

**Univerzita Hradec Králové**

**Přírodovědecká fakulta**

**Katedra biologie**

**Sezónní změny v aktivitě a potravních preferencích  
mravenců  
Seasonal changes in activity and dietary preferences of  
ants**

**Diplomová práce**

Autor: Lada Jelínková

Studijní program: Systematická biologie a ekologie

Studijní obor: Systematická biologie a ekologie

Vedoucí práce: Mgr. Pavel Pech, Ph.D.

Hradec Králové

květen 2015

**UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ**

**Přírodovědecká fakulta**

**Akademický rok: 2015/2016**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

**(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)**

Jméno a příjmení: **Bc. Lada Jelínková**

Osobní číslo: **S1380**

Studijní program: **N1501 Biologie**

Studijní obor: **Systematická biologie a ekologie**

Název tématu: **Sezónní změny v aktivitě a potravních preferencích mravenců**

Zadávací katedra: **Katedra biologie**

Zásady pro vypracování:

Podchytit změny v potravních preferencích a aktivitě dělnic mravenců v rámci 24 hodin i roku. Srovnání těchto parametrů mezi mravenci v různých biotopech. Použitá metoda: návnady s cukrem a proteiny (moučný červ).

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**Czechowski W., Radchenko A., Czechowska W. & Vepsäläinen K. 2012. The ants of Poland with reference to the myrmecofauna of Europe. Fauna Poloniae 4. Warsaw: Natura Optima Dux Foundation, 496 pp. Holldobler B. & Wilson E.O. 1990. The Ants. Harvard Belknap, Cambridge. Seifert B. 2007. Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas. Lutra, Klitten, 368 pp.**

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Pavel Pech, Ph.D.**

Katedra biologie

Oponent: **Doc. Mgr. Martin Konvička, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **20. ledna 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **14. května 2015**

L.S.

doc. RNDr. PaedDr. Pavel Trojovský, Ph.D.

doc. RNDr. František Malý, Ph.D.

děkan

vedoucí katedry

dne 14. 5. 2015

Prohlášení:

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

V Hradci Králové dne 14. 5. 2015

Jméno a příjmení

## Poděkování

Za odborné vedení práce, velkou ochotu, trpělivost, určení druhů, pomoc se zpracováním dat a statickému vyhodnocení dat děkuji svému vedoucímu práce Mgr. Pavlu Pechovi, Ph.D.

## **Anotace**

JELÍNKOVÁ, L. *Sezónní změny v aktivitě a potravních preferencích mravenců*. Hradec Králové, 2015. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí diplomové práce Pavel Pech. 62 s.

Výskyt a aktivita mravenců, jako významné složky suchozemských ekosystémů je silně ovlivněn podmínkami prostředí. Změny teplot, střídání dne a noci a dostupnost potravy působí odlišně na jednotlivé druhy mravenců, čímž mění jejich chování během roku. Cílem této práce bylo zhodnotit sezónní změny v aktivitě a potravních preferencích mravenců v různých biotopech. Sběry probíhaly od května do září 2014 a to celkem osmkrát. Na tři vybrané lokality byly každé tři týdny pokládány dva druhy návnad (roztok cukru a mrtvý moučný červ). Návnady byly každé 2 hodiny kontrolovány a to po dobu 24 hodin. V každém biotopu (mezofilní ovsíková louka, smrkový les, bukový les) bylo položeno 20 návnad v transektu 100 metrů s rozestupy mezi návnadami pět metrů. Celkově bylo nalezeno sedm druhů mravenců v počtu 2714 kusů. Byly pozorovány rozdíly v sezónní i denní aktivitě jednotlivých druhů, stejně jako rozdíly v potravních preferencích mezi druhy. Přestože všechny druhy se více vyskytovaly na návnadách s roztokem cukru, mravenci rodu *Lasius* významně navštěvovali i moučné červy. Sezónní rozdíly v potravních preferencích byly u většiny druhů neprůkazné. Sledované abiotické faktory ovlivňovaly aktivitu na louce podstatně více než v lesích.

**Klíčová slova:** mravenci, sezónní změny, potravní preference, aktivita

## **Annotation**

JELÍNKOVÁ, L. *Seasonal changes in activity and dietary preferences of ants*. Hradec Králové, 2015. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor Pavel Pech. 62 p.

The appearance and activity of ants are the most significant elements of a terrestrial ecosystem which are strongly influenced by their own environment. The behaviour of each individual species of ants during the year is affected by daily temperature fluctuations, alternation of day and night, and the availability of food. The main aim of this study was to assess the effect of seasonal changes on the activity of ants and the different nutritional preferences in each biotope. The research was based on collecting data on eight occasions between the months of May and September in 2014. This involved two different types of food – emulsion of sugar and dead mealworms in three habitats (meadow, coniferous forest, beech forest). These baits were checked every two hours for a 24 hour period in a three

weeks intervals. Baits were arranged in a transects with a five metres space inbetween baits (20 baits per habitat in total). There were collected in total 2714 ants of seven species. It was observed that each species were subject to daily and seasonal activity changes that was specific to the individual species. All species preferred sugar, but workers of *Lasius niger* visited frequently the dead mealorm bait too. The observed abiotic factors influenced the activity of the ants in the meadow more then in forests.

Key words: ants, seasonal changes, dietary preferences, activity

## OBSAH

1	ÚVOD .....	9
2	LITERÁRNÍ PŘEHLED .....	11
2.1	POTRAVA .....	11
2.1.1	Faktory ovlivňující potravní chování.....	12
2.2	VZTAH MRAVENCŮ K OKOLNÍM ORGANISMŮM V SOUVISLOSTI S POTRAVOU .....	14
2.3	AKTIVITA A TEPLOTA .....	14
2.4	SEZÓNNOST VE VZTAHU K POTRAVNÍ AKTIVITĚ .....	16
2.5	KOMUNIKACE A ORIENTACE .....	19
2.6	CHARAKTERISTIKA NALEZENÝCH DRUHŮ MRAVENCŮ .....	20
3	METODIKA A CÍLE PRÁCE.....	23
3.1	POPIS LOKALITY.....	23
3.1.1	Geomorfologické členění .....	23
3.1.2	Rekonstrukce vegetace .....	23
3.1.3	Fytogeografie .....	23
3.2	POPIS JEDNOTLIVÝCH BIOTOPŮ.....	23
3.2.1	Louka T1.1.....	23
3.2.2	Bukový les L5.....	24
3.2.3	Smrkový les X9A .....	24
3.3	METODIKA .....	24
3.3.1	Statistická analýza.....	25
3.4	CÍLE PRÁCE.....	25
4	VÝSLEDKY .....	26
5	DISKUSE .....	45
6	ZÁVĚR .....	48
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	49
8	PŘÍLOHY.....	58
8.1	MAPOVÉ PŘÍLOHY.....	58
8.2	FOTODOKUMENTACE .....	59



# 1 Úvod

Harvardský entomolog E. O. WILSON, jeden z nejlepších světových odborníků na mravence napsal: "Mravenci naplnili Zemi, protože používají velmi úspěšnou obecnou strategii – vznik obětavé kolonie, v níž jsou nereprodukční dělnice uspořádány kolem plodné královny."

Mravenci patří mezi sociální hmyz z čeledi *Formicidae*. Přes to, že současná doba zaznamenává obrovský pokrok v molekulárních fylogenetických metodách a množství v nedávné době objevených fosilních taxonů je značné, nemáme o fylogenezi a evoluci mravenců (čeleď *Formicidae*) mnoho ověřených faktů. Dnes rozlišujeme 16 žijících a tři fosilní podčeledi. Podčeleď *Leptanillinae* je považována za bazální, kdežto skupina *Apoidea* (včely a kutilky) jako sesterská k čeledi mravenců (PECH, 2014). Evoluční přechod na eusocialitu s reprodukční královnou a dělbou práce mezi dělnicemi nastal nezávisle na sobě alespoň 10krát u mravenců, včel a vos. Předpokládá se, že feromony produkované královnou hrají klíčovou roli v regulaci tohoto složitého sociálního systému, ale jejich evoluční historie zůstává neznámá (VAN OYSTAEYEN ET AL., 2014). Mravenci tvoří kolonie, které se pohybují ve velikosti od několika desítek dravých jedinců žijících v malých přirozených dutinách, do vysoce organizovaných kolonií, které mohou zabírat velká území a skládají se z milionů jedinců. Větší kolonie se skládají převážně ze sterilních, bezkřídlých samic tvořících kasty "dělnic", "vojáků", nebo jiných specializovaných skupin. Téměř všechny mravenčí kolonie mají také některé plodné samce a jednu nebo více plodných samic zvaných "královny". Kolonie jsou někdy popisovány jako nadorganismy, protože mravenci fungují jako jednotný subjekt, společně pracující na podporu kolonie (OSTER & WILSON 1978). Mravenci kolonizovali téměř každý kontinent. Jedinými místy, postrádajícími původní mravence jsou Antarktida a několik vzdálených nebo nehostinných ostrovů. Mravencům se daří ve většině ekosystémů a mohou tvořit 15-25% z biomasy pozemních zvířat (SCHULTZ, 2000). Tvoří jednu z nezajímavějších skupin živočichů. Setkáváme se s nimi na každém kroku, osídlují lesy, louky, pole, sady, stráně i lidská obydlí. Obývají celý svět, přičemž nejhojnější jsou v tropech. Svým životem upoutávají od nepaměti pozornost neboť v jejich sídlech je spatřována jistá obdoba se sídly lidskými (SOUDEK, 1923). Distribuce, ekologie a chování mravenců je hluboce ovlivněno stresem, životním prostředím a soutěžením mezi sebou. Teorie předpovídá, že kompromisy mezi tolerancí vůči stresu a dominance jsou důležité v konkurenci mravenců. U mravenců je nízká teplota stresující, takže je předpokládán vztah mezi teplotou a chováním dominantně postavených druhů. Aktivita a potravní chování souvisí s mikroklimatem prostředí (BESTELMEYER, 2000).

Jejich společenská společnost umožňuje efektivní využití dostupných zdrojů, mohou prostřednictvím spolupráce a komunikace do značné míry ovládat své životní prostředí (BRIAN 1983, HÖLLDOBLER & WILSON 1990). Na mnoha stanovištích jsou mravenci dominantní členovci nad povrchem země, přičemž přebírají ústřední roli v mnoha biologických společenstvech. Mravenčí kolonie mají ve srovnání s mnoha jinými bezobratlými velmi vysokou rychlost metabolismu a nárůst biomasy (PETAL, 1978). V současné době existuje 324 rodů mravenců a více než 13 000 popsáných druhů ([www.antcat.org](http://www.antcat.org)). Vzhledem k velkému počtu nepopsáných druhů může celkem existovat až 30 000 druhů mravenců. Taxony ovšem nejsou rovnoměrně ani náhodně rozloženy po celé zemi. Hraje zde roli geografie, geologie i klima. Tyto faktory vysvětlují jak a proč se druhy a endemické taxony nashromáždily v daném regionu. Největší rozmanitost se nachází v tropech a fragmentech Gondwany tzn. Jižní Americe, Africe a Austrálii, které mají vyšší procento endemických rodů. Přístupy, které kombinují taxonomické revize a fylogenetiku umožňují přesnější studium biogeografie (WARD ET AL., 2009). Lidská doprava usnadňuje rozptýlení exotických mravenců, ale je jen málo studií kvantifikujících rozsah a geografii těchto pohybů. Počty přicestovaných mravenců mohou být mnohem větší, než ukazují dosud zdokumentované počty. Mravenci zavlečení nebo usazení v nových oblastech mají tendenci přecházet ze stejných nebo sousedních oblastí, jak by se dalo očekávat (MIRAVETE ET AL., 2013).

## 2 Literární přehled

### 2.1 Potrava

Na rozdíl od solitérního hmyzu má příjem živin u sociálního hmyzu další úroveň složitosti. Dělnice musí nejen sbírat potravu, která vyhovuje jejich vlastním výživovým potřebám, ale také potřebám ostatních členů kolonie, jako jsou larvy nebo reproduktivní královny, které se liší nutričními potřebami. Aktuální potřeby kolonie jsou přenášeny řetězcem od larev, až k dělnicím. Mravenci jsou schopni regulovat příjem živin ku prospěchu kolonie. Silně nevyvážené potravinové zdroje mohou mít škodlivé účinky (FELDHAAR, 2014). Dostupnost zdrojů může ovlivnit strukturu živočišných společenstev. Přístup k energeticky bohatým sacharidům podporuje vysokou míru aktivity, která zvyšuje konkurenční zdatnost. Zjistilo se, že sacharidy mohou zvýšit dominantní postavení a dlouhověkost jednotlivých dělnic (KAY ET AL., 2012). Většina mravenců je oportunistická, jejich jídelníček může zahrnovat jiné mravence, mrtvý hmyz, části mrtvých zvířat, obilí, ovoce a zeleninu. Konkrétní druhy mravenců mají konkrétní preference, u některých druhů jsou to např. houby, zatímco ostatní mravenci milují sladkosti. Mravenci potřebují vyžadují stravu s obsahem bílkovin, sacharidů a tuků v různém množství, při shánění potravy zanechávají stopy ve formě feromonů. Pokud zjistí zdroj potravy, zamíří zpět do hnízda, aby upozornili ostatní, kteří je následují (ELIOT 2012, SOUDEK 1923). Vhodnost různých cukrů z nektaru a medovice jako zdroj potravy pro polyfágní druh *M. rubra* (Linnaeus, 1758) byl studován na monosacharidech (fruktóza, glukóza, galaktóza, manóza, rhamnosa), disacharidech (sacharóza, maltóza, trehalóza, melibióza, laktóza) a trisacharidech (melizitosa, rafinóza, erlosa) v dlouhodobém laboratorním biologickém testu. Přijímané cukry a doba krmení se určovaly přežití mravenců. Vzhledem k monosacharidovým jednotkám, z nichž jsou cukry složeny se fruktóza jeví jako vhodný zdroj energie na krátkou dobu, zatímco glukóza je použitelná i pro skladování. Přítomnost galaktózových jednotek snižuje vhodnost cukru. Chuťové vnímání souvisí se ziskovostí cukrů v dalších metabolických procesech (BOEVÉ & WACKERS 2003).

Většina druhů mravenců patří mezi polyfágy, přičemž hlavním zdrojem energie jsou sacharidy. Cukry často získávají tzv. trofobiózou nejen se mšicemi ve formě medovice (HÖLLBODLER & WILSON 1994). Druhou velmi důležitou složkou potravy jsou proteiny, ty mravenci získávají z mrtvých těl jiných živočichů, hlavně hmyzu (VEPSÄLÄINEN & SAVOLAINEN 1990). Pokud mravenec nalezne menší částičku potravy, odnese ji do hnízda vlastními silami, přičemž ještě nějakou dobu krouží kolem a zkouší najít více takovýchto částic. Narazí-li dělnice některých druhů na větší zdroj (kritériem je porovnání velikosti potravní částice s velikostí těla mravence (MAILLEUX ET AL., 2000), běží nejkratší cestou do mraveniště a přitom se v pravidelných intervalech dotýká země špičkou zadečku, po níž stékají

kapičky stopovacího feromonu vytvářeného v zadní části střeva. Když během své cesty potká dělnici z vlastního hnízda, dotýká se jí tykadly a často dochází k tzv. trofolaxii – ta spočívá v tom, že mravenec umožní dělnici ochutnat ze svého volete kapičku potravy, kterou našel. Po tom, co dorazí do hnízda, snaží se stejným způsobem zmobilizovat co možná nejvíce mravenců, kteří se po feromonové stopě vydají ke zdroji, aby ho společnými silami donesli do hnízda. V případě zdrojů, které není možno odnést, je stopa ještě několikrát opakovaně pokládána, dokud se nestane relativně stabilní. Co se týče kolonií mšic, které zůstávají na tomtéž místě i několik let, mohou zde i cestičky vydržet velmi dlouho. Po zimní pauze nebo po větší disturbanci stanoviště je však nutné stopy položit znovu (QUINET ET AL., 1997). Zachycení stopy se děje pomocí chemoreceptorů na tykadlech. WILSON (1971) popsal hlavní typy chování mravenců při nalezení využitelného zdroje potravy. Podle nich rozdělil mravence do tří skupin: oportunisté se většinou zdroj naleznou jako první, avšak jsou velmi plaší, a proto se snaží získat z něj co nejvíce a rychle se stáhnout do ústraní, aby se vyhnuli střetu se silnějšími konkurenty. Druhá skupina, hubitelé (extirpatory), potřebuje k nalezení zdroje o něco delší dobu, přivádí na místo více jedinců z hnízda a ti vytlačují ostatní přítomné druhy. Lichotníci (insinuatory) jsou velikostně velmi malí a nevýrazní a mohou tak využívat zdroj současně s velkými dominantními mravenci, které přítomnost těchto submisivních druhů přímo neohrožuje (PETRÁKOVÁ, 2006).

### 2.1.1 Faktory ovlivňující potravní chování

Abiotickým faktorům jako základním determinantům struktur ekologických sítí je třeba věnovat větší pozornost, než biotickým (RICO-GRAY ET AL., 2012). Adaptivní rozhodování je důležitým rysem mnoha zvířat, zejména v souvislosti s potravní aktivitou u sociálního hmyzu. Sociální zvířata jsou schopna optimalizovat své potravní chování jednotlivě nebo na kolektivní úrovni. U dravého druhu *Leptogenys diminuta* (Smith, 1857) mravenci hledají individuálně kořist a pak se rozhodují během několika vteřin, zda zaútočit přímo, nebo povolat velkou skupinu a zahájit kolektivní útok. Obě strategie mají náklady a přínosy. Informace shromážděné během hodnocení kořisti je rozhodující pro správnou reakci. Studie ukazují, jak jsou tato hodnocení zohledňována zkušenými a nezkušenými mravenci. I když jsou rozhodnutí pod časovým tlakem, zkušení jedinci upravují strategii do kolektivního útoku. Naopak nezkušení dávají přednost riziku a odmítají útočit ve skupině. Z pozorování bylo zjištěno, že u nezkušených jedinců se vyvine správná útočná strategie zhruba po čtyřech týdnech. Celkově lze říci, že *L. diminuta* vykazuje pozoruhodně opatrný, rychlý a adaptivní rozhodovací systém, ve kterém jsou začleněny kutikulární chemikálie kořisti. Dále se v rozhodovacích procesech řídí vizuálními a hmatovými podněty (WITTE ET AL., 2010).

Mravenci a obývají mnoho různých stanovišť a jsou hojní (WILSON 1987, 1990). Jsou koloniální, což znamená, že smrt jednoho jedince nemá vliv na přežití a genetickou strukturu kolonie. Členové kolonie plní různé úkoly, jako je například

migrace, obrana a reprodukce. Jinými slovy, mravenci ukazují komplex dělby práce. Unikátní vlastností mravenců je to, že jejich společenství mají dlouhou životnost (vzhledem k životnosti individuálního mravence) se zřetelnými hierarchiemi a dominancemi mezi různými druhy. Hustota společenstev je omezena produktivitou stanoviště (KASPARI ET AL., 2000B), toho se využívá k popisu druhové bohatosti na velké ploše (ROSENZWEIG, 1995). Klíčovým faktorem vztahu mezi stravou a dlouhověkostí je rovnováha bílkovin a sacharidů v potravě. Přebytek proteinů ve vztahu k sacharidům zkracuje délku života hmyzu. Proběhly výzkumy souvislostí mezi vysokým obsahem bílkovin a délkou života, a to jak na úrovni jednotlivých mravenců, tak kolonií černých zahradních mravenců *Lasius niger* (Linnaeus, 1758). Jak je životnost ovlivněna poměrem proteinů a sacharidů se ukázalo následovně: při vysokém obsahu bílkovin a nízkém obsahu sacharidů se snížila životnost dělnic až 10-krát. Snížení délky života bylo způsobeno především z důvodu zvýšeného příjmu bílkovin, spíše než nedostatkem sacharidů. Pouhý jeden den vystavení vysokým obsahům proteinů měl katastrofální důsledky pro dělnice i kolonii a snížil počet jedinců o více než 20 procent (DUSSUTOUR & SIMPSON 2012).

