sníží a k povrchu se dostane menší množství (Tesař a kol., 2003). Aktivita kolonie se na jaře obnovuje pokud teplota přesáhne 6 °C (Hruška, 1980). Z toho můžeme vyvodit, že se dříve probudí kolonie nacházející se ve světlinách a následně může využít situace ve prospěchu sběru potravy, opravy hnízda po zimě apod. S vysokou propustností světla se ve světlinách nachází světlomilné rostliny a všeobecně je bylinné patro druhově bohatší (Čížek a kol., 2016).

Při vyšší diverzitě se přítomným druhům naskytne bohatší výběr dostupných zdrojů (Leugner a Matějka, 2016). Nejen z hlediska stavebního materiálu pro hnízdo, ale i díky vyššímu zastoupení bylinné vegetace, se zde bude nacházet pestré druhové složení ostatních bezobratlých. To nabídne mravencům více možností při sběru potravy a díky většímu výběru bude kolonii poskytnuta kvalitnější výživa (Punttila a kol., 1991). Naopak v tmavých lesích je hodnota prostupujícího světla v porostu nižší a tím se i snižuje diverzita rostlin v bylinném patře. Zejména smrkové monokultury jsou známy svojí nízkou biodiverzitou a druhovou jednotvárností (Kučeravá a Remeš, 2014), to může přítomným organismům značně zmenšit výběr. Avšak podle Véleho a kol. (2011) se diverzita druhů může zvýšit, jestliže se v blízkosti daného biotopu nachází jiný s optimálními podmínkami.

K porovnání vhodnějšího prostředí pro výskyt lesních mravenců, byly u nalezených hnízd změřeny parametry nadzemní části hnízda, ze kterých se následně vypočítal objem v dm^3 . Ze získaných výsledků byla hnízda ve tmavých lesích větší, než hnízda ve světlinách. Průměrná šířka hnízd v tmavých lesích dosahovala 115,1 cm s průměrnou výškou 45,2 cm, naopak průměrná šířka hnízd ve světlinách byla 86,8 cm s průměrnou výškou 37,3 cm. Ze změřených parametrů byl následně vypočítán objem nadzemní části, který byl u hnízd ve tmavých lesích $8,7 \text{ dm}^3$, zatímco ve světlinách byl jejich objem $5,6 \text{ dm}^3$. Pro porovnání ve výzkumu od Nešporové (2016) dosahovaly průměrné hodnoty parametrů hnízd 123,7 cm šířky a 66,4 cm výšky. S velikostí nadzemní části hnízda souvisí více faktorů. Jedním z nich je umístění hnízda v porostu. Větší hnízda se často nacházejí uvnitř porostu a jejich velikost se snižuje, pokud jsou umístěna blíže k okraji (Sorvari a Hakkarainen, 2005). Spolu s umístěním hnízda v porostu souvisí i věk porostu. Autoři Kilpeläinen a kol. (2008) tvrdí, že hnízda mravenců jsou větší ve starších porostech. Toto tvrzení se v mé práci nepotvrdilo, jelikož hnízda ve tmavých lesích (smrkové monokultury) byly mladší. Avšak do výsledku zasahuje další faktor a to věk kolonie. S rostoucí a prosperující kolonií se zvětšuje nadzemní část hnízda (Sorvari a Hakkarainen, 2005). Proto můžeme usoudit, že kolonie, které se nacházely ve světlinách byly mladší a tím pádem byla jejich hnízda menší než ve tmavých lesích.

Další změřenou hodnotou byl průměr hlavy odebraných dělnic v mm. Největší hodnota byla naměřena v tmavých lesích (1,9 mm), zatímco nejmenší ve světlinách (1,3 mm). Průměrně byly hodnoty průměru hlavy dělnic vyšší v tmavých lesích (1,71 mm), ovšem s malým rozdílem vůči naměřeným hodnotám ve světlinách