Studie symbiotických bakterií prokázaly, že tyto mikroorganismy poskytují více výhod pro jejich hostitele. Při manipulaci se stravou mravenců z rodu *Cephalotes*, kdy byla narušena jejich střevní mikroflóra bylo zjištěno, že deficit dusíku snižuje bakteriální hustotu. Kromě toho data naznačují, že přítomnost a hustota symbiotických bakterií může ovlivnit přežití mravenců (HERNÁNDEZ, 2012).

Přesto, že herbivorie je rozšířená mezi hmyzem, rostlinné tkáně zřídka poskytují optimální rovnováhu živin pro růst a reprodukci. V důsledku toho, mnoho býložravého hmyzu shání jinde zejména aminokyseliny a minerální látky. Málo se ví o tom, jak mravenci regulují příjem sodíku na úrovních jednotlivce a kolonie. Dělnice mohou reagovat nejen na své vlastní nutriční nedostatky, ale také na nedostatky ostatních členů kolonie, kteří mohou mít odlišné požadavky na výživu v závislosti na jejich vývojovém stádiu, pohlaví, nebo kastě. Stresování nedostatkem soli ukazuje, že mravenci tropické deštného lesa mají velkou potřebu soli. Pozorování dělnic stromových druhů mravenců *Camponotus mirabilis* (Emery, 1903) s neomezeným přístupem k vysokým koncentracím soli ukazuje, že dělnice měly významně vyšší mortalitu vzhledem ke kontrolám, což naznačuje bod toxicity sodíku pro dělnice *C. mirabilis*. Nicméně, přeživší dělnice ukázaly sníženou přednost soli na konci experimentu, takže některé, ale ne všechny byly schopny regulovat svůj příjem soli pod hranici smrtelných dávek (ARCILA HERNÁNDEZ ET AL., 2012). Rozsáhlé klimatické a územní přechody na Mt Kilimanjaro, Tanzanie, sloužily pro studii variací využití živin v mravenčích komunitách. Bylo použito šest různých živin (sacharidy, aminokyseliny, mix sacharidu-aminokyseliny, NaCl, H<sub>2</sub>O a lipidy) v různých nadmořských výškách a půdních režimech. Výsledky ukázaly, že relativní využití živin se silně měnilo spolu s nadmořskou výškou. Napříč všemi

sledovanými stanovišti preferovaly mravenčí komunity sacharido-aminokyselinové návnady. Komunity mravenců se zdají být omezeny různými typy a počty živin v odlišných prostředích. Tato prostorová heterogenita nutriční ekologie je pravděpodobně určena jak dostupností živin, tak životním prostředím a funkčním složením společenstev mravenců (PETERS ET AL., 2014).

## **2.2 Vztah mravenců k okolním organismům v souvislosti s potravou**

Mravenci jsou životně důležití pro spoustu rostlin. Bylo experimentálně zjištěno, že tropické rostliny trpí téměř trojnásobně vyšším poškozením býložravci, než rostliny mírného pásu. Odstranění mravenců u tropických rostlin vedlo k poklesu produkce semen o 59 %, zatímco u rostlin v mírném pásu toto snížení nebylo statisticky významné. Účinky odstranění mravenců byly také důležitější u obligátních myrmekofilních rostlin (myrmecophytes) ve srovnání s rostlinami vykazujícími fakultativní vztahy s hemipteroidním hmyzem. Celkově tyto výsledky naznačují, že mravenci působí jako rostlinná biotická obrana (ROSUMEK ET AL., 2009). Myrmekofilní rostliny obvykle produkují semena s přívěsky (elaiosomy) jako odměnu pro mravence. Rostliny, které produkují vysoce kvalitní elaiosomy jsou ve výhodě, protože mravenci přednostně rozptylují jejich diaspory. Pro testování byl analyzován obsah a složení lipidů, aminokyselin, rozpustných sacharidů, proteinů a škrobu v semenech a elaiosomech pro 15 středoevropských myrmekochorních rostlin. Semena obsahovala sloučeniny s vysokou molekulovou hmotností, jako jsou proteiny a škrob, zatímco elaiosomy snadněji stravitelné sloučeniny s obsahem nízkomolekulárních sloučenin, jako jsou aminokyseliny a monosacharidy. Analýzy prokázaly, že složení mastných kyselin, volných aminokyselin a sacharidů se výrazně liší mezi elaiosomy a semeny. Nejdůležitější rozdíl byl celkový obsah aminokyselin, který byl v průměru 7,5 krát vyšší v elaiosomech, než v semenech. Rozdíl byl zvláště zřetelný u aminokyseliny histidinu bohaté na dusík. Dostupnost základních živin a u některých druhů vyšší obsah dusíku v elaiosomech naznačují, že jejich nutriční hodnota pro larvy mravenců hraje klíčovou roli (FISCHER ET AL., 2008).

## **2.3 Aktivita a teplota**

Teplota ovlivňuje lov, shánění potravy a další biologické procesy (GANO & ROGERS 1983).

Mraveniště kolonií lesních mravenců rodu *Formica* po zimním období ožijí v tak zvané časně jarní fázi. Na povrchu mravenčí kupy, jejíž část ještě může být zakryta sněhem, se objeví shluky mravenčích dělnic. Již v této časně jarní fázi začínají při teplejším počasí mravenčí dělnice opouštět mraveniště a vyhledávat v jeho blízkosti potravu a stavební materiál k obnově hnízda poničeného po zimních měsících. Koncem léta dosahují mraveniště své největší velikosti. Pokračuje intenzivní sběr potravy, ze které si dělnice vytvářejí zásoby ve vlastním těle, tj.

v zadečku. Tyto zásoby jsou zdrojem energie pro celé mraveniště, se kterými musí vystačit až do jara příštího roku. S nástupem chladného podzimního počasí se mravenci stěhují do hlubších podzemních prostor mraveniště, ustává i jejich aktivita a upadají do zimní chladové strnulosti. Je to klidový stav organismu, při kterém je spotřebována jen malá část rezervních tělních zásob (MILES, 2000).

Schopnost zvířat přizpůsobit své chování sezónním změnám je zásadní pro jejich zdraví. Eusociální hmyz zobrazuje silnou kolektivní sezónnost chování, přesto jsou mechanismy takovýchto změn špatně pochopitelné. Modulační feromon spouští averzi vůči nekvalitním hnízdům a zvyšuje koloniální soudržnost v létě a na podzim, ale ne po přezimování (STROEYMEYER ET AL., 2014). Sezónní vývojový cyklus kolonií mravenců rodu *Myrmica* byl studován poprvé JEZHIKOVEM (1929) a později některými dalšími autory (EIDMANN 1943, TALBOT 1945, BRIAN 1950, CAMMAERTS 1977, ELMES & WARDLAW 1982). Bylo prokázáno, že všechny druhy rodu *Myrmica* přezimují diapauzou (KIPYATKOV & LOPATINA 1977).

Denní a sezónní vzory byly popsány pro devět druhů mravenců, kteří obývají mírné pásmo lesů. Dva běžné dominantní druhy *Prenolepis imparis* a *Formica subsericea* byly aktivní v různých denních dobách různých částech roku. Zdá se, že byly omezené fyzikálními faktory (teplotou a světlem), zatímco podřízené druhy vykazovaly větší toleranci k fyzikálním podmínkám. Vrchol potravního období podřízených druhů se z velké části překrýval s většinou dominantních druhů. Tento časový vzor činnosti druhů je popsán v souvislosti s jejich konkurenčními vztahy (FELLERS, 1989). Mnoho druhů mravenců není aktivní při vysokých denních teplotách (BEN-ARI, 2013). Mravenci jsou mimo hnízdo většinu dne a noci, tento 24-hodinový cyklus se však liší u jednotlivých druhů (TALBOT 1953, WILSON 1971). Například u Michiganského druhu *Lasius neoniger* (Emery, 1893) je maximální aktivita v noci, u *Myrmica Americana* (Weber, 1939) v časných ranních hodinách a pozdě odpoledne a *Formica pallidefulva nitidwentris* (Latreille, 1802) je nejvíce aktivní v poledne (TALBOT 1946, 1953). Stejně tak se rojení mravenců vyskytuje v různých hodinách pro různé druhy (KANNOWSKI 1963, TALBOT 1945). Časy letů mohou být podobné u blízce příbuzných druhů (KANNOWSKI 1959a).

Schopnost čelit chladu v teplejších obdobích aktivního období by u mravenců měla být snížena, zatímco odolnost v chladnějších obdobích zvýšena. Odolnost proti chladu u rodu *Myrmica* byla zkoumána po většinu aktivní sezóny na dvou typech stanovišť (les a louka). Při klesání teploty o 0, 17 °C za minutu v létě mravenci vykazovali nižší schopnost adaptace, naopak na podzim a na jaře se lépe adaptovali na nižší teploty, což potvrzuje lineární regresi vůči teplotě vzduchu. U druhu *M. rubra* (Linnaeus, 1758) byly odpovědi na nízké teploty výrazně rychlejší na louce než v lesních biotopech. *M. rubra* z lesního stanoviště vykazovala kratší dobu adaptace na chlad začátkem léta a podzimu, na louce tomu bylo přesně naopak.

Podle údajů jsou mravenci v teplejších měsících méně odolní vůči chladu a stresu (MAYSOV & KIPYATKOV 2011).

## 2.4 Sezónnost ve vztahu k potravní aktivitě

Studium nutriční fyziologie mravenců se zabývá vlivem chemického složení stravy na jejich zdravotní stav a stav kolonie. Např. při pokusech prováděných na druhu *Rhytidoponera metallica* (Smith, 1858) byla kolonie krmena stravou obsahující proteiny a stravitelné sacharidy v poměru 1:2. Po 8 týdnech byl výkon kolonie (zvýšen počet vajíček, hmotnost kukel a snížená úmrtnost dělnic) vyšší, než kolonií krmených jinou stravou (DUSSUTOUR & SIMPSON 2008). Druhovú bohatost mravenců je nejspíše ovlivněna dostupností potravin (TSHIGUVHO ET AL., 1999). Dlouhověká zvířata, včetně sociálního hmyzu často vykazují sezónní posuny v potravním chování. Sezónnost má vliv na změny potravního chování zejména co se týče regulace živin. Výzkumy kolonií v laboratorních podmínkách, kde byl udržován totožný osvit, teplota, vlhkost a podávány experimentální potraviny, které měly jiný poměr proteinů a sacharidů ukázaly, že letní kolonie zvýšily příjem potravin a poměr jednotlivých složek jejich stravy se stal zvýšeně nevyvážený. Dále se ukázalo, že potravní aktivita je nenáhodný jev a mravenci na podzim i v létě dávají přednost sacharidům. Nicméně, mravenci zřídka snědli veškeré jídlo, které shromáždili. Bez ohledu na roční období mravenci spotřebovali většinu nashromážděných sacharidů, ale ne bílkovin (COOK ET AL., 2011).

Argentinskí mravenci *Linepithema humile* (Mayr, 1868) s vrcholem aktivity od června do října shánějí potravu i v průběhu dalších měsíců, ale v mnohem nižší hladině. Počty potravy shánějících dělnic jsou přímo spojeny s ranními a pozdně odpoledními teplotami. Sacharóza, med, voda a pevné potraviny obsahující hmyzí protein byly nejvýhodnější potravou v průběhu celého roku. Základem studie *L. humile* byla volba mezi sacharidy a bílkovinami, tito mravenci preferovali podstatně více sacharidy. Přesto ale mohou být požadavky kolonie na bílkoviny větší, než se původně předpokládalo. Optimální návnady mohou zahrnovat proteinovou potravu do začátku léta, roztok sacharózy pak v létě a na začátku podzimu (RUST ET AL., 2000). Teplota určuje časování shánění potravy, stejně jako denní a sezónní potravní aktivitu u druhů *Myrmecia croslandi* (Taylor, 1991), ale má méně zjevné účinky na *M. pyriformis*. U obou druhů bylo kritické teplotní maximum v laboratoři vyšší, než teplota v přirozeném prostředí (JAYATILAKA ET AL., 2011). Kritické a smrtící teplotní meze tolerance se používají k určení fyziologické reakce mravenců na změny teploty a na stanovení teplotních limitů mravenců. Horní a dolní teplotní meze tolerance omezují výkon zvířete (ANGILLETTA ET AL., 2010), také jeho rozšíření, početnost a přežití (GRAY ET AL., 1997). Dělnice *Myrmecia pyriformis* (Smith, 1858) sháněly potravu v širokém rozsahu teplot povrchu půdy (5,4 až 26,2 ° C) a byly aktivní po většinu roku. Nicméně, intenzita světla při západu slunce vysvětluje zbývající rozdíly v aktivitě (čím větší intenzita světla, tím byly dělnice aktivnější). Většina dělnic opustila



hnízdo na mezi 10 a 15 ° C, i když by mohly snášet mnohem vyšší teploty, jak bylo experimentálně prokázáno (NARENDRA ET AL., 2010). Změny v sezonalitě mravenců a druhové bohatosti významně pozitivně korelovaly s teplotou půdy, relativní vlhkostí, teplotami vzduchu a vlhkostí půdy při výzkumu sezonality mravenců v Indii (KHARBANI & HAJONG, 2013).

Autor Kay testoval hypotézu, že spotřebitelé, kteří si vybírají mezi doplňkovými zdroji preferují relativně méně dostupnou potravu. Tato hypotéza byla testována v terénní studii, která porovnávala preference mravenčích kolonií k experimentálně předloženým potravinám, ty se lišily obsahem sacharidů a proteinů. V první části studie byl zkoumán účinek živin na preferenci v kolonii mravenců *Dorymyrmex smithi* (Cole, 1936). Kolonie, které obdržely proteinový roztok po dobu 24 hodin spotřebovaly úměrně více sacharidů než kontrolní kolonie, které měly jen přístup k vodě. Také naopak, jejich kolonie upřednostňovaly sacharidy po obdržení proteinů. Ve druhé části studie byly srovnávány přednosti mezi cukry a bílkovinami v koloniích osmi druhů mravenců. Zjistilo se, že druhy s relativně snadným přístupem k sacharidům preferovaly proteiny, zatímco druhy s větším přístupem k bílkovinám dávaly přednost sacharidům. Tyto výsledky naznačují, že výhody nutričně smíšené stravy spolu s rozdíly v relativní dostupnosti živin mohou vysvětlit rozdíly v příjmu potravy a rozhodování se v rámci druhů mravenců (KAY, 2002).

Potravní preference byly zkoumány v terénu i v laboratoři u druhu *Tapinoma sessile* (Say, 1836). Potravní aktivita od dubna do září 2001 v terénu přitahovala mravence ke krmným stanicím, které obsahovaly 20% roztok sacharózy. Aktivita byla zaznamenána v průběhu čtyřadvaceti hodin spolu s okolní teplotou, aby mohly být posouzeny možné korelace. Výsledky ukázaly, že potravní aktivita může být ovlivněna jak z hlediska času, tak teploty. V dubnu a květnu, kdy teplota klesla přibližně na 10°C, byla pozorována malá nebo žádná potravní aktivita. Nicméně, v létě, kdy teploty byly obecně vyšší, byla potravní aktivita také vyšší. V laboratorních podmínkách sháněli mravenci potravu v krmných stanicích po celý den a noc při konstantní teplotě přibližně 25°C. Vyhodnocení sezónních preferencí sacharidů a bílkovin byla také provedena v průběhu jara a léta. Výsledky neukázaly žádné sezónní změny v preferenci potravin a shánění potravy mravenců. Několik různých sacharidů, bílkovin, lipidů a solí bylo testováno jak v kapalině, tak v gelové formě. Výsledky ukázaly, podstatně větší spotřeby sacharózy v roztoku o koncentraci přibližně 20% ve srovnání s jinými testovanými cukry (glukóza, fruktóza, trehalózy a maltóza). Kromě toho, byly silné odpovědi krmení se pozorovány na kaseinu a mléčném hydrolyzátu v koncentraci 5%. Přidání chloridu sodného k vzorku 15% sacharózy v gelu rovněž zvýšil odpověď krmení. Lipidy byly většinou ignorovány. Různé aminokyseliny nezlepšily reakce na krmení a ta byla podobná vodě (BARBANI, 2003). Preference potravin a potravní aktivita škůdce *Tapinoma indicum* (Forel, 1895f) byla zkoumána výběrovými testy na

ostrově Penang, Malajsie. *T. indicum* měli nejvyšší preference pro tuňáka ( $p < 0,05$ ) mezi bílkovinnými potravinami, ale žádné preference mezi sacharidovými potravinami. Lipidové potraviny mravence spíše nepřitahovaly. Studie ukázaly periodické změny výběru potravin. Dále přednost sacharidových potravin před bílkovinnými a lipidovými návnadami. Byla studována i potravní aktivita *T. indicum* po dobu 72 hodin. Jejich aktivity byly v negativní korelaci s teplotou, ale pozitivně korelovaly s relativní vlhkostí (CHONG & LEE 2006).

Celoroční průzkum stromových mravenců byl proveden v průběhu roku 1983 v Panamě na ostrově Barro Colorado. Návnady se nacházely na kmenech stromů, přitahovaly pozemní i stromové mravence, což umožnilo srovnání mezi těmito dvěma skupinami. Druhové složení na návnadách se dramaticky změnilo během sezóny. Návnady byly především obsazeny stromovými druhy v období sucha, zatímco v období dešťů byly obsazeny většinou pozemními druhy. Stromoví a pozemní mravenci se lišili ve svých preferencích na bílkoviny i v preferencích návnad na bázi sacharidů. Stromoví mravenci upřednostňovali návnady na bázi bílkovin a suchozemští návnady na bázi sacharidů. Krmení se na proteinových návnadách naznačuje, že tyto zdroje byly limitující pro stromové mravence, a to zejména v období sucha, a že sacharidy byly limitující pro pozemní mravence. Základní rozdíly mezi stromovými a pozemními stanovišti mohou podporovat rozdíly v potravních strategiích pozorované v průběhu ročního cyklu tropického pralesa (HAHN & WHEELER 2002).

Potravní aktivity a preference mravence *Pachycondyla sennaarensis* (Hymenoptera, Formicidae, Ponerinae) byly zkoumány jak v terénu, tak v laboratoři. Výzkum probíhal dva roky po všechny roční období. Potravní aktivita mravenců byla zaznamenávána po 24 hodin spolu s okolní teplotou a relativní vlhkostí. Výsledky studie ukázaly, že potravní aktivita může být ovlivněna časem, teplotou a relativní vlhkostí. V průběhu jara byla aktivita dělnic během dne maximální při 16-21 ° C a relativní vlhkosti 52 až 58%. Nicméně, v létě, kdy teplota byla obecně vyšší, stravovali se mravenci v chladnějších částech dne a v noci. Potravní aktivita během podzimu a zimy se snížila. Studie nezjistila žádné sezónní změny v oblasti preference potravy. *P. sennaarensis* důsledně preferovaly bílkoviny a sacharidy. Nicméně, výsledky ukázaly, že mletého masa spotřebovaly podstatně více než jiné proteinové potraviny. Lipidy byly většinou *P. sennaarensis* ignorovány (MASHALY ET AL., 2013).

Distribuce potravinových zdrojů v prostoru a čase, je pravděpodobně důležitý faktor, podle kterého mravenci řídí preference různých typů potravy a jejich variabilitu i svou vlastní potravní aktivitu. Nicméně, nebyl dosud učiněn předchozí systematický pokus, zda distribuce zdrojů je ve skutečnosti v korelaci s potravní strategií mravenců (LANAN, 2014). Teorie předpovídá, že kolonie sociálního hmyzu musí být schopny nastavit intenzitu jejich potravního chování v závislosti na kvalitě nalezených potravin. Při výzkumu *Myrmica sabuleti* (Meinert, 1861), se

celkový počet dělnic zabývajících se sběrem potravy zvyšoval s rostoucí koncentrací sacharózy. Dělnice navštívily 1 M roztok více, než roztok 0,1 M sacharózy (BISEAU & PASTEELS 2000). V Bangalore v Indii, byla provedena dvouletá studie, jejímž cílem bylo zaznamenat sezónnost hojnosti a povrchovou aktivitu kolonií pěti druhů mravenců *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804), *Monomorium latinode* (Mayr, 1872), *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793), *Paratrechina longicornis* (Latreille, 1802) a *Camponotus variegatus* (Smith, 1858). *S. geminata* byl hojný v zimě (listopad až březen) i v létě (duben až květen), *T. melanocephalum* a *C. variegatus* pouze v létě, zatímco *M. latinode* a *P. longicornis* v monzunu (od června do září). Povrchová aktivita *S. geminata* pozitivně korelovala s teplotou vzduchu a negativně s okolní vlhkostí. Bylo zjištěno, že aktivita *M. latinode* pozitivně korelovala se srážkami a vlhkostí půdy. Aktivita *T. melanocephalum* byla v pozitivní korelaci s teplotou vzduchu a v negativní se srážkami. Naopak, aktivita *P. longicornis* pozitivně korelovala se srážkami a negativně s teplotou vzduchu. Aktivita *C. variegatus* pozitivně korelovala s teplotou vzduchu a negativně s dešťovými srážkami. To může znamenat, že rozdíly v aktivitě jsou dány fyziologickými rozdíly jednotlivých druhů nebo jde o vyhýbání se přímé kompetici (ABHINANDINI & VENKATESHA 2013). Teplota a sezónní vlivy na potravní aktivitu *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) byly zkoumány v Oklahomě periodickým zachycováním mravenců v lahvičkách s návnadou. Teplota půdy vysvětluje z 63% variabilitu potravní aktivity (VOGT ET AL., 2003). Na druhou stranu u druhu *Odontomachus chelifer* (Latreille, 1802) přetrvává preference pro určité typy kořisti i přes sezónní výkyvy v celkové dostupnosti potenciální kořisti. *O. chelifer* je výhradní masožravec, takže fyziologické konstryny mu mohou bránit v přijímání např. cukrů (RAIMUNDO ET AL., 2009).