(1,69 mm). Tělesná velikost mravenců souvisí především s výživou, která se skládá ze složek bohatých na bílkoviny a cukry (Véle a Modlinger, 2016). Véle a Modlinger (2019) ve svojí práci, v níž se zabývali spojitostí mezi tělesnou velikostí dělnic a činností kterou v kolonii vykonávají, porovnávaly velikost dělnic odebraných na hnízdě s dělnicemi odchycenými pomocí návnady (med, tuňák). Z jejich výsledků byly dělnice odebrané na hnízdě a na bílkovinové návnadě velikostně podobné. Jejich velikost byla 1,6 mm a podobné hodnoty byly získány i v mé práci. Oproti tomu dělnice, které byly odchycené cukernou návnadou byly menší. Další autoři (Gorb a Gorb, 1995) se zabývali vztahem mezi velikostí hlavy dělnic a velikostí kořisti, kterou jsou schopny unést. Z jejich výsledků dosahovala průměrná hodnota velikosti hlavy dělnic 1,5 mm.

Ze získaných výsledků není zcela jasné který biotop byl pro výskyt lesních mravenců vhodnější. Průměrně se velikost hlavy dělnic výrazně nelišila. U vypočtených objemů nadzemní části hnízd byla hnízda ve tmavých lesích průměrně větší o 3,1 dm³. Tento rozdíl může být způsoben odlišným věkem kolonie a umístěním hnízda ve větší vzdálenosti od kraje porostu.

7 Závěr

Lesní mravenci představují důležitou složku biodiverzity napříč lesními ekosystémy. Svou přítomností zasahují do mnoha procesů a jejich přítomnost má pozitivní význam v rámci celé struktury. Cílem mé práce bylo posoudit vlivy daného biotopu na přítomnou kolonii lesních mravenců rodu *Formica*. Pro lesní mravence představuje biotop s nižším korunovým zápojem vhodnější prostředí s optimálními podmínkami pro výskyt. Naopak biotopy s vyšším korunovým zápojem, jako smrkové monokultury, jsou pro ně méně vhodné. Ve zvolené lokalitě byly porovnány morfometrické znaky dělnic ze 30 aktivních hnízd. Rozdílným kritériem prostředí byl korunový zápoj a z tohoto hlediska byly zvoleny světliny a tmavé lesy. Z každého hnízda se odebralo 10 dělnic a celkově bylo změřeno 300 průměrů hlav dělnic. Ze získaných výsledků byly průměrné hodnoty změřené velikosti hlavy dělnic podobné, u světlin průměrná hodnota dosahovala 1,69 mm a u tmavých lesů 1,71 mm. Kromě průměru hlavy dělnic se měřila šířka a výška nadzemní části hnízd, z těchto parametrů byl následně vypočítán objem v dm^3 . Hodnoty objemu byly vyšší u kolonií ve tmavých lesích ($8,7 \text{ dm}^3$) vůči světlinám ($5,6 \text{ dm}^3$).

Ze získaných výsledků nebylo jasně prokázáno, který biotop vyhovoval lesním mravencům více, jelikož v jejich velikosti nebyl zaznamenán značný rozdíl. Zjištěný vyšší objem nadzemní části můžeme přisuzovat rozdílnému stáří kolonie a vzdálenosti hnízda od okraje porostu.



Obrázek 8: Detailní pohled na pracující dělnice (zdroj: vlastní)

8 Seznam literatury a použitých zdrojů

BATCHELOR, Tim P., Giacomo SANTINI a Mark BRIFFA. Size distribution and battles in wood ants: group resource-holding potential is the sum of the individual parts. *Animal Behaviour* [online]. 2012, 83(1), 111-117 [cit. 2022-02-24]. ISSN 00033472. Dostupné z: doi:10.1016/j.anbehav.2011.10.014

BILLICK, I. a C. CARTER. Testing the importance of the distribution of worker sizes to colony performance in the ant species *Formica obscuripes* Forel. *Insectes Sociaux* [online]. 2007, 54(2), 113-117 [cit. 2022-04-01]. ISSN 0020-1812. Dostupné z: doi:10.1007/s00040-007-0918-9

BOGUSCH P., STRAKA J. & KMENT P. (eds.) 2007: Annotated checklist of the Aculeata (Hymenoptera) of the Czech Republic and Slovakia. Komentovaný seznam žahadlových blanokřídých (Hymenoptera: Aculeata) České republiky a Slovenska. *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, Supplementum 11*: 1-300 (in English and Czech)