## 2.5 Komunikace a orientace

Komunikace s okolním prostředím a v rámci kolonie je v životě sociálního hmyzu velmi důležitá. Používá signály, které mohou být vizuální, zvukové, čichové atd. Organismy komunikují v mnoha různých kontextech, a to od shánění potravy, hledání partnera, chránění svého území až po sofistikovanější komunikaci ve společenstvech. Rozpoznávání na základě čichových podnětů je možná nejlépe známým způsobem u hmyzu, který produkuje širokou škálu těkavých látek, např. estery, terpeny nebo netěkavé sloučeniny, jako jsou kutikulární uhlovodíky. U hmyzu jsou kutikulární uhlovodíky často hlavní látky podílející se na rozpoznávání druhů a plodnosti, vyhýbání se dravcům, signalizaci dominance a pohlavním výběru (CHERENKO, 2012). Vědci vědí už několik desetiletí, že mravenci využívají celou řadu chemických látek známých jako feromony pro komunikaci. Snad nejklaštějším příkladem jsou feromonové cesty. Protože tato chemická komunikace je tak rozšířená a složitá, vědci dlouho věřili, že to je hlavní způsob jakým si mravenci předávají informace. Nicméně, před několika lety si vědci začali všimnout, že dospělci některých mravenců, jako je rod *Myrmica*, produkují zvuky. Tito mravenci mají speciální hrot podél břicha. Zdvihem jedné z jejich zadní nohy

vyluzují zvuky. Studie naznačují, že tento zvuk slouží především jako nouzový, když mravenci křičí o pomoc nebo jsou ohroženi dravcem. Nové studie ukazují, že dokonce i mravenčí kukly mohou komunikovat pomocí zvuku, a že tato komunikace může mít zásadní význam pro jejich přežití. Larvy a kukly mají měkké vnější kostry, což znamená, že jejich specializované hroty zatím zvuk tvořit nemohou. Nicméně, jak kukly dospívají, jejich krycí vrstva ztuhne do tuhého exoskeletu, jako je tomu u dospělých mravenců. Tyto starší kukly již mají plně funkční hroty (ARNOLD, 2013). Larvy a kukly rudu *Myrmica* jsou němé, jakmile však sklerotizují, mají kukly plně fungující stridulační orgány. Výzkumy naznačují, že akustické signály nahrazují semiochemikálie jako prostředek identifikace u sklerotizovaných kukel, snad proto, že jejich tvrzený integument blokuje vylučování feromonů nebo proto, že jejich rozvojové nedospělé sekrety se zpočátku liší od pachů kolonie (CASACCI ET AL., 2013). Mravenci také produkují vysoký tón vrzání, který není slyšitelný pro lidské ucho. Někteří mravenci produkují zvuk jednoduše úderem na tvrdém povrchu. Zvuk se používá k upozornění na nebezpečí. Někteří mravenci používají stridulaci, když volají o pomoc a při hledání potravy (HÖLLDOBLER & WILSON 1994).

Schopnost orientovat a pohybovat se v prostoru je zásadní pro všechna zvířata, jejichž rozsah je organizován kolem centrálního bodu. Ve srovnání s obratlovci má hmyz jako mravenci malý, „home range“. U mnoha druhů mravenců je pohyb jednotlivců v podstatě závislý na kolonii, prostřednictvím chemických tras. Tyto trasy se kříží a tvoří síť vzájemně propojených cest, ve kterých se mravenci orientují. Volba cest mravenců nejvíce záleží na feromonech (GERBIER ET AL., 2008). Magnetorecepce je smyslová schopnost vnímat magnetické pole a přenášet informace z něj do mozku, kde se zpracovávají a dochází k jejich vyhodnocení. Behaviorální experimenty prokázaly, že zvířata mohou používat geomagnetického pole pro prostorovou orientaci (WILTSCHKO & WILTSCHKO 2005). Histologické studie mohou lokalizovat magnetoreceptivní struktury, ale jejich zapojení do magnetorecepce není možné testovat. Z pohledu neurobiologie, existuje jen málo studií specifických struktur mozku týkajících se zpracování magnetických informací, jako například u měkkýšů (CAIN ET AL., 2005) a ptáků (BEASON, 2005).

## **2.6 Charakteristika nalezených druhů mravenců**

*Myrmica scabrinodis* (Nylander, 1846)

Jedná se o Euro-Sibiřský druh, jehož severní dosah je až za polárním kruhem. Dále se vyskytuje od východu Sibíře až do hor ve střední Asii. Jižní hranice výskytu v Evropě je těžké určit, protože máme nedostatek informací o rozšíření tohoto druhu. Polytopický, středně teplomilný druh vlhkých a mesických habitatů. Je velmi tolerantní k vlhkosti půdy. Vyhýbá se osluněným místům. Druh se vyskytuje v otevřené krajině, louky, pastviny, vzácněji v lesích. Je frekventovaný na rašeliništích. Hnízda staví podzemí, v trsech trávy, na suchých místech, pod

kameny i v kořenech stromů. Kolonie mohou být monogynní i polygynní, obsahují několik stovek až 2500 jedinců. *Myrmica scabrinodis* je považována za převážně dravého mravence. Krmí se také medovicí mšic, na kořenech a výhonkách bylin. Rojí se od července do října (CZECHOWSKI ET AL. 2002, SEIFERT 2007).

#### *Myrmica ruginodis* (Nylander, 1846)

Rozsah tohoto druhu je od západní Evropy (Britské ostrovy, Pyrenejský poloostrov, Francie) přes střední, západní a východní Evropu až na Sibiř, dálný východ a Japonsko. Chybí v horských oblastech střední Asie. Běžný mravenec, vyskytuje se spíše a vlhkých, příp. zastíněných biotopech. Žije především v lesích a na vlhkých loukách. Vyskytuje se v nadmořských výškách i nad 1000 m. n. m. Velmi běžný je na horských pastvinách. Je nejméně teplomilným druhem ze všech evropských druhů rodu *Myrmica*. Vyhýbá se slunečným a suchým místům. Hnízdí pod zemí, v trsech trávy a mechu, pod kameny, v kořenech dřeva, pod kůrou stromů. Hnízdo často vypadá jako malé kopečky z půdy nebo rostlinných zbytků. Je známý ve dvou sociálních formách, monogynní a polygynní. Tito mravenci si pěstují mšice a živí se i rostlinným nektarem. Rojení probíhá v srpnu a září (CZECHOWSKI ET AL. 2002, SEIFERT 2007).

#### *Myrmica sabuleti* (Meinert, 1861)

Vyskytuje se v Evropě od jižního Norska a Švédska, přes Sankt-Petersburg směrem k Rusku, na západní Sibiři, Kavkazu a na severu Balkánského poloostrova. Jedná se o mírně xerotermofilní druh, který preferuje především mírně sušší a teplejší biotopy, než *M. scabrinodis*. Vyskytuje se na otevřených stanovištích, vzácněji i ve světlých lesích. Hnízda jsou stavěna podzemí, v trsech trávy a mechu také a pod kameny. Kolonie se obecně skládají z pár stovek jedinců (maximálně do 2000) a několika královen. Vyhledávají nektar a medovici. Rojení probíhá v srpnu až září (CZECHOWSKI ET AL. 2002, SEIFERT 2007).

#### *Myrmica rubra* (Linnaeus, 1758)

Druh je znám především ze střední Evropy a palearktické Asie (Eurosibiřské rozšíření). Je to nejvíce hygrofilní a přesto nejvíce tolerantní druh všech středoevropských rodů *Myrmica* a jeden z nejběžnějších v palearktu. Vyskytuje se ve velmi odlišných habitatech od středně vlhkých po velmi vlhké, především v nížinách. Četný je zejména na loukách s vysokou hladinou podzemní vody. Často se nachází v antropogenních biotopech (zahrady, agrocenózy). Vzácnější je potom v lesích, zde bývá nahrazen druhem *Myrmica ruginodis*. Hnízdí v podzemí, v trsech trávy a mechu, pod kameny, v kořenech dřeva a pod kůrou stromů. Hnízdo často vypadá jako malé kopečky z půdy nebo rostlinných zbytků. Kolonie jsou obvykle polygynní, nejčastěji složené z několika tisíců jedinců. Je to velmi agresivní druh mravence, často svádí divoké boje. Využívá také medovici mšic a hmyz, dokonce i stromový a to častěji než ostatní druhy rodu *Myrmica*. Živí se také nektarem.

Svatební lety uskutečňuje v srpnu a září, na horách také v říjnu (CZECHOWSKI ET AL. 2002, SEIFERT 2007).

*Lasius niger* (Linnaeus, 1758)

Hojně žijící druh. Rozšíření sahá od Evropy přes mírný pás Asie až do Severní Ameriky i severní Afriky. Velmi běžný druh, vyskytující se na otevřených suchých až vlhkých biotopech od nížin do podhůří. *Lasius niger* má silnou tendenci k synantropizaci (je početný na zemědělských půdách, ve městech a předměstích). Vyhýbá se stinným lesům, rašeliništím a slatiništím. Hnízda jsou stavěna pod zemí, často pod kameny a někdy jsou nadzemní konstrukce vystavěny z částí minerálů. Kolonie jsou monogynní, skládají se z několika stovek až desítek tisíc dělnic. Jsou zakládány mladou královnou. Rojení probíhá od července do srpna. Často se stává, že obrovské počty přelétají přes velkou plochu zároveň (CZECHOWSKI ET AL. 2002, SEIFERT 2007).

*Lasius platythorax* (Seifert, 1991)

Pravděpodobně transpalearktický druh s podobným rozšířením jako *L. niger*. *L. platythorax* ve srovnání s *L. niger* preferuje více vlhká místa. Obývá všechny typy lesů, stejně jako mokré louky. Vyhýbá se otevřeným a antropizovaným místům. Tento druh obvykle staví hnízda v organickém substrátu, zejména v mrtvém dřevě (zvláště v pařezech), ale i v přízemní vegetaci, v trsech trávy s kořenovými vrstvami humusu. Nevytváří nadzemní konstrukce hnízda. Rojení probíhá od července do srpna. Běžný druh, často se vyskytující na vlhkých až mokrých lokalitách. Hnízda v nejrůznějších substrátech (mrtvé dřevo, rašelina, bulvy, pod kameny atd.). Rozšíření není přesně známo vzhledem k relativně nedávnému oddělení od sesterského druhu *Lasius niger* (Linnaeus, 1758), pravděpodobně transpalearktické (CZECHOWSKI ET AL. 2002, SEIFERT 2007).

*Temnothorax crassispinus* (Karavaiev, 1926)

Palearktický mezotermofilní druh nížin až pahorkatin, kde obývá teplé listnaté a borové lesy. Hnízdí v suchých trouchnivých opadlých větvičkách na zemi, trouchnivých pařezech, pod kůrou a mechem, v opadance nebo prázdných žaludech (CZECHOWSKI ET AL. 2002, SEIFERT 2007).

## 3 Metodika a cíle práce

### 3.1 Popis lokality

#### 3.1.1 Geomorfologické členění

Geomorfologická provincie: Česká Vysočina, Geomorfologická soustava: Krkonošsko-Jesenická 4, Geomorfologická podsoustava: Orlická 4b, Geomorfologický celek: Broumovská vrchovina 4b-1, Geomorfologický podcelek: Polická vrchovina 4b- 1b, Okrsek: Polická pánev 4b-1b-d

Oblast Velkých Petrovic spadá z hlediska geologie do kvartéru (hlíny spraše, písky, šterky). V oblasti se nacházejí kambizemě (DEMEK ET AL., 1987).

#### 3.1.2 Rekonstrukce vegetace

Dle MIKYŠKY ET AL. (1969) je v řešené oblasti zastoupeno společenstvo květnatých bučin (svaz *Eu - Fagion*). Na území Velkých Petrovic by z hlediska potenciální vegetace byly bikové bučiny (NEUHÄUSLOVÁ ET AL., 1998).

#### 3.1.3 Fytogeografie

Území Velkých Petrovic spadá dle fytogeografického členění do mezofytika. **Mezofytikum** - tvoří přechod mezi teplomilnou a chladnomilnou květenou a zabírá největší část území. Zahrnuje stupeň suprakolinní (kopcovinný) a submontánní (podhorský, vrchovinný). Českomoravské mezofytikum tvoří 63 okresů a Karpatské mezofytikum 9 okresů. Obě podoblasti na sebe plynule navazují (SKALICKÝ, 1988).

### 3.2 Popis jednotlivých biotopů

Biotopy nacházející se na zkoumaných lokalitách byly určeny dle Katalogu biotopů ČR (CHYTRÝ ET AL., 2001).

#### 3.2.1 Louka T1.1

Louka nacházející se na zkoumaném území je klasickou mezofilní ovsíkovou loukou, kosená je 3krát do roka (červenec, srpen, září). Struktura a druhové složení: dominantní ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), dále kostřava červená (*Festuca rubra*), lipnice luční (*Poa pratensis*), srha laločnatá (*Dactylis glomerata*), kakost luční (*Geranium pratense*), bolševník obecný (*Heracleum sphondylium*), pastyňák setý (*Pastinaca sativa*), jetel luční (*Trifolium pratense*), zvonek rozkladitý (*Campanula patula*), škarďa dvouletá (*Crepis biennis*), mrkev obecná (*Daucus carota*), chrastavec rolní (*Knautia arvensis*), kopretina bílá (*Leucanthemum vulgare*), pampeliška lékařská (*Taraxacum officinale*).

### 3.2.2 Bukový les L5

Smíšený les s dominancí buku lesního a chudým bylinným patrem. Podložím tohoto lesa jsou slínovce a nejméně ovlivněn člověkem. Struktura a druhové složení: les dominantním bukem lesním (*Fagus sylvatica*), příměsí dalších listnáčů javor mléč (*Acer platanoides*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), habr obecný (*Carpinus betulus*), lípa malolistá (*Tilia cordata*). Z jehličnanů se zde nachází jedle bělokora (*Abies alba*), smrk ztepilý (*Picea abies*) a modřín opadavý (*Larix decidua*). Keřové patro je tvořeno především ze zmlazujícího buku a pralesovité porosty mají různou věkovou strukturu. Bylinné patro je velmi chudé, převládají mezofilní lesní druhy: mařinka vonná (*Galium odoratum*), jaterník podléška (*Hepatica nobilis*), hrachor jarní (*Lathyrus vernus*), bažanka vytrvalá (*Mercurialis perennis*) a kokořík mnohokvětý (*Polygonatum multiflorum*) a věsenka nachová (*Prenanthes purpurea*).

### 3.2.3 Smrkový les X9A

Klasická smrková monokultura vysázená člověkem. Hlavní dřevinou ve stromovém patře je zde smrk ztepilý (*Picea abies*) s občasou příměsí buku lesního (*Fagus sylvatica*). V keřovém patře se místy vyskytuje bez černý (*Sambucus nigra*). Bylinné patro je velmi chudé, nachází se zde šťavel kyselý (*Oxalis acetosella*) a svízel vonný (*Galium odoratum*).

## 3.3 Metodika

Od prvního května roku 2014 do 27. září 2014 proběhly celkem osmkrát sběry mravenců ve třech vybraných biotopech. Prvním biotopem byl listnatý les, přesněji bučina. Druhým byla smrková monokultura a třetím mezofilní ovsíková louka. Na těchto stanovištích byly každé tři týdny umístěny „pasti“ na mravence se dvěma druhy návnad. První z návnad byl cukerný roztok (voda s rozpuštěným cukrem) o koncentraci 20%. Roztok byl plněn do plastových zkumavek o objemu 60 mililitrů. Do zkumavky byl plněn roztok do objemu 15-20 mililitrů a poté ucpán vatovou zátkou tak, aby kapalina nevytékala ven a zároveň prosákla vatovou zátkou, mravenci pak sáli právě na této vatové zátkě. Druhou z návnad představoval moučný červ neboli mrtvá larva potemníka brazilského přilepená na dno plastové zkumavky lepidlem. Zkumavky byly pokládány vždy naležato. Na každou z lokalit bylo umístěno každé 3 týdny dvacet pastí střídavě s larvou potemníka a roztokem cukru ucpanou vatovou zátkou. Návnady byly umístěny střídavě v linii po pěti metrech, dohromady tedy na jedné lokalitě představoval celý transekt sto metrů s počtem dvaceti pastí (deset s cukerným roztokem a deset s larvou potemníka). Pasti byly po dobu dvaceti čtyř hodin každé dvě hodiny kontrolovány. V případě, že do pasti vlezl mravenec byla past sebrána a vyměněna za novou past se stejnou návnadou. Sebrané pasti obsahující mravence byly zmrazeny, mravenci poté předáni do malých eppendorfek a popsány podle datumu, času, biotopu a druhu návnady. Mrtvá těla mravenců byla zalita 97% čistým lihem a následně pourčována s použitím binokulárního stereomikroskopu. Determinace a



nomenklatura byla vypracována podle SEIFERTA (2007). Takto probíhal výzkum od prvního května roku 2014 až do posledního týdnu září roku 2014 v termínech 1.5.2014, 25.5.2014, 16.6.2014, 5.7.2014, 25.7.2014, 13.8.2014, 3.9.2014 a 27.9.2014.

### 3.3.1 Statistická analýza

Statisticky lze hodnotit jak počty dělnic, které se na návnadách vyskytovaly, tak pouze počty obsazených pastí. Pro většinu účelů je používání pouze obsazených/neobsazených pastí vhodnější, protože použití dělnic skrývá nebezpečí ovlivnění výsledků extrémními hodnotami (např. v důsledku umístění návnady v těsné blízkosti hnízda) (GOTELLI ET AL., 2011).

Všechny analýzy byly proto počítány pouze z počtu obsazených pastí.

Základní analýzy vlivu jednotlivých faktorů na obsazení pastí byly počítány metodou Forward selection v programu Canoco 5 (TER BRAAK & ŠMILAUER 2012). Data nebyla transformována; pro smrkový les byl použit globální permutační model, pro bukový les analýza RDA, pro louku CCA (vždy 499 permutací).

Pro hodnocení vlivu jednotlivých faktorů zvláště, byl ve valné většině případů použit Chí kvadrát test a kontingenční tabulky. Závislost počtu dělnic na teplotě byla analyzována metodou lineární a polynomiální regrese. Závislost na teplotě byla počítána jednak ze surových dat, jednak z hodnot vzniklých zaokrouhlením dat na celé stupně Celsia.

Ze všech analýz byl vyřazen druh *Temnothorax crassispinus*, protože použitá metodika není vhodná ke sledování přítomnosti tak drobného a skrytě žijícího druhu. Dále byla většina testů počítána pouze pro více zastoupené druhy, ojediněle se vyskytující druhy byly vyřazeny. Pouze pro analýzy celkového obsazení pastí mravenci byly zahrnuty všechny druhy (ale bez *T. crassispinus*).

Chí kvadrát testy, kontingenční tabulky a regresní analýzy byly prováděny ve statistickém balíku STATISTICA (verze 6.0, Statsoft, Inc.).

## 3.4 Cíle práce

Zjistit:

potravní preference přítomných mravenců a jejich případné změny během sezóny.

změny v aktivitě dělnic v průběhu 24 hodin.

změny v aktivitě dělnic v rámci roku, od jara do podzimu.

Porovnat výsledky (předešlé parametry) z jednotlivých biotopů a období sběru.

## 4 Výsledky

Analýza vlivu sledovaných faktorů na výskyt mravenců metodou Forward selection poskytla následující výsledky:

Ve smrkovém lese bylo vysvětleno pouze 1,2% variability dat. Průkazně vyšel pouze vliv typu návnady (58,7%,  $p = 0,002$ ). V bukovém lese sledované faktory vysvětlily 3,7% variability, z nich složení typ vysvětlil 52,5% ( $p = 0,002$ ), denní doba 16% ( $p = 0,002$ ), foukání větru 10,9% ( $p = 0,002$ ) a teplota 6,1% ( $p = 0,024$ ). Dalo by se uvažovat i o možném vlivu ročního období (data sběrů) - 3,4% vysvětlené variability a  $p = 0,078$ . Aktivitu mravenců na louce sledované faktory vysvětlily z 28,7%, nejvýraznější vliv měla roční doba (datum sběru) (podrobnější výsledky jsou uvedeny v Tab. 11).

### Nalezené druhy, počty dělnic a obsazených pastí

Celkově bylo za období sběru nalezeno sedm druhů mravenců, z toho ve smrkovém lese dva (*M. ruginodis*, *T. crassispinus*), v bukovém lese čtyři (*M. ruginodis*, *M. scabrinodis*, *L. platythorax*, *T. crassispinus*) a na louce šest (*M. scabrinodis*, *M. sabuleti*, *M. ruginodis*, *M. rubra*, *L. niger*, *L. platythorax*). Celkový počet nalezených jedinců byl 2714 kusů (Tab. 1). S druhem *Myrmica rubra* nebylo ve statistických analýzách dále počítáno, protože byl nalezen pouze jeden jedinec, stejně tak s druhem *Temnothorax crassispinus* nebylo ve statistických analýzách dále počítáno, protože byli nalezeni pouze dva jedinci. Jedná se o velmi malého mravence, který se v nálezech vyskytl spíše náhodou. Počet mravenců v jednotlivých biotopech byl: bukový les 936 jedinců = 34,5%, louka 1572 jedinců = 57,9%, smrkový les 206 jedinců = 7,6% (Tab. 2).

Ze všech 5760 exponovaných pastí bylo celkově obsazeno 603. Celkem bylo tedy obsazeno 10,5% pastí. V bukovém lese to bylo 4,1%, na louce 5,2%, ve smrkovém lese 1,2%. Počet obsazených pastí v jednotlivých biotopech byl: bukový les 231 pastí = 38,3%, louka 302 pastí = 50,1%, smrkový les 70 pastí = 11,6% (Tab. 2). Největší obsazenost pastí byla střídavě na louce a v bukovém lese, nejmenší potom ve smrkovém lese po celou dobu sběrů (Tab. 7).

### Potravní preference

Celkový počet mravenců preferujících cukerný roztok byl 2435 = 86,4% a červa 369 = 13,6%. Obsazených pastí s cukerným roztokem bylo 492 = 81,6% a s moučným červem 111 = 18,4% (Obr. 1).

Podle počtu obsazených návnad všechny druhy ve všech biotopech preferují cukr, ale ne stejnou měrou (Obr. 2) Od všech ostatních druhů se liší *L. niger* - pouze 70% jím obsazených návnad bylo cukerných, zatímco u všech ostatních druhů tvořila sacharidová návnada přes 80% obsazených návnad. Po vyloučení *L. niger* nebyly

rozdíly mezi v potravní preferenci mezi ostatními druhy nalezeny (Chí-kvadrát = 4,7; df = 3;  $p > 0,05$ ).

Změny potravních preferencí v průběhu sezóny vyšly ve většině případů neprůkazně (Tab. 6). Výjimkou je *M. sabuleti*, kde je ale vysoce průkazný výsledek nepochybně ovlivněn malým počtem pozorování. *M. ruginodis* v bukovém lese vyšla na hranici průkaznosti (Obr. 3). V jiných biotopech se sezónní rozdíly v potravě neprojeví ani u tohoto druhu. Je možné, že při větším počtu pozorování by výsledek průkazný nebyl (přestože počet obsazených pastí je poměrně vysoký), ale ani skutečná změna potravních preferencí se vyloučit nedá. Z výsledku statistické analýzy i z grafu je ale patrné, že o žádnou dramatickou změnu nejde.

Preference cukru či moučného červa v jednotlivých biotopech se lišily (Tab. 3, 4). Preference pro cukr či červa se na louce nelišily mezi jednotlivými druhy. Když louku zredukujeme na tři nejhojnější druhy, preference se liší (Chí-kvadrát = 7,35; df = 2;  $p = 0,03$ ). Pokud testujeme pouze *M. ruginodis*, její preference v jednotlivých biotopech se neliší (Chí-kvadrát = 2,06; df = 2;  $p > 0,05$ ). Po provedení testu, zda všechny druhy preferují cukr stejně výrazně a poměr obsazených a prázdných návnad s oběma typy potravy je u všech druhů stejný vychází, že všechny druhy ve všech biotopech, které mají celkem více než deset obsazených pastí se liší (Chí-kvadrát = 17,17; df = 4;  $p < 0,01$ ). Vyloučí-li se *L. niger*, tak se preference druhů vzájemně neliší. Na louce vychází po redukci na čtyři nejhojnější druhy (obsazeno >10 pastí: *M. scabrinodis*, *M. ruginodis*, *L. niger*, *M. sabuleti*) signifikantní odlišnost (Chí-kvadrát = 10,91; df = 3;  $p = 0,01$ ). V bukovém lese se po redukci na dva nejhojnější druhy preference neliší (Chí-kvadrát = 0,24; df = 1;  $p > 0,05$ ).

Dělnice: opět se signifikantně liší *L. niger*. Všechny druhy (bez *T. crassispinus*) (Chí-kvadrát = 164,14; df = 4;  $p < 0,01$ ) signifikantní rozdíl. Bez *T. crassispinus* a *L. niger* (Chí-kvadrát = 0,48; df = 3;  $p > 0,05$ ).

Potravní preference se během sezóny mění následovně: Na louce vyšly preference během sezóny u všech druhů dohromady na hranici průkaznosti (Chí-kvadrát = 15,77; df = 7;  $p > 0,01$ ). Samostatně druhy *M. scabrinodis* – neprůkazné, *L. niger* – neprůkazné, *M. sabuleti* - průkazné a *L. platythorax* – neprůkazné. Ve smrkovém lese byla preference pro různé typy návnad během sezóny neprůkazná. V bukovém lese průkazná u všech druhů dohromady (Chí-kvadrát = 19,8; df = 7;  $p < 0,01$ ). Pokud vezmeme druhy jednotlivě je *M. ruginodis* na hranici průkaznosti a u *L. platythorax* se neliší v preferencích během sezóny (Tab. 5).

#### Vliv sezóny a denní doby na aktivitu:

Aktivitu mravenců lze analyzovat jak na základě množství obsazených pastí, tak na základě množství dělnic přítomných v pastech. Oba přístupy dávají odlišné výsledky: Analýza rozdílnosti výsledků s použitím počtů dělnic oproti použití počtu obsazených pastí ukázala signifikantní rozdíly u všech druhů ve všech biotopech, s

výjimkou druhů velmi málo zastoupených (Tab. 10) byt' je z grafů je patrné, že základní schéma aktivity mravenců je podle obou možných metod podobné, a odlišují se především extrémní hodnoty (Obr. 8a-j). Vzhledem k větší náchylnosti množství dělnic v pastech k metodickým artefaktům byla v dalších analýzách aktivita mravenců odhadována z množství všech obsazených pastí.

Celková obsazenost pastí: ve smrkovém lese se vyskytoval pouze druh *M. ruginodis* a *T. crassispinus* (ten nehodnotíme, ve sběrech nalezeni pouze 2 jedinci). *M. ruginodis* zde měla nejvyšší aktivitu v období třetího, šestého a sedmého sběru, naopak propad v pátém sběru. V bukovém lese byly hodnoceny tři druhy (*M. ruginodis*, *M. scabrinodis* a *L. platythorax*). Nejvíce jedinců chodilo na návnady ve třetím a sedmém sběru, naopak v pátek sběru byl zaznamenán výrazný pokles. Na louce bylo hodnoceno pět druhů *M. scabrinodis*, *M. sabuleti*, *M. ruginodis*, *L. niger* a *L. platythorax*. Nejvíce jedinců bylo aktivních v období třetího a pátého sběru, naopak ve čtvrtém, šestém a sedmém sběru byl zaznamenán výrazný pokles. Louka byla hodně ovlivněná druhem *M. scabrinodis*, který početně výrazně převažoval nad ostatními. Pokud s tímto druhem nepočítáme, můžeme na louce zaznamenat nárůst jedinců ve druhém a pátém sběru, naopak ve čtvrtém, šestém, sedmém a osmém výrazný pokles nalezených jedinců. Rozdíl v obsazování návnad v sezóně mezi druhy v bukovém lese byl: *M. scabrinodis* vyřazena *M. ruginodis* a *L. platythorax* se liší (Chí-kvadrát = 54,26; df = 7; p < 0,01). Louka: hodnoceny druhy, které se vyskytovaly alespoň v polovině odběrů (tj. 4x z 8 odběrů), tedy *L. platythorax* a *M. sabuleti* vyřazeny. *M. ruginodis*, *L. niger* a *M. scabrinodis* se liší (Chí-kvadrát = 260,9; df = 14; p < 0,01), také *M. scabrinodis* a *L. niger* se liší (Chí-kvadrát = 124,82; df = 7; p < 0,01).

Pattern celkového obsazení pastí mravenci v různých částech sezóny mezi všemi třemi biotopy byl odlišný (Chí-kvadrát = 118,47; df = 14; p < 0,01), ale v obou lesních biotopech rozdíl nalezen nebyl (Chí-kvadrát = 10,51; df = 7; p > 0,01) (Obr. 6).

U každého druhu byl nalezen signifikantní rozdíl v počtu obsazených pastí mezi různými sběry, s výjimkou *M. ruginodis* ve smrkovém lese (Tab. 8).

Možné existence vzájemně odlišných sezónních změn aktivity v různých biotopech bylo možné testovat pouze u druhu *M. ruginodis* (jediný druh zastoupený ve všech třech biotopech). Sezónní průběh aktivity v lesích byl stejný (Chí-kvadrát = 9,03; df = 7; p = > 0,05), ale ve všech třech biotopech se signifikantně odlišoval (Chí-kvadrát = 58,67; df = 14; p < 0,01). Z grafu je patrné, že to bylo způsobeno především rozdílem v aktivitě v průběhu prvního sběru (Obr. 4).

Mezidruhové rozdíly v aktivitě v různých částech sezóny byly signifikantní v bukovém lese i na louce (Obr. 5a, 5b) v jehličnatém lese se vyskytoval pouze jeden druh. Poměry počtů obsazených pastí jednotlivými druhy v různých částech sezóny také nejsou konstatní (bukový les: Chí-kvadrát = 239,41; df = 22; p < 0,01; louka:

Chí-kvadrát = 1412,4; df = 67; p < 0,01). To znamená, že podíl různých druhů na získávání potravy v rámci biotopu je v různých částech sezóny různý.

Vliv sezóny na denní průběh aktivity nebyl nalezen u žádného druhu v žádném biotopu (Tab. 9). Ve všech třech biotopech byl denní průběh obsazování pastí (celkově všemi mravenci) v různých částech sezóny signifikantně odlišný (Chí-kvadrát = 229,22; df = 190; p = 0,03), v jehličnatém bukovém lese se ale nelišil (Chí-kvadrát = 53,81; df = 87; p > 0,05) (Obr. 7). To znamená, že louka se liší od smrkového a bukového lesa. Možné důvody: 1) Jiné druhy, tedy jiné teplotní preference 2) jiný biotop, zejména jiný průběh teplot během sezóny i 24 hodin (louku nechrání stromy před větrem, slunečními paprsky, deštěm atd.).

Závislost jednotlivých druhů na datu byla: *M. ruginodis* (Chí-kvadrát = 52,51; df = 7; p < 0,01) a *M. scabrinodis* (Chí-kvadrát = 239,62; df = 7; p < 0,01) byly nalezeny ve všech obdobích sběru, *M. sabuleti* (Chí-kvadrát = 31,97; df = 7; p < 0,01) pouze ve druhém, třetím a osmém sběru, *L. niger* (Chí-kvadrát = 90,82; df = 7; p < 0,01) ve druhém, třetím, pátém a šestém sběru, *L. platythorax* (Chí-kvadrát = 101,08; df = 7; p < 0,01) ve druhém, čtvrtém a sedmém sběru.

Rozdíl ve změnách v počtu obsazených návnad v sezóně je u všech druhů a ve všech biotopech, kromě *M. ruginodis* ve smrkovém lese, což by mohlo mít spojitost s tím, že ve smrkovém lese není žádná souvislost v obsazení pastí s teplotou. Rozdíl v bukovém lese *M. ruginodis* - je rozdíl, *L. platythorax* - je rozdíl, *M. scabrinodis* - nemá cenu hodnotit (n = 3) a celková obsazenost návnad v bukovém lese (všichni mravenci) - je rozdíl. Na louce u *M. ruginodis* - je rozdíl, *M. scabrinodis* - je rozdíl, *L. niger* - je rozdíl, *M. sabuleti* - je rozdíl, *L. platythorax* - je rozdíl a celková obsazenost návnad na louce (všichni mravenci) - je rozdíl (Tab. 8).

#### Závislost na teplotě

Výsledky analýzy regrese teploty výskytu mravenců na návnadách byly průkazné pouze v případě *M. ruginodis* v bukovém lese (adjusted R<sup>2</sup> = 0,22; p > 0,01) a u *L. niger* na louce (adjusted R<sup>2</sup> = 0,138; p > 0,01).

## Tabulky

Tab. 1. Počty nalezených druhů mravenců.

Druh	<i>M. scabrinodis</i>	<i>M. ruginodis</i>	<i>L. niger</i>	<i>L. platythorax</i>	<i>M. sabuleti</i>	<i>T. crassispinus</i>	<i>M. rubra</i>	Celkem
<b>Celkový počet</b>	1214	1120	183	141	53	2	1	<b>2714</b>

Tab. 2. Počty dělnic a pastí v jednotlivých biotopech.

Biotop	Celkem dělnic	Celkem obsazených pastí
Louka	1572	302
Bukový les	936	231
Smrkový les	206	70
<b>Celkem</b>	<b>2714</b>	<b>603</b>

Tab. 3. Preference jednotlivých druhů pro cukerný roztok - výsledky chí-kvadrát testu počtů obsazených pastí.

Biotop	Druh	Chí kvadrát	Df	P
Smrkový les	<i>M. ruginodis</i>	41,93	1	<0,01
	<i>L. platythorax</i>	11,57	1	<0,01
Bukový les	<i>M. ruginodis</i>	116,02	1	<0,01
	<i>L. platythorax</i>	11,57	1	<0,01
Louka	<i>M. ruginodis</i>	17,19	1	<0,01
	<i>M. scabrinodis</i>	81,62	1	<0,01
	<i>M. sabuleti</i>	7,36	1	<0,01
	<i>L. niger</i>	4,5	1	0,034

Tab. 4. Preference jednotlivých druhů pro moučného červa - výsledky chí-kvadrát testu počtů obsazených pastí.

<b>Biotop</b>	<b>Druh</b>	<b>Chí kvadrát</b>	<b>Df</b>	<b>P</b>
<b>Smrkový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	8,5	7	>0,05
	<i>M. ruginodis</i>	14,48	7	0,043
<b>Bukový les</b>	<i>L. platythorax</i>	4,56	2	>0,05
	<i>M. ruginodis*</i>			
<b>Louka</b>	<i>M. scabrinodis</i>	12,14	7	>0,05
	<i>M. sabuleti</i>	11	2	<0,01
	<i>L. niger</i>	6,37	3	>0,05

Tab. 5. Preference jednotlivých druhů pro jednu ze dvou návnad - výsledky chí-kvadrát testu počtů obsazených pastí.

<b>Biotop</b>	<b>Druh</b>	<b>Chí kvadrát</b>	<b>Df</b>	<b>p</b>
<b>Smrkový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	41,93	1	<0,01
<b>Bukový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	116,02	1	<0,01
	<i>L. platythorax</i>	11,57	1	<0,01
<b>Louka</b>	<i>M. ruginodis</i>	17,19	1	<0,01
	<i>M. scabrinodis</i>	81,62	1	<0,01
	<i>M. sabuleti</i>	7,36	1	<0,01
	<i>L. niger</i>	4,5	1	0,034

Tab. 6. Změny potravních preferencí jednotlivých druhů ve zkoumaných biotopech v průběhu roku.

<b>Biotop</b>	<b>Druh</b>	<b>Chí kvadrát</b>	<b>df</b>	<b>P</b>
<b>Smrkový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	8,5	7	>0,05
<b>Bukový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	14,48	7	0,043
	<i>L. platythorax</i>	4,56	2	>0,05
<b>Louka</b>	<i>M. ruginodis</i> *			
	<i>M. scabrinodis</i>	12,14	7	>0,05
	<i>M. sabuleti</i>	11	2	<0,01
	<i>L. niger</i>	6,37	3	>0,05

\* *M. ruginodis* v bukovém lese obsazoval vždy pouze návnady v roztoku cukru. Kontingenční tabulku tak není možné spočítat, ale potravní preference se v tomto případě evidentně nemění.



Tab. 7. Počty obsazených pastí v jednotlivých sběrech

<b>Sběr</b>	<b>Smrkový les</b>	<b>Bukový les</b>	<b>Louka</b>
1	8	12	15
2	8	37	37
3	12	52	59
4	7	30	10
5	2	21	96
6	11	32	16
7	12	38	19
8	7	11	59

Tab. 8. Výsledky analýzy rozdílů počtů obsazených pastí v různých částech sezóny.

<b>Biotop</b>	<b>Druh</b>	<b>Chí kvadrát</b>	<b>df</b>	<b>p</b>
<b>Smrkový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	9,34	7	>0,05
<b>Bukový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	51,83	7	<0,01
	<i>L. platythorax</i>	66,41	7	<0,01
	Celkové obsazení	47,45	7	<0,01
<b>Louka</b>	<i>M. ruginodis</i>	41,15	7	<0,01
	<i>M. scabrinodis</i>	226,3	7	<0,01
	<i>M. sabuleti</i>	31,93	7	<0,01
	<i>L. niger</i>	90,32	7	<0,01
	<i>L. platythorax</i>	42,02	7	<0,01
	Celkové obsazení	168	7	<0,01

Tab. 9. Výsledky analýzy rozdílů počtů obsazených pastí v různých denních dobách v různých částech sezóny.

<b>Biotop</b>	<b>Druh</b>	<b>Chí kvadrát</b>	<b>df</b>	<b>P</b>
<b>Smrkový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	61,75	77	>0,05
<b>Bukový les</b>	<i>M. ruginodis</i>	38,96	77	>0,05
	<i>L. platythorax</i>	14,11	18	>0,05
	Celkové obsazení	35,23	77	>0,05
<b>Louka</b>	<i>M. ruginodis</i>	44,48	45	>0,05
	<i>M. scabrinodis</i>	69,66	77	>0,05
	<i>M. sabuleti</i>	8,56	14	>0,05
	<i>L. niger</i>	31,53	33	>0,05
	Celkové obsazení	71,03	77	>0,05

Tab. 10. Výsledky analýzy, zda pattern změn počtů dělnic na návadách odpovídá počtu obsazených návad.