BUCHAR, J., DUCHÁČ, V., HŮRKA, K., LELLÁK, J.: Klíč k určování bezobratlých. Praha: Scientia 1995. 85 + 64 s

COENEN-STASS, Dieter, Bernd SCHAARSCHMIDT a Ingolf LAMPRECHT. Temperature Distribution and Calorimetric Determination of Heat Production in the Nest of the Wood Ant, *Formica Polytecta* (Hymenoptera, Formicidae). *Ecology* [online]. 1980, 61(2), 238-244 [cit. 2022-04-10]. ISSN 00129658. Dostupné z: doi:10.2307/1935180

ČÍŽEK, Lukáš, Pavel ŠEBEK, Radek BAČE, Jiří BENEŠ, Jiří DOLEŽAL, Miroslav DVORSKÝ, Jan MIKLÍN a Miroslav SVOBODA. Metodika péče o druhově bohaté (světlé) lesy [online]. České Budějovice, 2016 [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: http://baloun.entu.cas.cz/~cizek/TACR_SvetleLesyMetodika/TACR_TB030MZP017_MetodikaPeceSvetleLesy.pdf. Certifikovaná metodika. Entomologický ústav, Biologické centrum AV ČR, v.v.i.

Daďourek M. (2008): Program *Formica*: Metodika evidence a mapování hnízd lesních mravenců. *FORMICA: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 11: 44–47.

Formica: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu mravenců. 8. Liberec: ZO ČSOP při SCHKO Jizerské hory, 2005. ISBN 80-903214-5-3.

FROUZ, J., J. KALČÍK a P. CUDLÍN. Accumulation of phosphorus in n Formica. *Annales Zoologici Fennici* [online]. 2005, 42(3), 269-275 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/pdf/23735914.pdf?refreqid=excelsior%3A89d48fe291a2a7af98f079af8215d7c4&ab_segments=&origin=

FROUZ, J., M. RYBNÍČEK, P. CUDLÍN a E. CHMELÍKOVÁ. Influence of the wood ant, *Formica polyctena*, on soil nutrient and the spruce tree growth. *Journal of Applied Entomology* [online]. 2008, 132(4), 281-284 [cit. 2022-03-02]. ISSN 0931-2048. Dostupné z: doi:10.1111/j.1439-0418.2008.01285.x

FRYČ, David. Mšice a mšičky na lesních dřevinách. Brno: Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, 2016. ISBN 978-80-7401-132-0.

Geologická mapa. 1 : 50 000. Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Praha: Česká geologická služba [2022-03-10]. Dostupné také z: <https://mapy.geology.cz/geocr50/>

GORB, Stanislav N. a Elena V. GORB. Removal Rates of Seeds of Five Myrmecochorous Plants by the Ant *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae). *Oikos* [online]. 1995, 73(3), 367-374 [cit. 2022-04-10]. ISSN 00301299. Dostupné z: doi:10.2307/3545960

GORB, Stanislav N. a Elena V. GORB. Dropping rates of elaiosome-bearing seeds during transport by ants (*Formica polyctena* Foerst.): Implications for distance dispersal. *Acta Oecologica* [online]. 1999, 20(5), 509-518 [cit. 2022-04-10]. ISSN 1146609X. Dostupné z: doi:10.1016/S1146-609X(00)86618-7

HANEL, Lubomír. Stručný obrazový klíč k určování hlavních skupin suchozemských šestinožců (Hexapoda). [Praha]: Univerzita Karlova, Pedagogická fakulta, 2018. ISBN 978-80-7603-050-3.

HEINRICH, B. Insect thermoregulation. *Endeavour* [online]. 1995, 19(1), 28-33 [cit. 2022-03-11]. ISSN 01609327. Dostupné z: doi:10.1016/0160-9327(95)98891-I

HÖLLDOBLER, Bert a Edward O. WILSON. Cesta k mravencům. Praha: Academia, 1997. ISBN 80-200-0612-5.