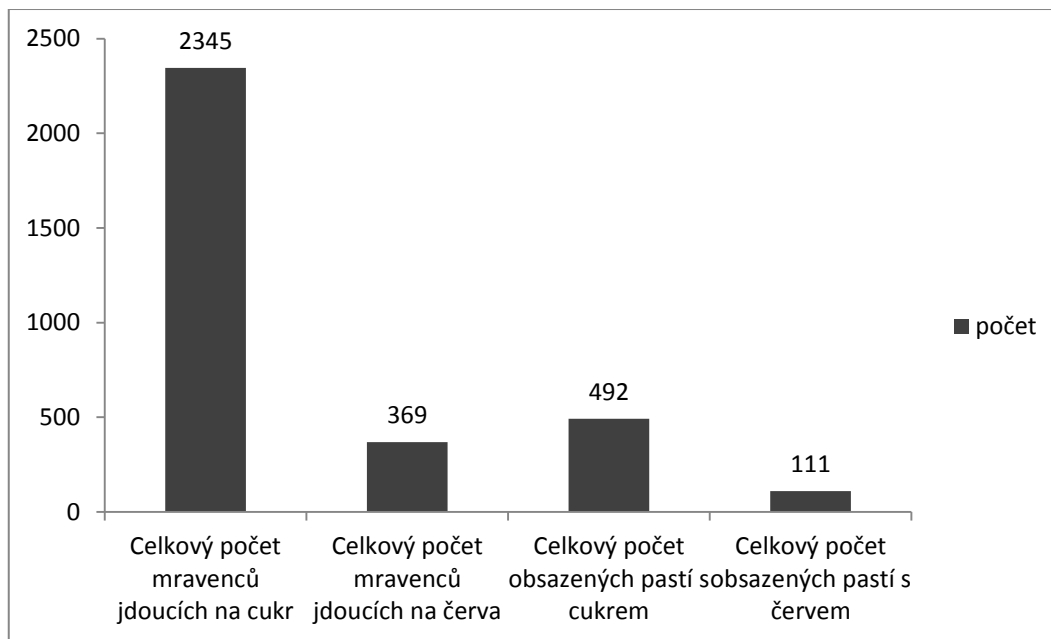
Biotop	Druh	Chí kvadrát	df	p	poznámka
Smrkový les	<i>M. ruginodis</i>	44,68	7	<0,01	
	<i>M. ruginodis</i>	57,06	7	<0,01	
Bukový les	<i>L. platythorax</i>	15,41		<0,05	
	<i>M. scabrinodis</i>	4,57		>0,05	pouze dvě dělnice
	Celkové obsazení	64,24		<0,01	
Louka	<i>M. ruginodis</i>	40,54		<0,01	
	<i>M. scabrinodis</i>	192,45		<0,01	
	<i>M. sabuleti</i>	1,98		>0,05	málo dat
	<i>L. niger</i>	35,74		<0,01	
	<i>L. platythorax</i>	1,65		>0,05	málo dat
	Celkové obsazení	238,26		<0,01	

Tab. 11. Vliv sledovaných faktorů na výskyt mravenců na louce vycházející z CCA.

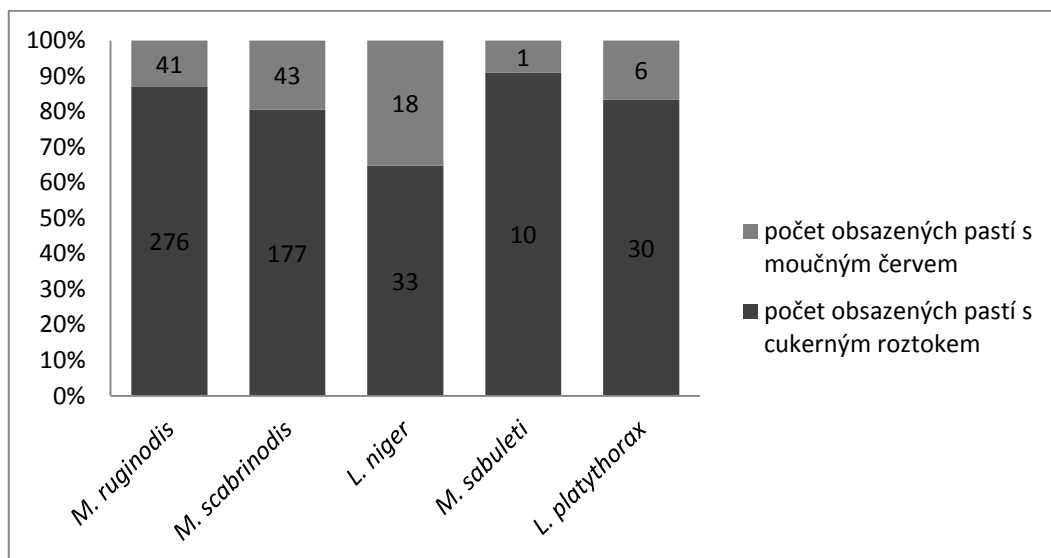
Faktor	Celková vysvětlená variabilita	Příspěvek k vysvětlené variabilitě	pseudo F	p
Date	11.0	34.2	36.8	0.002
tma	5.VI	17.IV	19.IX	0.002
Wind.bezvětří	2.VIII	8.VI	10.II	0.002
bait_cerv	2.II	6.VII	8.I	0.004
Wind.lehký vítr	1.VIII	5.VI	6.IX	0.006
polojasno	1.IV	4.IV	5.V	0.006
zataženo	1.II	3.VII	4.VI	0.006
Temperature	1.I	3.IV	4.III	0.006
Exposition	1.VII	5.I	6.VII	0.002
rano	1.III	4.0	5.III	0.008

## Obrázky

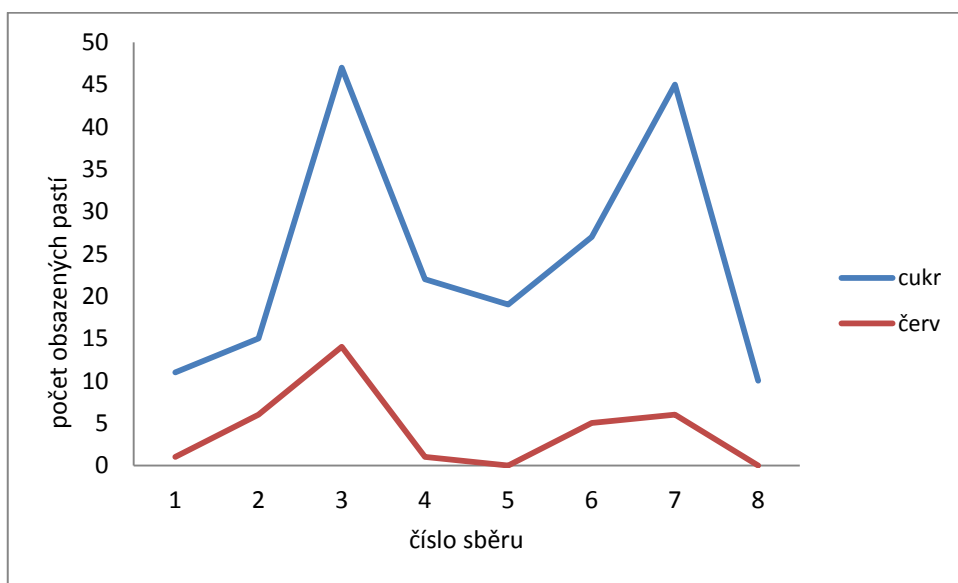
Obr. 1. Graf celkového počtu mravenců jdoucích na cukerný roztok 86,4%/červa 13,6% a celkového počtu obsazených pastí s cukerným roztokem 81,6%/červem 18,4%.



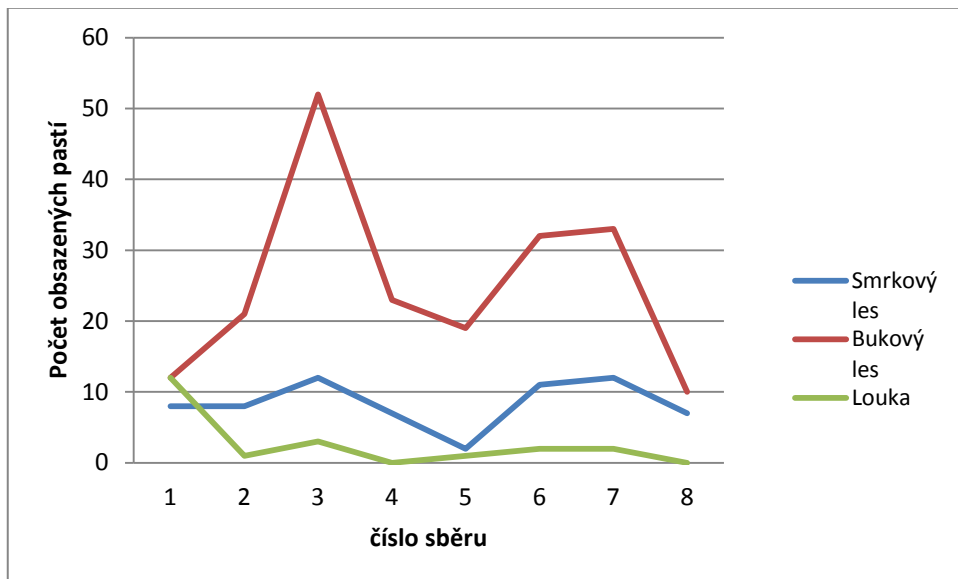
Obr. 2. Potravní preference pěti druhů mravenců - počty obsazených pastí.



Obr. 3. Potravní preference *M. ruginodis* v bukovém lese v průběhu sezóny.

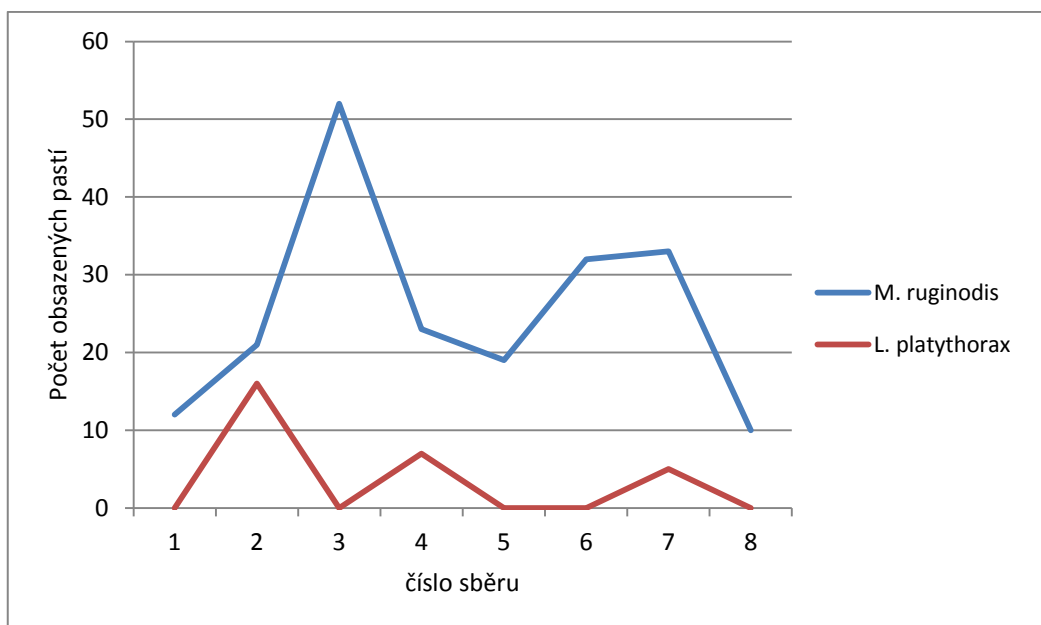


Obr. 4. Změny aktivity *M. ruginodis* v průběhu sezóny ve všech třech zkoumaných biotopech.

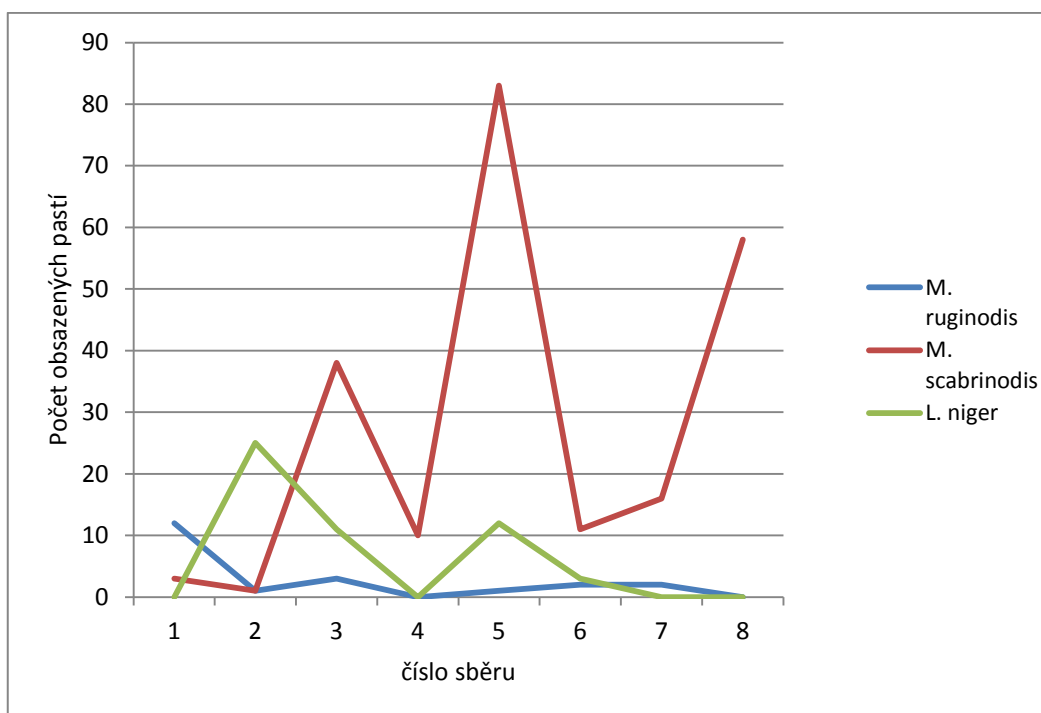


Obr. 5. Aktivita nejhojněji zastoupených druhů v různých částech sezóny v bukovém lese (a) a na louce (b).

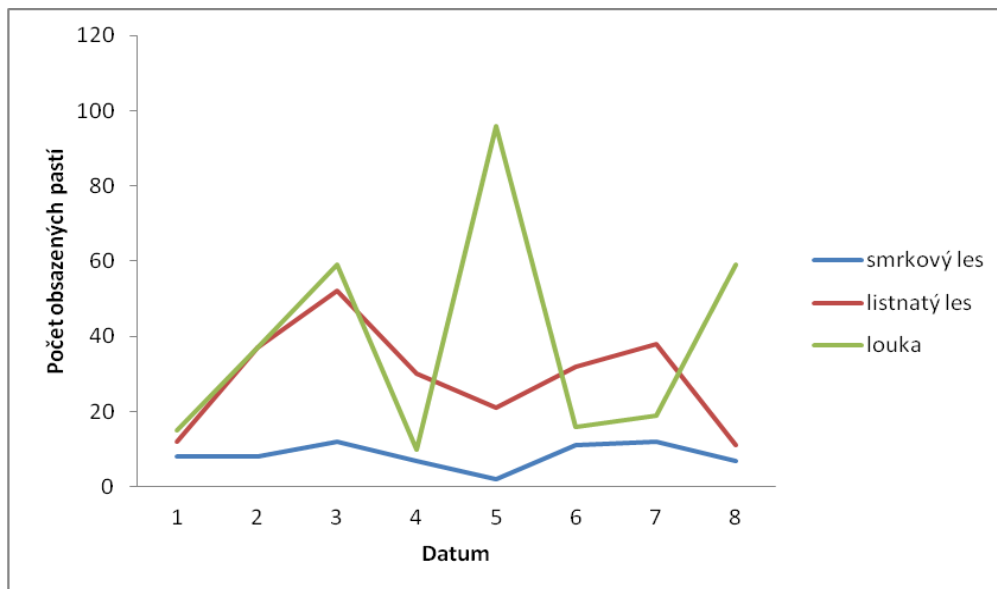
Obr. 5a. Aktivita nejhojněji zastoupených druhů v různých částech sezóny v bukovém lese.



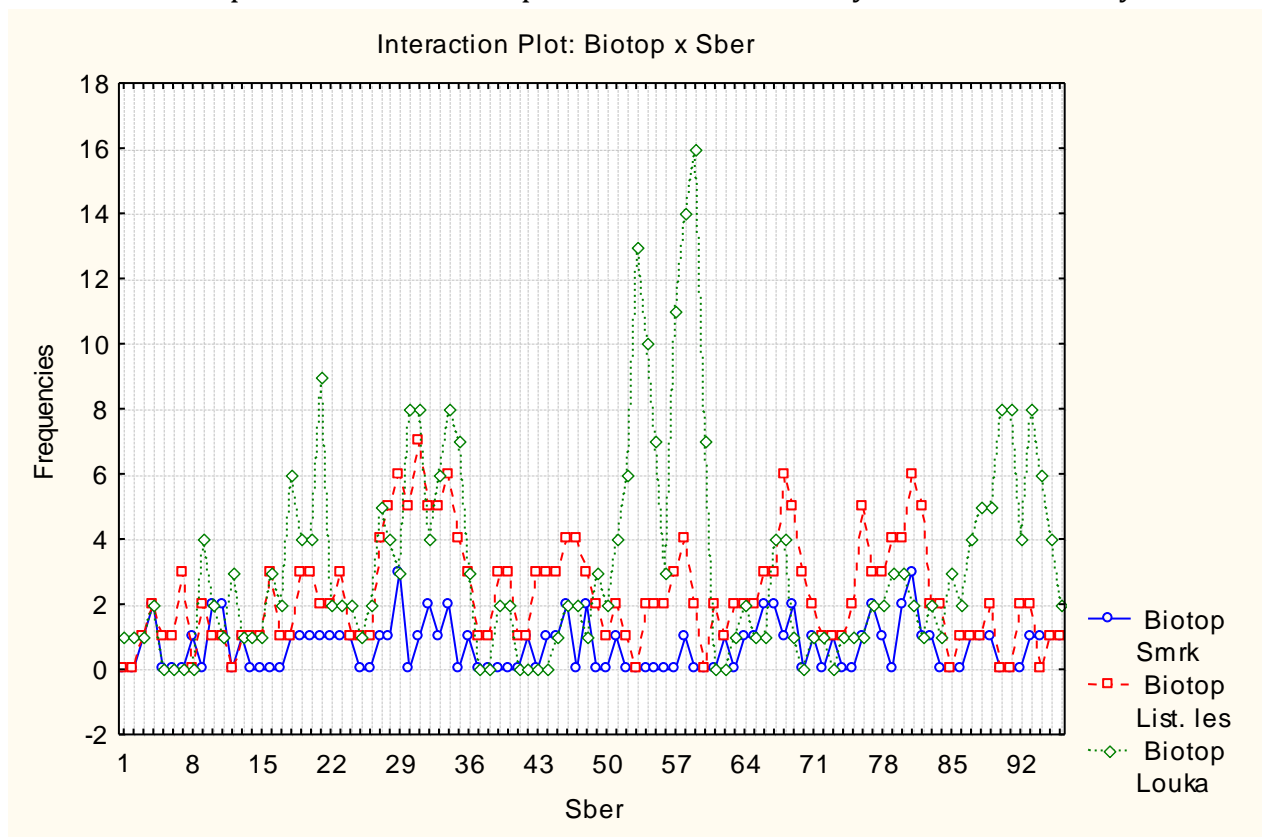
Obr. 5b. Aktivita nejhojněji zastoupených druhů v různých částech sezóny na louce.



Obr. 6. Celkové obsazení pastí mravenci v různých částech sezóny v různých biotopech.

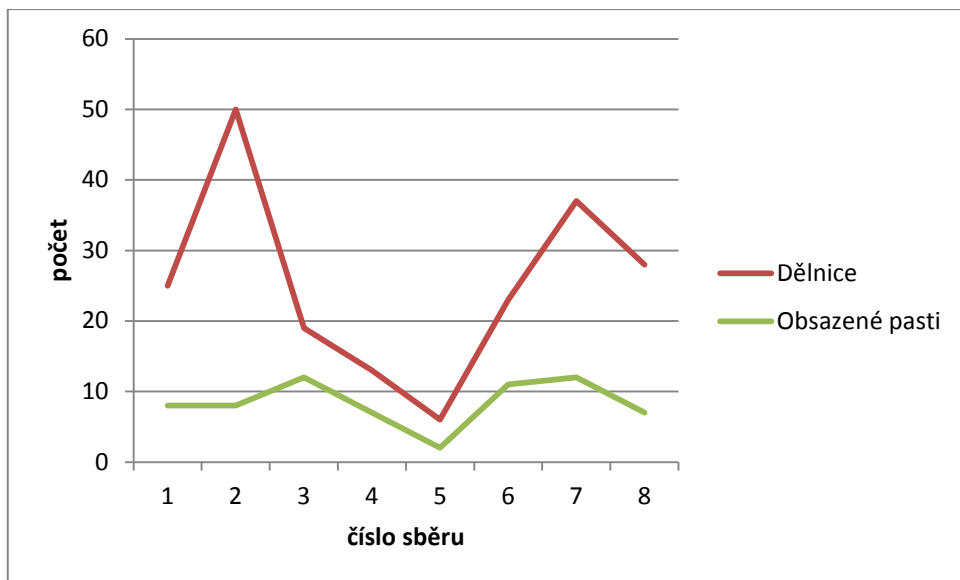


Obr. 7. Denní průběh obsazování pastí mravenci v různých částech sezóny.

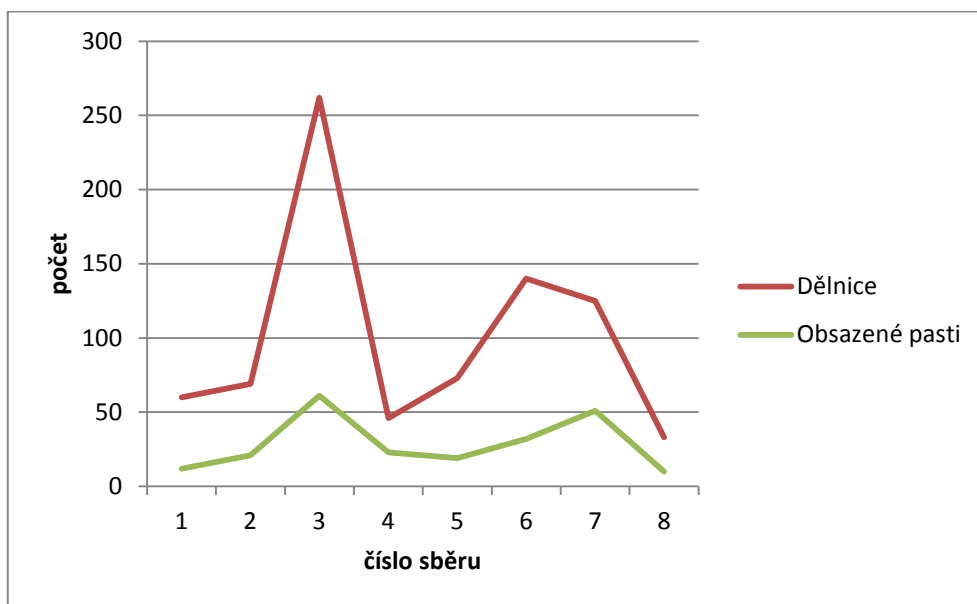


Obr. 8a-j. Aktivita mravenců v různé době sezóny ve zkoumaných biotopech - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.

Obr. 8a. Aktivita *M. ruginodis* ve smrkovém lese v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.

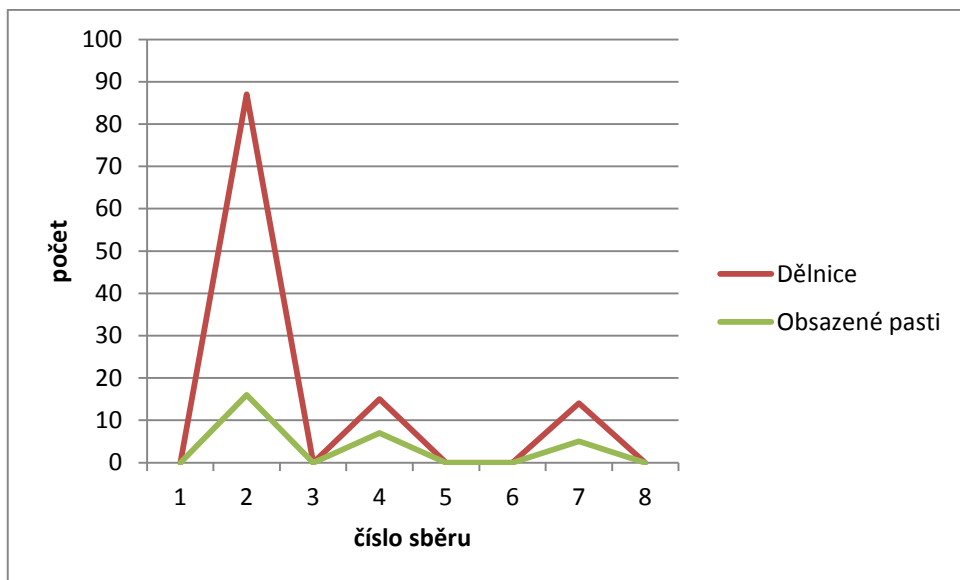


Obr. 8b. Aktivita *M. ruginodis* v bukovém lese v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.

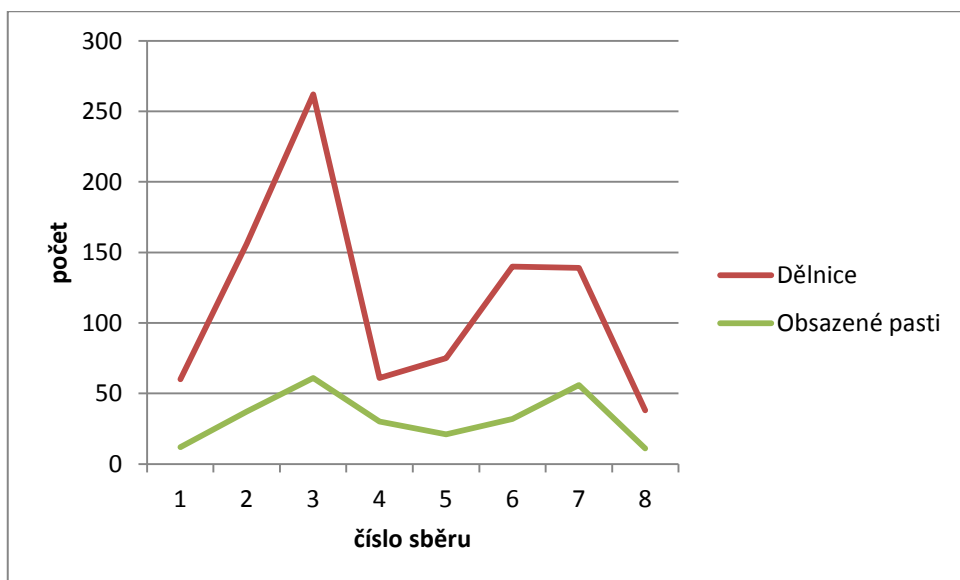




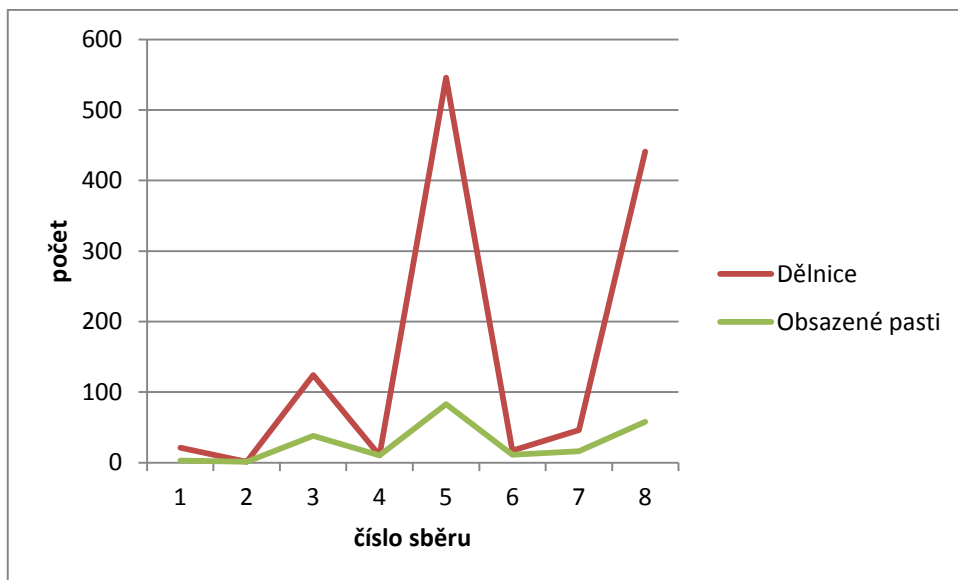
Obr. 8c. Aktivita *L. platythorax* v bukovém lese v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.



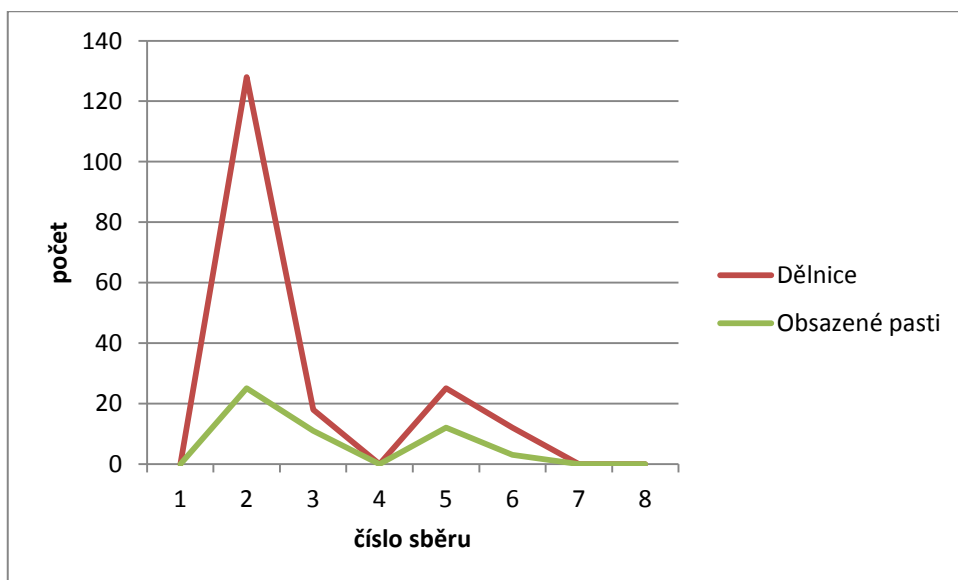
Obr. 8d. Aktivita v bukovém lese sumy v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.



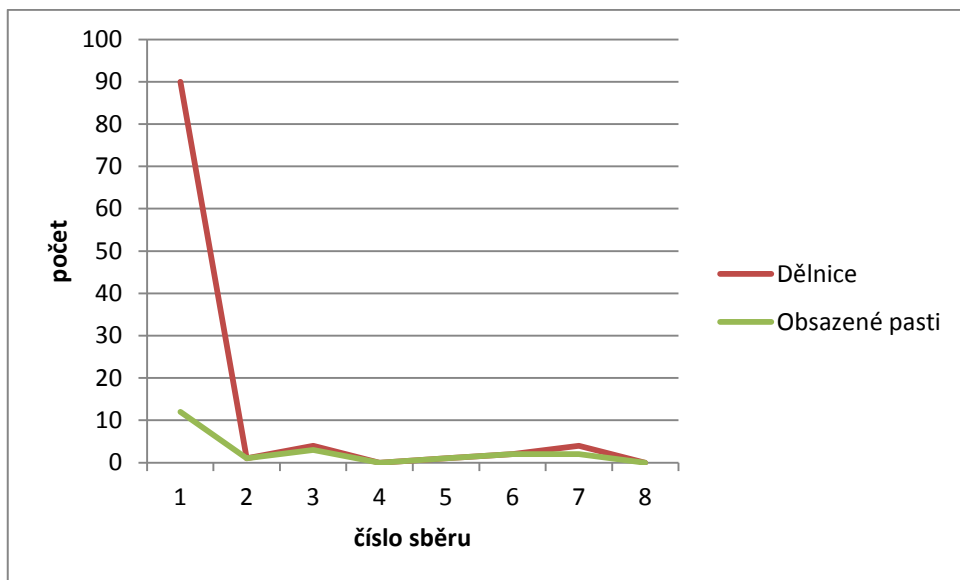
Obr. 8e. Aktivita *M. scabrinodis* na louce v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.



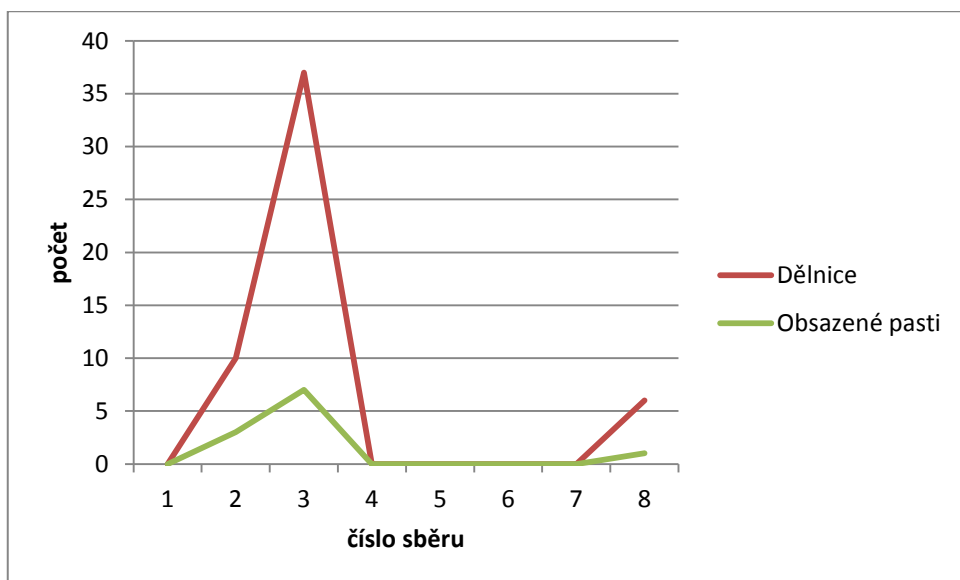
Obr. 8f. Aktivita *L. niger* na louce v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.



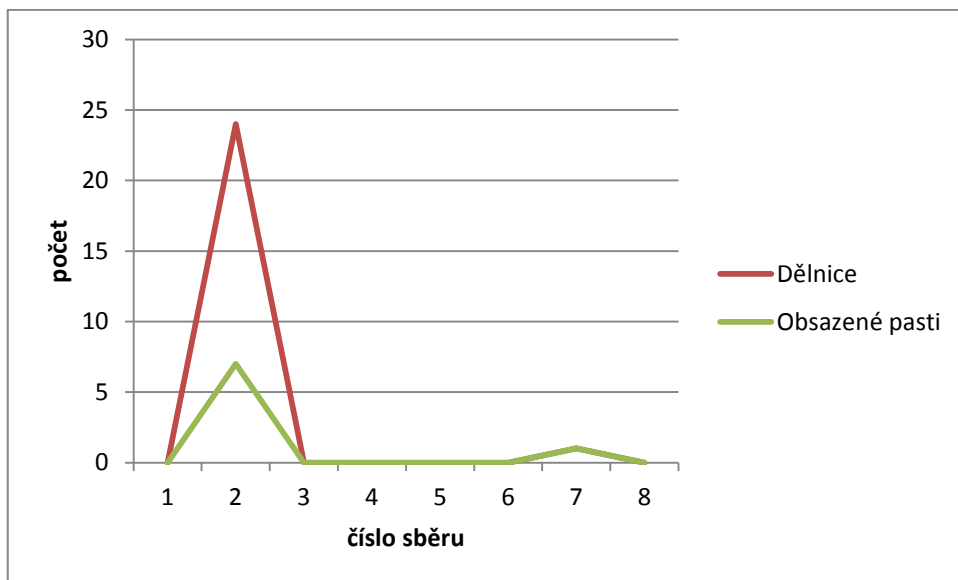
Obr. 8g. Aktivita *M. ruginodis* na louce v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.



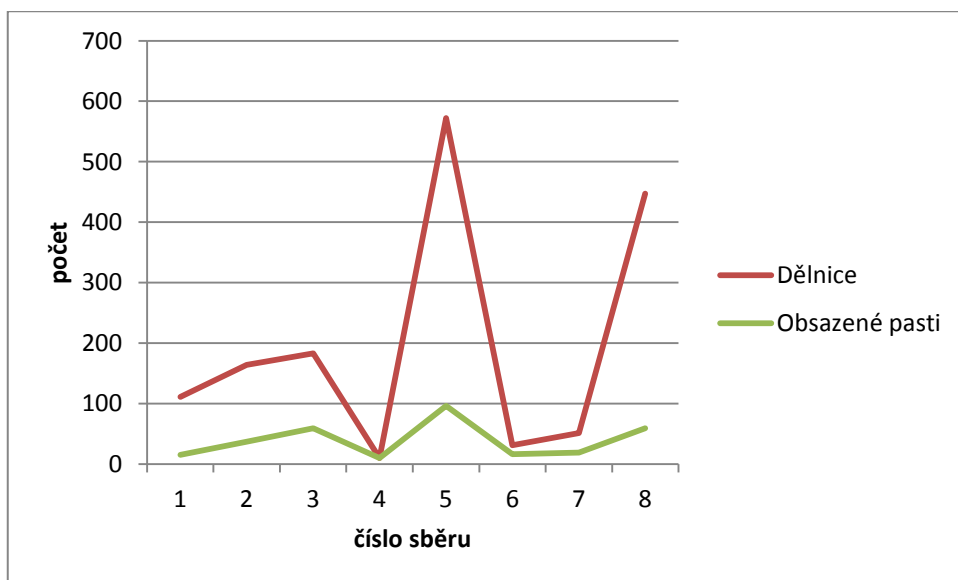
Obr. 8h. Aktivita *M. sabuleti* na louce v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.



Obr. 8i. Aktivita *L. platythorax* na louce v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.



Obr. 8j. Aktivita na louce sumy v různé době sezóny - porovnání počtů dělnic a obsazených návnad.



## 5 Diskuse

Aktivita mravenců na louce se zdá být vnějšími faktory, především počasím, ovlivňována podstatně více než v lesích.

Většina druhů mravenců patří mezi polyfágy (HÖLLBODLER & WILSON 1994). Výsledky většiny studií ukazují, že mravenci obecně preferují nejvíce sacharidy (BOEVÉ & WACKERS 2003, DUSSUTOUR & SIMPSON 2008, DUSSUTOUR & SIMPSON 2012). Druhou velmi důležitou složkou potravy jsou proteiny, ty mravenci získávají z mrtvých těl jiných živočichů, hlavně hmyzu (VEPSÄLÄINEN & SAVOLAINEN 1990). Poměr sacharidů a proteinů se může lišit u jednotlivých druhů mravenců (HAHN & WHEELER 2002). Klíčovým faktorem vztahu mezi stravou a dlouhověkostí je rovnováha bílkovin a sacharidů v potravě (DUSSUTOUR & SIMPSON 2012). Poměr sacharidů a proteinů se nemění s ročním obdobím, ale spíše koreluje s teplotou vzduchu (MASHALY ET AL., 2013). V našem výzkumu všechny druhy mravenců preferovaly sacharidy celkově z 86%, ale ne stejnou měrou. Od všech ostatních druhů se liší *L. niger* – pouze 70% jím obsazených návnad bylo cukerných. U všech ostatních druhů tvořila sacharidová návnada přes 80% obsazených návnad. Podobně i počty dělnic - 88-89% všech druhů bylo na cukru, pouze u *L. niger* bylo na cukru jen 55% dělnic. Což naznačuje větší afinitu k bílkovinné potravě u *L. niger* ve srovnání s ostatními druhy mravenců.

Potravní aktivita může být ovlivněna jak z hlediska času, tak teploty a ve většině případů pozitivně koreluje i s relativní vlhkostí vzduchu (ANGILLETTA ET AL. 2010, BARBANI 2003, BEN-ARI 2013, JAYATILAKA ET AL. 2011, KHARBANI & HAJONG 2013, MAYSOV & KIPYATKOV 2011). Při nízkých teplotách, okolo 10°C si mravenci proteinů příliš nevěšovali, naopak při vyšších teplotách okolo 20°C byl někdy výskyt na moučném červovi vyšší, než na cukerném roztoku, což bylo patrné především u druhu *Lasius niger*.