HÖLLDOBLER, B., WILSON, E. O.: *The Ants*. Berlin: Springer Verlag 1990. 732 s.

HRUŠKA, J.: *Lesní mravenci*. Ústí nad Labem: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody 1980. 34 s

KADOCHOVÁ, Š. a J. FROUZ. Red wood ants *Formica polyctena* switch off active thermoregulation of the nest in autumn. *Insectes Sociaux* [online]. 2014, 61(3), 297-306 [cit. 2022-03-11]. ISSN 0020-1812. Dostupné z: doi:10.1007/s00040-014-0356-4

KASPARI, Michael. Body size and microclimate use in Neotropical granivorous ants. *Oecologia* [online]. 1993, 96(4), 500-507 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0029-8549. Dostupné z: doi:10.1007/BF00320507

KASPARI, Michael. Global energy gradients and size in colonial organisms: Worker mass and worker number in ant colonies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 2005, 102(14), 5079-5083 [cit. 2022-04-05]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.0407827102

KILPELÄINEN, J., P. PUNTTILA, L. FINÉR, et al. Distribution of ant species and mounds (*Formica*) in different-aged managed spruce stands in eastern Finland. *Journal of Applied Entomology* [online]. 2008, 132(4), 315-325 [cit. 2022-04-10]. ISSN 0931-2048. Dostupné z: doi:10.1111/j.1439-0418.2007.01244.x

KLEJDUS, Julius. Rok v českém lese. V Brně: CPress, 2021. ISBN 978-80-264-3511-2.

KRISTIANSEN, S. M. a W. AMELUNG. Abandoned anthills of *Formica polyctena* and soil heterogeneity in a temperate deciduous forest: morphology and organic matter composition. *European Journal of Soil Science* [online]. 2001, 52(3), 355-363 [cit. 2022-04-10]. ISSN 13510754. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2389.2001.00390.x

KUČERAVÁ, Barbora a Jiří REMEŠ. INVENTORY AND POTENTIAL UTILIZATION OF SCATTERED INDIVIDUALS OF EUROPEAN BEECH AND PEDUNCULATE OAK IN CONVERSION OF SPECIES COMPOSITION OF SPRUCE MONOCULTURE IN THE BOHEMIAN SWITZERLAND NATIONAL PARK. *ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU* [online]. 2014, 59(2), 109-116 [cit. 2022-04-08]. Dostupné z: <https://www.vulhm.cz/files/uploads/2019/02/347.pdf>

LAMPRECHT, Ingolf. Calorimetry and thermodynamics of living systems. *Thermochimica Acta* [online]. 2003, 405(1), 1-13 [cit. 2022-04-10]. ISSN 00406031. Dostupné z: doi:10.1016/S0040-6031(03)00123-0

LEUGNER, Jan a Karel MATĚJKA, ed. Pěstební opatření pro zvýšení biodiverzity v lesích v chráněných územích: seminář k projektu č. EHP-CZ02-OV-1-015-2014 :

30.03.2016, Praha-Zbraslav. Opočno: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti. Výzkumná stanice, 2016. ISBN 978-80-7417-106-2.

MILES, Petr. Lesní mravenci, ohrožení pomocníci lesa. Formica: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců [online]. 2000, 3(3), 6-18 [cit. 2022-03-11]. Dostupné z: <https://adoc.pub/formica-zpravodaj-ro-aplikovany-vyzkum-a-ochr-anu-lesnic-o-m.html>

MILES, Petr. Mravenci a jejich podivuhodný svět. Naše příroda [online]. 2009, 2009(6) [cit. 2022-04-01]. Dostupné z: <http://www.nasepriroda.cz/artkey/npr-200906-0002.php?back=%2Fsearch.php%3Fquery%3Dmravenci%2Ba%2Bjejich%2Bpodivuhodn%25FD%2Bsv%25ECt%26sfrom%3D0%26spage%3D20>

NEŠPOROVÁ, M. Inventarizace a výzkum lesních mravenců druhu *Formica polyctena* Förster, 1850 v lokalitě u Babolek. Formica: Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců [online]. 2003, 6(6), 20-28 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://adoc.pub/formica-zpravodaj-ro-aplikovany-vyzkum-a-ochr-anu-lesnic-o-m.html>