Různé druhy mohou jinak reagovat na roční období, teplotu vzduchu a okolní vlhkost (ABHINANDINI & VENKATESHA 2013). Zajímavostí bylo, že *M. ruginodis* a *M. scabrinodis* byly nalezeny ve všech obdobích sběru, *M. sabuleti* pouze ve druhém, třetím a osmém sběru, *L. niger* ve druhém, třetím, pátém a šestém sběru, *L. platythorax* ve druhém, čtvrtém a sedmém sběru. To může znamenat, že rozdíly v aktivitě jsou dány fyziologickými rozdíly jednotlivých druhů (FELLERS, 1989) nebo jde o vyhýbání se přímé kompetici a také z toho mohou vyplývat určité posuny v potravním chování těchto druhů.

Dlouhověká zvířata, včetně sociálního hmyzu často vykazují sezónní posuny v potravním chování. Sezónnost má vliv na změny potravního chování zejména co se týče regulace živin (COOK ET AL., 2011). Schopnost zvířat přizpůsobit své chování sezónním změnám je zásadní pro jejich zdraví (STROEYMEYER ET AL., 2014). Změny potravních preferencí v průběhu sezóny vyšly ve většině případů

neprůkazně. Výjimkou je *M. sabuleti*, kde je ale vysoce průkazný výsledek nepochybně ovlivněn malým počtem pozorování, a *M. ruginodis* v bukovém lese (na hranici průkaznosti). V jiných biotopech se sezónní rozdíly v potravě neprojevily ani u tohoto druhu. Je možné, že při větším počtu pozorování by výsledek průkazný nebyl (přestože počet obsazených pastí je poměrně vysoký), ale ani skutečná změna potravních preferencí se vyloučit nedá. Z výsledku statistické analýzy je ale patrné, že o žádnou dramatickou změnu nejde. Rozdíl v obsazování návnad v sezóně mezi druhy byl patrný ve všech biotopech. Ve smrkovém lese se vyskytoval pouze druh *M. ruginodis* a *T. crassispinus* (ten nehodnotíme, ve sběrech nalezeni pouze 2 jedinci). *M. ruginodis* zde měla nejvyšší aktivitu v červnu, začátkem července a v srpnu, naopak propad koncem července, což by mohlo být způsobeno poklesem teploty. V bukovém lese byly hodnoceny tři druhy *M. ruginodis*, *M. scabrinodis* a *L. platythorax*. Nejvíce jedinců navštěvovalo návnady v polovině června a začátkem září, naopak koncem července byl zaznamenán výrazný pokles, což koreluje s aktivitou druhů ve smrkovém lese. Na louce bylo hodnoceno pět druhů *M. scabrinodis*, *M. sabuleti*, *M. ruginodis*, *L. niger* a *L. platythorax*. Nejvíce jedinců bylo aktivních v polovině června a na konci července, naopak koncem srpna a začátkem září byl zaznamenán výrazný pokles. FELLERS (1989) uvádí, že tento časový vzor činnosti druhů souvisí s jejich konkurenčními vztahy.

Mnoho druhů mravenců není aktivní při vysokých denních teplotách (BEN-ARI, 2013). Mravenci jsou mimo hnízdo většinu dne a noci, tento 24-hodinový cyklus se však liší u jednotlivých druhů (TALBOT 1946, 1953, WILSON 1971). V průběhu jara je aktivita dělnic *P. senaarensis* během dne maximální při 16-21 ° C. Nicméně, v létě, kdy je teplota obecně vyšší, stravují se mravenci v chladnějších částech dne. Potravní aktivita během podzimu a zimy je snížena (MASHALY ET AL., 2013). V naší studii byla potvrzena korelace s ranními a pozdně odpoledními teplotami ve většině případů. Při velmi vysokých denních teplotách kolem 26°C a silného slunečního záření v období čtvrtého sběru 5. 7. 2014 se výrazně zmenšila potravní aktivita a mravenci se krmili v chladnějších částech dne. Nejvíce jedinců bylo v pastech vždy při průměrných teplotách okolo 16-22°C.

Významnou roli v obsazenosti pastí hraje stanoviště (KASPARI ET AL. 2000B, RICO-GRAY ET AL. 2012). Nejvíce druhů mravenců bylo nalezeno na louce, nejméně ve smrkovém lese. Za velmi intenzivního slunečního dne naopak na louce mravenci do pastí téměř nechodili, nejvíce jich pak bylo v bukovém lese. Množství obsazených pastí v průběhu dne mezi jednotlivými daty se liší, ale smrkový les od listnatého ne – tj. louka se liší od smrkového a listnatého lesa. Možné důvody: 1) Jiné druhy, tedy jiné teplotní preference 2) jiný biotop, zejména jiný průběh teplot během sezóny i 24 hodin (louku nechrání stromy před větrem, slunečními paprsky, deštěm atd.). Rozdíl ve změnách v počtu obsazených návnad v sezóně byl u všech druhů a ve všech biotopech, kromě *M. ruginodis* ve smrkovém lese, což by

mohlo mít spojitost s tím, že ve smrkovém lese není žádná souvislost v obsazení pastí s teplotou.

Teplota ovlivňuje lov, shánění potravy a další biologické procesy (GANO & ROGERS 1983). Distribuce potravinových zdrojů v prostoru a čase, je pravděpodobně důležitý faktor, podle kterého mravenci řídí preference různých typů potravy a jejich variabilitu i svou vlastní potravní aktivitu (LANAN, 2014). Změny počtu dělnic podle grafů odpovídají změnám počtů obsazených pastí, ale píky dělnic jsou podstatně výraznější. Shrnutí: je-li dost dat, výsledky se liší, je-li málo dat, rozdíl není. Tzn. v hrubých rysech je zde shoda, ale počet dělnic na pastech narůstá rychleji, než dělnice obsazují nové pasti (to nejspíše souvisí s příznivými podmínkami). Neboli, dá se asi říct, že v takových podmínkách dělnice raději chodí na již objevené návnady, než by hledaly další.

Při klesání teploty o 0, 17 °C za minutu v létě mravenci *M. rubra* vykazovali nižší schopnost adaptace, naopak na podzim a na jaře se lépe adaptovali na nižší teploty, což potvrzuje lineární regresi vůči teplotě vzduchu. U druhu *M. rubra* byly odpovědi na nízké teploty výrazně rychlejší na louce než v lesních biotopech (MAYSOV & KIPYATKOV 2011). V našem případě se nezdá, že by teplota hrála podstatnou roli - neznamená to, že by mravenci nebyli na teplotě závislí, ale spíše, že v daném rozsahu teplot jsou důležitější jiné faktory.

Mravenci jsou schopni regulovat příjem živin ku prospěchu kolonie (FELDHAAR, 2014). Analýza patternu obsazování návnad v čase, ve které jsou celkově všechny návnady obsazené za 24 hodin, jde použít pouze u druhu *M. ruginodis* aktivita ve všech třech biotopech se liší, tj. louka je odlišná, což ale může být tím, že z louky je málo dat. Jediná podstatná odlišnost je větší množství *M. ruginodis* při prvním sběru.

Zaznamenáván byl i stav počasí, mravenci hojně chodili na návnady i za slabého deště. Déšť patří mezi nevhodné podmínky pro mravence, při kterých dělnice zmenšují nebo zakrývají vchody do hnízda za účelem zabránění ventilace hnízda (MARTIN, 1980b). V této studii jsem se ale snažila deštivým dnům vyhnout, proto nelze vliv deště dobře hodnotit.

Korelaci aktivity mravenců s vlhkostí vzduchu a teplotou půdy nemůžeme dokázat, protože tyto parametry jsme nezkoumali.

## 6 Závěr

Hlavním cílem práce bylo zjistit, zda se liší společenstva mravenců v jednotlivých biotopech a to jak složením, sezonalitou, tak i potravními preferencemi. Zároveň byly studovány vybrané faktory prostředí a jejich vliv na mravence. Strukturu zdejších společenstev, jejich sezonalita a potravní preference byly zkoumány pomocí návnad. Návnady obsahovaly bílkovinou (larva potemníka) a cukernou složku (20% cukerný roztok). Během periodických čtyřadvacetihodinových pozorování byly na návnadách zaznamenávány počty jednotlivých druhů mravenců. Celkem bylo za období sběru 1. 5. 2014 - 27. 9. 2014 nalezeno 2714 kusů mravenců v 603 pastech. Tento počet zahrnoval sedm druhů mravenců: *Myrmica scabrinodis*, *Myrmica ruginodis*, *Lasius niger*, *Lasius platythorax*, *Myrmica sabuleti*, *Myrmica rubra*, *Temnothorax crassispinus*. Nejpočetnějším druhem byla *Myrmica scabrinodis* s počtem 1213 nalezených jedinců a druhým nejpočetnějším druhem byla *Myrmica ruginodis* s počtem 1111 nalezených jedinců. Ostatní druhy byly nalezeny v počtech stovek, nebo desítek jedinců. V počtech jedinců byly nalezeny druhy *M. rubra* a *T. crassispinus*, z toho důvodu s nimi nebylo dále počítáno ve statistických analýzách. Nejvíce jedinců bylo na louce, naopak nejméně ve smrkovém lese. Ze všech 5760 exponovaných pastí bylo celkově obsazeno 603. Celkem bylo tedy obsazeno 10,5% pastí. Největší obsazenost pastí byla střídavě na louce a v bukovém lese, nejmenší potom ve smrkovém lese po celou dobu sběrů. Podle počtu obsazených návnad všechny druhy ve všech biotopech preferovaly cukr, ale ne stejnou měrou, především *L. niger* významně navštěvoval i návnady s červy. Změny potravních preferencí v průběhu sezóny vyšly ve většině případů neprůkazně. Preference cukru či moučného červa v jednotlivých biotopech mravenci obecně se lišily. Mezidruhové rozdíly v aktivitě v různých částech sezóny byly signifikantní v bukovém lese i na louce. Vliv sezóny na denní průběh aktivity nebyl nalezen u žádného druhu v žádném biotopu. Ve všech třech biotopech byl denní průběh obsazování pastí (celkově všemi mravenci) v různých částech sezóny signifikantně odlišný, v jehličnatém bukovém lese se ale nelišil. Výsledky analýzy vlivu teploty na výskyt mravenců na návnadách byly průkazné pouze v případě *M. ruginodis* v bukovém lese. Analýza vlivu sledovaných faktorů na výskyt mravenců vysvětlila ve smrkovém lese pouze 1,2% variability dat, v bukovém lese sledované faktory vysvětlily 3,7% variability, na louce se sledované faktory vysvětlily z 28,7%.



## 7 Seznam použité literatury

ABHINANDINI D. I. & VENKATESHA M. G., 2013: Seasonal abundance and activity pattern of commonly occurring household ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Zoology and Ecology* . 23:3. DOI: 10.1080/21658005.2013.815028.

ANGILLETTA M. J., HUEY R. B. & FRAZIER M. R., 2010: Thermodynamic effects on organismal performance: is hotter better? *Physiol. Biochem. Zool.* 83, 197-206. IN: JAYATILAKA P., NARENDRA A., REID S. F., COOPER P. & ZEIL J., 2011: Different effects of temperature on foraging activity schedules in sympatric Myrmeciaants *Journal of Experimental Biology*, 214,16: 2730-2738.

ANTCAT.ORG: An Online Catalog of the Ants of the World [online]. 2015 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: <http://antcat.org/>

ARCILA HERNANDEZ L. M. A., TODD E. V., MILLER G. A. & FREDERICKSON M. E., 2012: Salt intake in Amazonian ants: too much of a good thing? *Insectes Sociaux*, 59:3, 425-432 pp.

ARNOLD C., 2013: Shhh, the ants are talking. *News: Plants and animal*.

BARBANI L. E., 2003: Foraging Activity and Food Preferences of the Odorous House Ant (*Tapinoma sessile*, Say) (Hymenoptera: Formicidae). Master's Thesis. Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. 87pp.

BEASON C., 2005: Mechanisms of magnetic orientation in birds. *Integr. Comput. Biol.* 45, 565–573. DOI:10.1093/icb/ 45.3.565. IN: WAJNBERG E., ACOSTA-AVALOS D., ALVES O. C., DE OLIVEIRA J. F., SRYGLEY R. B. & ESQUIVEL D. M., 2010: Magnetoreception in eusocial insects: an update. *J R Soc Interface*. 6;7 Suppl 2:S207-25. DOI: 10.1098/rsif.2009.0526.focus.

BEN-ARI M., 2013: The Diversity and Food Preferences of Foraging Ants Submitted. University of Haifa, Israel.

BESTELMEYER B. T., 2000: The trade-off between thermal tolerance and behavioural dominance in a subtropical South American ant community. *Journal of Animal Ecology* 69: 998-1009. DOI: 10.1111/j.1365-2656.2000.00455.x.

BISEAU J. C. & PASTEELS J. M., 2000: Response thresholds to recruitment signals and the regulation of foraging intensity in the ant *Myrmica sabuleti* (Hymenoptera: Formicidae). *Behav Processes*. 48:137-148.

BOEVÉ J. L. & WACKERS F. L. 2003: Gustatory perception and metabolic utilization of sugars by *Myrmica rubra* ant workers. *Oecologia* 136:508–514. DOI: 10.1007/s00442-003-1249-9.

BRIAN M. V., 1950: The stable winter population structure in species of *Myrmica*. *J. Anim. Ecol.*, 19 : 119–123. IN: KIPYATKOV V. E. & LOPATINA E. B., 1977: Seasonal cycle and winter diapause induction in ants of the genus *Myrmica* in the Polar Circle region. Proceedings of the International Colloquia on Social Insects (Proc. Int. Coll. Social Insects) V. E. Kipyatkov (Ed.), Russian Language Section of the IUSSI, Socium, St. Petersburg, 1997, vol. 3–4, pp. 277–286.

BRIAN M. V., 1983: Social insects. London: Chapman and Hall. IN: PLATNER C., 2006: Ameisen als Schlüssel-tiere in einem Grasland. Studien zu ihrer Bedeutung für die Tiergemeinschaft, das Nahrungsnetz und das Ökosystem. Biodiversity and Ecology Series:Band 1. Göttingen: Univ.-Verl, 170pp.

CAIN S. D., BOLES L. C., WANG J. H. & LOHMANN K. J., 2005: Magnetic orientation and navigation in marine turtles, lobsters and molluscs: concepts and conundrums. *Integr. Comput. Biol.* 45, 539–546. DOI:10.1093/icb/45.3.539. IN: WAJNBERG E., ACOSTA-AVALOS D., ALVES O. C., DE OLIVEIRA J. F., SRYGLEY R. B. & ESQUIVEL D. M., 2010: Magnetoreception in eusocial insects: an update. *J R Soc Interface.* 6;7 Suppl 2:S207-25. DOI: 10.1098/rsif.2009.0526.focus.

CAMMAERTS M.-C., 1977: Étude démographique annuelle des sociétés de *Myrmica rubra* L. des environs de Bruxelles. *Insectes Soc.* [online]. 24 : 147–161. IN: KIPYATKOV V. E. & LOPATINA E. B., 1977: Seasonal cycle and winter diapause induction in ants of the genus *Myrmica* in the Polar Circle region. Proceedings of the International Colloquia on Social Insects (Proc. Int. Coll. Social Insects) V. E. Kipyatkov (Ed.), Russian Language Section of the IUSSI, Socium, St. Petersburg, 1997, vol. 3–4, pp. 277–286.

CASACCI L. P., THOMAS J. A., SALA M., TREANOR D., BONELLI S., BALLETTTO E. & SCHONROGGE K., 2013: Ant Pupae Employ Acoustics to Communicate Social Status in Their Colony's Hierarchy. *Current Biology* 23, 323–327. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2013.01.010>.

CHERENKO A., 2012: Recognition and social behaviour in formica ants. Faculty of Biological and Environmental Sciences, Department of Biosciences, University of Helsinki, Finland. ISBN 978-952-10-8035-7 (PDF).

CHONG K. F. & LEE C. Y., 2006: Food Preferences and Foraging Activity of Field Populations of a Pest Ant, *Tapinoma indicum* (Hymenoptera: Formicidae). *Sociobiology* 48: 875-883.

COOK S. C., EUBANKS M. D., GOLD R. E. & BEHMER S. T., 2011: Seasonality Directs Contrasting Food Collection Behavior and Nutrient Regulation Strategies in Ants.

*PLoS One*, 09, vol. 6, no. 9 ProQuest Central; ProQuest Hospital Collection; ProQuest Natural Science Collection; ProQuest Technology Collection. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/AN13002>

CHYTRÝ M., KUČERA T. & KOČÍ M., 2001: Katalog biotopů České republiky. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

CZECHOWSKI W., PISARSKI B. & YAMAUCHI K., 1995: Succession of ant communities (Hymenoptera, Formicidae) in moist pine forest. *Fragmenta Faunistica*, 38 (24): 447 – 488.

CZECHOWSKI W., RADCHENKO A. & CZECHOWSKA W., 2002: The ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland. Museum and Institute of Zoology PAS, Warszawa, 200 pp.

DEMEK J., 1978: Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny. Brno: Academia. 584 s.

DUSSUTOUR A. & SIMPSON S. J., 2008: Description of a simple synthetic diet for studying nutritional responses in ants. *Insectes Sociaux*. 55, 329-333. DOI: [10.1007/s00040-008-1008-3](https://doi.org/10.1007/s00040-008-1008-3)

DUSSUTOUR A. & SIMPSON S. J., 2012: Ant workers die young and colonies collapse when fed a high-protein diet. *Proceedings of the Royal Society London. B* 279, 2402-2408. DOI: [10.1098/rspb.2012.0051](https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0051)

EIDMANN H., 1943: Die Überwinterung der Ameisen. *Z. Morphol. Ökol. Tiere* [online]. 39 : 217–275. IN: KIPYATKOV V. E. & LOPATINA E. B., 1977: Seasonal cycle and winter diapause induction in ants of the genus *Myrmica* in the Polar Circle region. *Proceedings of the International Colloquia on Social Insects (Proc. Int. Coll. Social Insects)* V. E. Kipyatkov (Ed.), Russian Language Section of the IUSI, Socium, St. Petersburg, 1997, vol. 3–4, pp. 277–286.

ELIOT S., 2012: Food preferences of ants. *HowStuffWorks.com*. 03 March 2015.

ELMES G. W. & WARDLAW J. C., 1982: A population study of the ants *Myrmica sabuleti* and *Myrmica scabrinodis* living at two sites in the south of England. I. A comparison of colony populations. *Journal of Animal Ecology* 51: 651-664.

FELDHAAR H., 2014: Ant nutritional ecology: linking the nutritional niche plasticity on individual and colony-level to community ecology *Current Opinion in Insect Science*.

FELLERS J. H., 1989: Daily and seasonal activity in woodland ants. *Oecologia*. 78: 69-76.

FISCHER R. C., RICHTER A., HADACEK F. & MAYER V., 2008: Chemical differences between seeds and elaiosomes indicate an adaptation to nutritional needs of ants. *Oecologia*. 155(3):539-547.

GANO K. A. & ROGERS L. E., 1983: Colony density and activity times of the ant *Camponotus semitestaceus* (Hymenoptera, Formicidae) in a shrub steppe community. *Annals of the Entomological Society of America*. 76 (6): 958-963.

GERBIER G., GARNIER S., RIEU C., THERAULAZ G. & FOURCASSIÉ V., 2008: Are Ants Sensitive to the Geometry of Tunnel Bifurcation?. *Animal Cognition*. 10, vol. 11, no. 4, pp. 637-42 ProQuest Central; ProQuest Hospital Collection. ISSN 1435-9448. DOI: 10.1007/s10071-008-0153-4.

GOTELLI N. J., ELLISON A. M., SANDERS N. J., & DUNN R. R., 2011: Counting ants (Hymenoptera: Formicidae): biodiversity sampling and statistical analysis for myrmecologists. *Myrmecological News* 15: 13-19.

GRAY G. R., CHAUVIN L. P., SARHAN F. & HUNTER N. P. A., 1997: Cold acclimation and freezing tolerance (a complex interaction of light and temperature). *Plant Physiol.* [online]. 114, 467-474. IN: JAYATILAKA P., NARENDRA A., REID S. F., COOPER P. & ZEIL J., 2011: Different effects of temperature on foraging activity schedules in sympatric Myrmecia ants *Journal of Experimental Biology*, 214,16: 2730-2738.

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.

HAYBRON R., 1997: Colony life requires ants be focused. Cleveland, Ohio: May 06, ProQuest Central.