NOVÁK, V. a J. SADIL. Klíč k určování mravenců střední Evropy (se zvláštním zřetelem k mravenčí zvířeně Čech a Moravy) [online]. Brno: Brno: Klub přírodovědecký v Brně, 1941 [cit.2022-03-07]. Dostupné z: https://www.antwiki.org/wiki/images/1/1b/Novak_%26_Sadil_1941.pdf

PUNTTILA, P., Y. HAILA, T. PAJUNEN a H. TUKIA. Colonisation of clearcut forests by ants in the southern Finnish taiga: a quantitative survey. *Oikos* [online]. Wiley on behalf of Nordic Society Oikos, 1991, 61(2), 250-262 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/pdf/3545343.pdf?refreqid=excelsior%3A448e89d91ae285c7fa860a20461780398&ab_segments=&origin=

Půdní mapa, Geovědní mapy 1 : 50 000 [online]. Praha: Česká geologická služba [2022-03-10]. Dostupné také z: <https://mapy.geology.cz/pudy/>

RICHARDS, O. W. a R. G. DAVIES. Hymenoptera. RICHARDS, O. W. a R. G. DAVIES. *Imms' General Textbook of Entomology* [online]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2015, s. 1175-1279 [cit. 2022-02-27]. ISBN 978-94-017-0474-8. Dostupné z: [doi:10.1007/978-94-017-0472-4_30](https://doi.org/10.1007/978-94-017-0472-4_30)

RICHTER, A., F. H. GARCIA, R. A. KELLER, J. BILLEN, E. P. ECONOMO a R. G. BEUTEL. Comparative analysis of worker head anatomy of *Formica* and *Brachyponera*

(Hymenoptera: Formicidae). ARTHROPOD SYSTEMATICS & PHYLOGENY [online]. 2020, 78(1), 133-170 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/>

Roční vyhodnocení. Český hydrometeorologický ústav [online]. [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.chmi.cz/informace-pro-vas/rocni-vyhodnoceni/meteorologicka-pozorovani>

ROMEY, William L. Does the Harvester Ant, *Pogonomyrmex occidentalis*, Shape Its Mound to Catch the Morning Sun?. The Southwestern Naturalist [online]. 2002, 47(2) [cit. 2022-04-10]. ISSN 00384909. Dostupné z: doi:10.2307/3672904

ROSENGREN, Rainer a Wilhelm FORTELIUS. Trail communication and directional recruitment to food in red wood ants (*Formica*). Annales Zoologici Fennici [online]. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board, 1987, 24(2), 137-146 [cit. 2022-04-05]. Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/23734459?seq=1>

SCUDDER, Geoffrey G. E. The Importance of Insects. FOOTTIT, Robert G. a Peter H. ADLER, ed. Insect Biodiversity [online]. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 2009, s. 7-32 [cit. 2022-03-02]. ISBN 9781444308211. Dostupné z: doi:10.1002/9781444308211.ch2

SCHIEB, Armin. Mravenci: život lesního společenství. Přeložil Markéta KLIKOVÁ. Brno: Kazda, 2021. ISBN 978-80-7670-036-9.

SIMON, Jaroslav a Stanislav VACEK. Výkladový slovník hospodářské úpravy lesů [online]. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2008 [cit. 2022-03-31]. ISBN 978-80-7375-131-9. Dostupné z: <http://www.lesniskolka.cz/uploads/dokumenty/legislativa/Odborn%C3%BD%20slovn%C3%ADk%20H%C3%9AL.pdf>

SORVARI, J. a H. HAKKARAINEN. Deforestation reduces nest mound size and decreases the production of sexual offspring in the wood ant *Formica aquilonia*. Annales Zoologici Fennici [online]. 2005, 42(3), 259-267 [cit. 2022-04-10]. Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/pdf/23735913.pdf?refreqid=excelsior%3A83bd11e8650526b8f8f55208bf7c6e64&ab_segments=&origin=