HERNÁNDEZ L., M., A., 2012: Dietary Implications of Interactions between Ants and Symbiotic Bacteria. A thesis submitted in conformity with the requirements for the degree of Masters of Science Graduate Department of Ecology and Evolutionary Biology University of Toronto.

HÖLLDOBLER B. & WILSON E. O., 1990: The ants. Berlin: Springer. IN: PLATNER C., 2006: Ameisen als Schlüsseltiere in einem Grasland. Studien zu ihrer Bedeutung für die Tiergemeinschaft, das Nahrungsnetz und das Ökosystem. *Biodiversity and Ecology Series:Band 1*. Göttingen: Univ.-Verl, 170pp.

HÖLLDOBLER B. & WILSON E. O., 1994: *Cesta k mravencům*. Academia, Praha.

HOLWAY D. A., 1999: Competitive mechanisms underlying the displacement of native ants by the invasive Argentine ant. *Ecology*, 80 (1): 238 – 251.

- JEZHIKOV I.I., 1929: On the comparative ecology of social insects. [In Russian]. Trudy Otdela. Ekologii Timiryaz. Inst., 4 (1) : 7–24. IN: KIPYATKOV V. E. & LOPATINA E. B., 1977: Seasonal cycle and winter diapause induction in ants of the genus *Myrmica* in the Polar Circle region. Proceedings of the International Colloquia on Social Insects (Proc. Int. Coll. Social Insects) V. E. Kipyatkov (Ed.), Russian Language Section of the IUSI, Socium, St. Petersburg, 1997, vol. 3–4, pp. 277–286.
- KANNOWSKI P. B., 1959a: The flight activities and colony-founding behavior of bog ants in southeastern Michigan. *Insectes Soc.* 6: 115–162. IN: MC CLUSKEY E. S., 1973: Generic diversity in phase of rhythm in formicine ants. *Psyche a journal of entomology* 80:295–304.
- KANNOWSKI P. B., 1963: The flight activities of formicine ants *Symp. Genet. Biol. Ital.* 12: 74–102. IN: MC CLUSKEY E. S., 1973: Generic diversity in phase of rhythm in formicine ants. *Psyche a journal of entomology* 80:295–304.
- KASPARI M. S., O'DONNELL & KERCHER J. R., 2000B: Energy, density, and constraints to species richness: ant assemblages along a productivity gradient. *American Naturalist* 155:280–293. STADLER B. & DIXON A. F. G., 2008: *Mutualism: ants and their insect partners*. Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 219 pp.
- KAY A., 2004: The relative availabilities of complementary resources affect the feeding preferences of ant colonies.- *Behavioral Ecology* . 15: 63–70.
- KAY A. D., SHIK J. Z., VAN ALST A., MILLER K. A. & KASPARI M., 2012: Diet composition does not affect ant colony tempo. *Functional Ecology*. 2012, 26, 317–323. DOI: 10.1111/j.1365-2435.2011.01944.x
- KHARBANI H. & HAJONG S. R., 2013: Seasonal patterns in ant (Hymenoptera: Formicidae) activity in a forest habitat of the West Khasi Hills, Meghalaya, India. *ASIAN MYRMECOLOGY* Volume 5, 103–112, Issn 1985-1944 © Holdingstone.
- LANAN M., 2014: Spatiotemporal resource distribution and foraging strategies of ants (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecol. News*. 20: 53–70.
- MAILLEUX A. C., DENEUBOURG J. L. & DETRAIN C., 2000: How do ants assess food volume? *Animal Behaviour*, 59: 1061 – 1069.
- MARTIN A. J., 1980b: Vernal thermoregulation in the nest mounds of the red wood ant *Formica aquilonia* YARROW. II. The active heating of brood chambers. *Eesti NSV Teaduste Akadeemia Toimetised. Biologia*, 29, s. 188–197.

- MASHALY A. M. A., AL-MEKHALFI F.A. & AL-QAHTANI A. M., 2013: Foraging activity and food preferences of the samsum ant, *Pachycondyla sennaarensis*. *Bulletin of Insectology*. 66 (2): 187-193, 2013 ISSN 1721-8861.
- MAYSOV A. & KIPYATKOV E. V., 2011: Contrasting dynamics of cold resistance traits in field-fresh *Myrmica* ants during the active season. *Journal of Thermal Biology* 36:64–70. DOI:10.1016/j.jtherbio.2010.11.004.
- MIKYŠKA R., 1969: Geobotanická mapa ČSSR. Academia a Kartografické nakladatelství, Praha.
- MILES P., 2000: Lesní mravenci, ohrožení pomocníci lesa. *FORMICA Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*, 3. ročník, pp. 6-11.
- MIRAVETE V., ROURA-PASCUAL N., DUNN R. R. & GÓMEZ C., 2013: How Many and which Ant Species are being Accidentally Moved Around the World?. *Biology Letters*. Oct 23, vol. 9, no. 5, pp. 20130540 ProQuest Natural Science Collection. DOI: 10.1098/rsbl.2013.0540.
- NARENDRA A., REID S. F. & HEMMI J. M., 2010: The twilight zone: ambient light levels trigger activity in primitive ants. *Proc. R. Soc. B* 277, 1531-1538.
- JAYATILAKA P., NARENDRA A., REID S. F., COOPER P. & ZEIL J., 2011: Different effects of temperature on foraging activity schedules in sympatric *Myrmecia* ants *Journal of Experimental Biology*, 214,16: 2730-2738.
- NEUHÄUSLOVÁ Z., 1998: Mapa potenciální přirozené vegetace České republiky. 341 p., Academia, Praha.
- OSTER G. F., WILSON E. O., 1978: *Caste and ecology in the social insects*. Princeton University Press, Princeton. pp. 21–22. ISBN 0-691-02361-1.
- PECH P., 2014: Úvod do fylogeneze a evoluce mravenců. 6:2014, s. 291.
- PETAL J., 1978: The role of ants in ecosystems. In: M.V. Brian (Hrsg.): *Production ecology of ants and termites*. Cambridge: Cambridge University Press. IN: PLATNER C., 2006: *Ameisen als Schlüsseltiere in einem Grasland. Studien zu ihrer Bedeutung für die Tiergemeinschaft, das Nahrungsnetz und das Ökosystem*. Biodiversity and Ecology Series:Band 1. Göttingen: Univ.-Verl, 170pp.
- PETERS M. K., MAYR A., RÖDER J., SANDERS N. J. & STEFFAN-DEWENTER I., 2014: Variation in nutrient use in ant assemblages along an extensive elevational gradient on Mt Kilimanjaro. *Journal of Biogeography*.
- PETRÁKOVÁ L., 2006: Interakce mezi mravenci druhů *Liometopum microcephalum* a *Lasius fuliginosus*. Bakalářská práce. Masarykova univerzita v Brně, Přírodovědecká fakulta, Ústav botaniky a zoologie. 53s.

- QUINET Y., DE-BISEAU J. C. & PASTEELS J. M., 1997: Food recruitment as a component of the trunk-trail behaviour of *Lasius fuliginosus* (Hymenoptera: Formicidae). *Behavioural Processes*, 40 (1): 75 – 83.
- RABELING C., BROWN J. M., & VERHAAGH M., 2008: Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. *PNAS* 105 (39): 14913–7. Bibcode:2008PNAS..10514913R. DOI: 10.1073/pnas.0806187105.
- RAIMUNDO R. L. G., FREITAS A. V. L., & OLIVERA P. S., 2009: Seasonal Patterns in Activity Rhythm and Foraging Ecology in the Neotropical Forest-Dwelling Ant, *Odontomachus chelifer* (Formicidae: Ponerinae). *Annals of the Entomological Society of America*. 102(6):1151-1157. DOI: <http://dx.doi.org/10.1603/008.102.0625>.
- RICO-GRAY V., DIAZ-CASTELAZO C., RAMIREZ-HERNANDEZ A., GUIMARAES JR. P.R. & HOLLAND J.N., 2012: Abiotic factors shape temporal variation in the structure of an ant-plant network. *Arthropod-Plant Interactions*, 6 (2), pp. 289-295.
- ROSUMEK F. B., SILVEIRA F. A. O. & NEVES F. D., 2009: Ants on Plants: A Meta-Analysis of the Role of Ants as Plant Biotic Defenses. *Oecologia*, 06, vol. 160, no. 3, pp. 537-49 ProQuest Central; ProQuest Hospital Collection; ProQuest Natural Science Collection. ISSN 0029-8549. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-009-1309-x>.
- ROSENZWEIG M. L., 1995: *Species Diversity in Space and Time*. Cambridge: Cambridge University Press. IN: STADLER B. & DIXON A. F. G., 2008: *Mutualism: ants and their insect partners*. Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 219 pp.
- RUST M. K., REIERSON D. A., PAINE E. & BLUM L. J., 2000: Seasonal Activity and Bait Preferences of the Argentine Ant (Hymenoptera: Formicidae). *J. Agric. Urban Entomol*, 17,4: 201-212.
- SCHULTZ T. R., 2000: In search of ant ancestors". *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 97 (26): 1402814029. Bibcode: 2000PNAS... 9714028S. DOI: 10.1073/pnas. 11513798. PMC 34089. PMID 11106367.
- SEIFERT B., 2007: *Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas*. – Iutra Verlags- und Vertriebsgesellschaft, Tauer, 368 pp.
- SKALICKÝ V., 1988: Regionálně fytogeografické členění. IN HEJNÝ S. & SLAVÍK 1990.

SOUDEK Š., 1922: Mravenci: soustava, zeměpisné rozšíření, oekologie a určovací klíč mravenců žijících na území Československé republiky. Nákladem Československé společnosti entomologické.

STROEYMEYT N., JORDAN C., MAYER G., HOVSEPIAN S., GIURFA M. & FRANKS N. R., 2014: Seasonality in Communication and Collective Decision-Making in Ants. *Proceedings Biological Sciences / the Royal Society*. vol. 281, no. 1780, pp. 20133108 ProQuest Natural Science Collection. DOI: <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2013.3108>.

TALBOT M., 1945: A comparison of flights of four species of ants. *Amer. Midland Naturalist* 34: 504-510. IN: MC CLUSKEY E. S., 1973: Generic diversity in phase of rhythm in formicine ants. *Psyche a journal of entomology* 80:295-304.

TALBOT M., 1945: Population studies of the ant *Myrmica schencki* ssp. *emeryana* Forel. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 38 : 365–372. IN: KIPYATKOV V. E. & LOPATINA E. B., 1977: Seasonal cycle and winter diapause induction in ants of the genus *Myrmica* in the Polar Circle region. *Proceedings of the International Colloquia on Social Insects (Proc. Int. Coll. Social Insects)* V. E. Kipyatkov (Ed.), Russian Language Section of the IUSI, Socium, St. Petersburg, 1997, vol. 3–4, pp. 277–286.

TALBOT M., 1946: Daily fluctuations in aboveground activity of three species of ants. *Ecology* 27: 65-70. IN: MC CLUSKEY E. S., 1973: Generic diversity in phase of rhythm in formicine ants. *Psyche a journal of entomology* 80:295-304.

TALBOT M., 1953: Ants of an old-field community on the Edwin S. George Reserve, Livingston County, Michigan. *Contributions Laboratory Vetebrate Biology University of Michigan* 63: 1-13. IN: MC CLUSKEY E. S., 1973: Generic diversity in phase of rhythm in formicine ants. *Psyche a journal of entomology* 80:295-304.

TER BRAAK C. J. F. & ŠMILAUER P., 2012: *Canoco Reference Manual and User's Guide: Software for Ordination (version 5.0)*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.

TSHIGUVHO T. E., DEAN W. R. J. & ROBERTSON H. G., 1999: Conservation value of road verges in the semi-arid Karoo, South Africa: ants (Hymenoptera: Formicidae) as bio-indicators. *Biodiversity and Conservation*, 8.12: 1683-1695.

VAN OYSTAEYEN A., OLIVEIRA R. C., HOLMAN L., ZWEDEN J. S., ROMERO C., OI C. A., D'ETTORRE P., KHALESİ M., BILLEN J., WÄCKERS F., MILLAR J. G. & WENSELEERS T., 2014: Conserved Class of Queen Pheromones Stops Social Insect Workers from Reproducing. *Science (New York, N.Y.)*. 43:287-290. DOI: <http://dx.doi.org/10.1126/science.1244899>

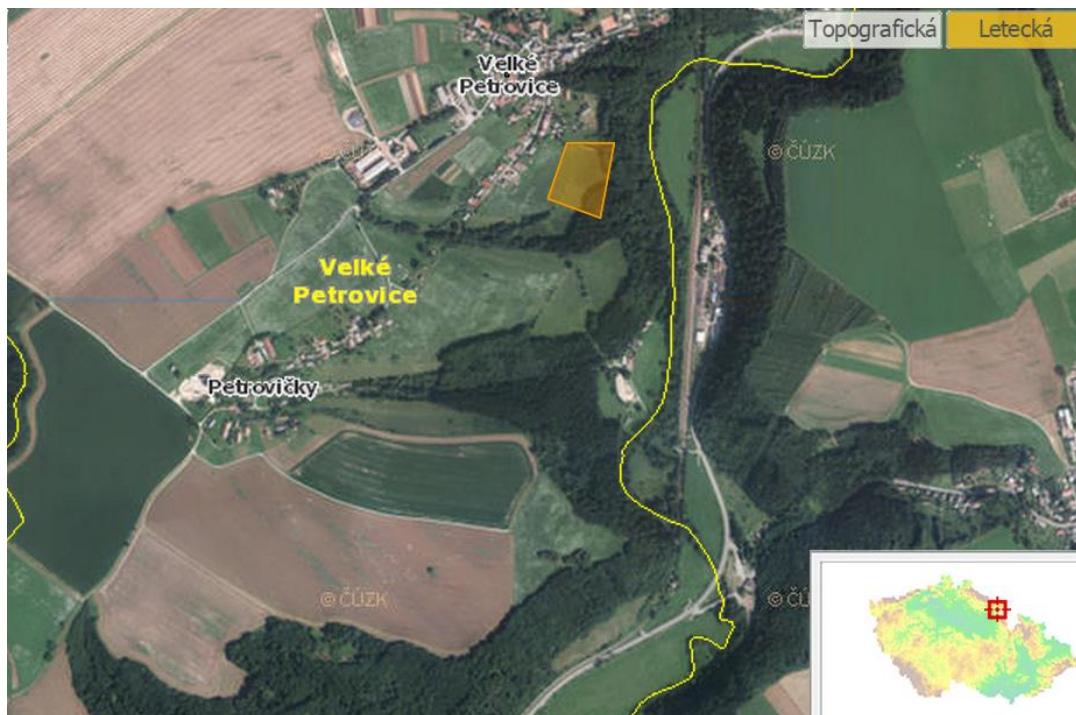


- VEPSÄLÄINEN K. & SAVOLAINEN R., 1990: The effect of interference by Formicinae ants on the foraging of *Myrmica*. *Journal of Animal Ecology*, 59: 643 – 654.
- VOGT J. T., SMITH W. A., GRANTHAM R. A., & WRIGHT R. E., 2003: Effects of Temperature and Season on Foraging Activity of Red Imported Fire Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Oklahoma. *Environmental Entomology*. 32:447-451.
- WARD P. S., BRADY S. G., FISHER B. L. & SCHULTZ T. R., 2009: Fylogeneze a biogeografie z Dolichoderine mravenců: Vliv rozdělení dat do oblastí a Reliktní taxonů na historické Inference *Systematická biologie* (v tisku).
- WILSON E. O. & REGNIER F. E., 1971: The evolution of the alarm-defense system in the formicine ants. *Amer. Natur.* 105 : 279-289. IN: MC CLUSKEY E. S., 1973: Generic diversity in phase of rhythm in formicine ants. *Psyche a journal of entomology* 80:295-304.
- WILSON E. O., 1971: The insect societies. Belknap Press of Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA.
- WILSON E. O., 1987: Causes of ecological success: the case of the ants. *Journal of Animal Ecology* 56:1–9. IN: STADLER B. & DIXON A. F. G., 2008: Mutualism: ants and their insect partners. Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 219 pp.
- WILSON E. O., 1990: Success and Dominance in Ecosystems: The Case of Social Insects. Nordbu" nte: Ecological Institute. IN: STADLER B. & DIXON A. F. G., 2008: Mutualism: ants and their insect partners. Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 219 pp.
- WILTSCHKO W. & WILTSCHKO R. J., 2005: Magnetic orientation and magnetoreception in birds and other animals. *J. Comput. Physiol. A* 191, 675–693. DOI:10.1007/s00359-005-0627-7. IN: WAJNBERG E., ACOSTA-AVALOS D., ALVES O. C., DE OLIVEIRA J. F., SRYGLEY R. B. & ESQUIVEL D. M., 2010: Magnetoreception in eusocial insects: an update. *J R Soc Interface*. 6;7 Suppl 2:S207-25. DOI: 10.1098/rsif.2009.0526.focus.
- WITTE V., SCHLIESSMANN D. & HASHIM R., 2010: Attack or call for help? Rapid individual decisions in a group-hunting ant *Behavioral Ecology*. first published online July 15. DOI: 10.1093/beheco/arq100.

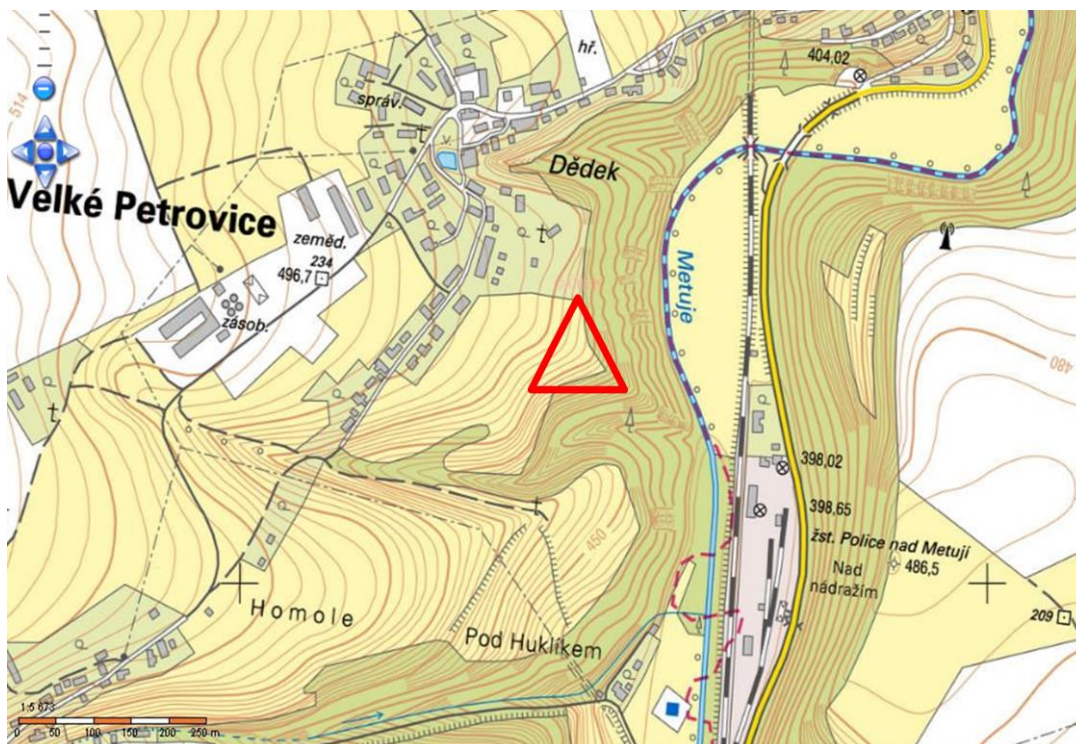
## 8 Přílohy

### 8.1 Mapové přílohy

Mapová příloha 1. Mapa lokality s vyznačenými biotopy (online verze [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz))



Mapová příloha 2. Lokalizace zkoumaného území (online verze [www.cuzk.cz](http://www.cuzk.cz))



## 8.2 Fotodokumentace

Obr. 1. Biotopy (bukový les, smrkový les, louka)



Obr. 2. Louka



Obr. 3. Návnada na louce



Obr. 4. Smrkový les



Obr. 5. Návnada (moučný červ) ve smrkovém lese



Obr. 6. Bukový les



Obr. 7. Mravenci hodující na návnadě (moučný červ) v bukovém lese