SOUDEK, Š. Mravenci: Soustava, zeměpisné rozšíření, ekologie a určovací klíč mravenců žijících na území Československé republiky [online]. Praha: Československá

společnost entomologická, 1922 [cit. 2022-03-07]. Dostupné z: <http://antbase.org/ants/publications/8203/8203.pdf>

TESAŘ, M., M. ŠÍR, E. ZELENKOVÁ a L. LICHNER. Vodní a teplotní režim lesa, paseky a mrtvého lesa ve vegetační sezóně [online]. 2003, 251-259 [cit. 2022-04-09]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Miloslav-Sir/publication/265584933_Vodni_a_teplotni_rezim_lesa_paseky_a_mrtveho_lesa_ve_vegetacni_sezone/links/5412d8010cf2788c4b358357/Vodni-a-teplotni-rezim-lesa-paseky-a-mrtveho-lesa-ve-vegetacni-sezone.pdf

VÉLE, Adam, Jaroslav HOLUŠA a Jakub HORÁK. Ant abundance increases with clearing size. *Journal of Forest Research* [online]. 2016, 21(2), 110-114 [cit. 2022-02-24]. ISSN 1341-6979. Dostupné z: doi:10.1007/s10310-016-0520-y

VÉLE, Adam, Jaroslav HOLUSA, Jan FROUZ a Ondrej KONVICKA. Local and landscape drivers of ant and carabid beetle communities during spruce forest succession. *European Journal of Soil Biology* [online]. 2011, 47(6), 349-356 [cit. 2022-02-24]. ISSN 11645563. Dostupné z: doi:10.1016/j.ejsobi.2011.09.003

VÉLE, Adam a Jaroslav HOLUŠA. Současné poznání biologie a ekologie lesních mravenců (Hymenoptera: Formicidae). *Zprávy lesnického výzkumu: vědecký recenzovaný časopis*. Praha - Zbraslav nad Vltavou: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti Jíloviště-Strnady, 2007, 52(2), 166-176. ISSN 0322-9688.

VÉLE, Adam a Roman MODLINGER. Body Size of Wood Ant Workers Affects their Work Division. *Sociobiology* [online]. 2019, 66(4), 614-618 [cit. 2022-02-24]. ISSN 2447-8067. Dostupné z: doi:10.13102/sociobiology.v66i4.4596

VÉLE, Adam a Roman MODLINGER. Foraging strategy and food preference of *Formica polyctena* ants in different habitats and possibilities for their use in forest protection. *Forestry Journal* [online]. 2016, 62(4), 223-228 [cit. 2022-04-05]. ISSN 0323-1046. Dostupné z: doi:10.1515/forj-2016-0026

WIEZIKOVÁ, Adela, Michal WIEZIK a Marek SVITOK. Spoločenstvá mravcov pod vplyvom vybraných stresových faktorov a disturbančných faktorov v podmienkach trvalých trávnych porastov podhorských oblastí Slovenska [online]. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010 [cit. 2022-03-03]. ISBN 978-80-228-2165-0. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/MarekSvitok/publication/255811191_Spolocenstva

a_mravcov_pod_vplyvom_vybranych_stresovych_a_disturbancnych_faktorov_v_podm
ienkach_trvalych_travných_porastov_v_podhorských_oblastiach_Slovenska/links/00b4
9520dd31e2a1ec000000/Spolocenstva-mravcov-pod-vplyvom-vybranych-stresovych-a-
disturbancnych-faktorov-v-podmienkach-trvalych-travných-porastov-v-podhorských-
oblastiach-Slovenska.pdf

WILLS, Bill D., Scott POWELL, Michael D. RIVERA a Andrew V. SUAREZ.
Correlates and Consequences of Worker Polymorphism in Ants. *Annual Review of
Entomology* [online]. 2018, 63(1), 575-598 [cit. 2022-02-24]. ISSN 0066-4170.
Dostupné z: doi:10.1146/annurev-ento-020117-043357

ZACHAROV, A. A.: Sociální struktury mravenišť. Prachatice: OV ČSOP 1984. 107 s.

ŽĎÁREK, Jan. Hmyzí rodiny a státy. Praha: Academia, 2013. ISBN 978-80-200-2225-
7.