

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA EKOLOGIE A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ



Bakalářská práce

**VLIV VEGETACE NA TEPLITU A VLHKOST
HNÍZD MRAVENCE *Formica polyctena***

Vypracoval: Adam Véle

Vedoucí práce: Mgr. Ivan H. Tuf

Olomouc 2002

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl veškerou použitou literaturu.

V Olomouci, 15. května 2002

Za vedení práce děkuji Mgr. Ivanu H. Tufovi, za cenné rady, zapůjčení literatury a teploměru Mgr. Milanu Daďourkovi, za konzultaci metodiky Ing. et Mgr. Janu Frouzovi, CSc., za podporu svoji rodině a všem svým přátelům.

OBSAH

1. Úvod	5
1.1. Akce Formica	6
1.2. Ohrožení lesních mravenců	7
1.3. Cíl práce	7
2. Bionomie lesních mravenců	8
2.1. Zařazení lesních mravenců do zoologického systému	8
2.2. Výskyt lesních mravenců na evropském kontinentu a jejich charakteristika	8
2.3. Vliv mravenců na okolní ekosystém	10
2.4. Hnízda lesních mravenců	15
3. Popis lokality	24
3.1. Geografická charakteristika území	24
3.2. Biologická charakteristika území	24
3.3. Lesní porosty	25
3.4. Přírodní památka Rodlen	25
3.5. Ohrožení hnízd	27
4. Metodika	29
4.1. Systém číslování hnízd	29
4.2. Stanovení základních charakteristik hnízd	30
4.3. Měření teploty v hnízdech	31
4.4. Měření vlhkosti v hnízdech	32
5. Použitá literatura	33
Příloha 1	

1. ÚVOD

Krajina České republiky je pod silným vlivem antropického tlaku (Šimek 1989). Únosnost ekosystémů je namáhána do té míry, že hrozí narušení klíčových ekologických pochodů a vazeb s následným porušením ekologické rovnováhy celých rozsáhlých oblastí (Švestka 1990). Vliv negativního působení antropogenních faktorů na krajinu se nevyhnul ani lesům, které pokrývají 33 % rozlohy republiky (Domes 1995). Došlo k zhoršení zdravotního stavu lesa a jeho odolnostního potenciálu (Švestka 1990), „Odolnostní potenciál lesa souborně vyjadřuje schopnost lesních porostů odolávat škodlivým činitelům“ (Stolina 1982 In: Míchal 1992). Znečištění ovzduší průmyslovými emisemi, následné kalamity, ale i změny v systému lesního hospodářství vedly k takovému narušení ekologické stability lesů, jež nemá v jejich historii obdoby. Koncem osmdesátých let minulého století bylo v různé míře poškozeno více než 50% plochy lesních porostů (Moldan 1990). Podle Míchala (1992) se na tak katastrofálním poškození lesních ekosystémů podílí faktory abiotické (sníh, vítr, sucho, zamokření), biotické (dřevokazné houby, hmyz, býložravá zvířata) i antropogenní (imise, nevhodné způsoby lesního hospodaření). Nejčastěji jsou lesní ekosystémy poškozovány synergickým působením těchto faktorů. Naprostá většina současných lesních porostů je závislá na dodatkové energii nahrazující přirozené autoregulační pochody (Míchal 1992), nelze tedy popřít snížení jejich ekologické stability (Macků 1989). „Ekologická stabilita lesa“ je definována jako schopnost lesních ekosystémů uchovávat se v podmínkách působení vnějších faktorů vnitřními autoregulačními mechanismy (rezistence) anebo se vracet po narušení k původnímu stavu (resilience) (Míchal 1992). V boji se škodlivými činiteli mohou lesní hospodáři používat ochranu chemickou nebo biologickou (Švestka 1990). Chemické prostředky, jsou-li správně aplikovány, zajišťují rychlý a účinný výsledek. Jejich nevýhodou jsou vedlejší účinky nejen na entomofaunu (Švestka 1990), ale i jejich krátkodobé (nárázovité) působení. Naproti tomu biologická ochrana lesních porostů využívá živých organismů či produktů jimi vytvořených (Švestka 1990, 1992), které působí dlouhodobě.

Přestože v posledních desetiletích převažoval v lesích negativní vliv abiotických faktorů (Švestka 1990), nelze opomíjet biotické škodlivé činitele druhořadý význam, neboť destruktivní účinek abiotických faktorů je působením hmyzích škůdců často doplňován (Míchal 1992). Škodlivá činnost hmyzu byla v této době příčinou 10 až 15 %

nahodilé těžby (Švestka 1992). V destabilizovaných lesních ekosystémech jsou vytvořeny příznivější podmínky pro přemnožení škůdců, jež se mohou stát rozhodujícím činitelem pro budoucí existenci porostů (Švestka 1990, 1992). V rámci integrované ochrany lesa je působení hmyzích škůdců regulováno preventivními opatřeními i prostředky přímé obrany. „Integrovaná ochrana lesa je založena na důkladné znalosti biologie a ekologie škůdců, jejich nepřátel, jejich vazeb na ostatní části lesního společenstva“ (Švestka 1992). Uplatňují se nejúčinnější kombinace všech vhodných metod, které jsou účinné a ekologicky i ekonomicky únosné, přičemž přednost mají biologické metody před metodami chemickými (Švestka 1992). Mezi preventivní opatření biologické ochrany lesa náleží podpora hmyzožravého ptactva, mravenců a pernatých dravců (Švestka 1992). Pouze stabilní, samostatně se vyvíjející systém bioregulátorů hmyzích škůdců může přispět k dostatečné ochraně porostů (Zacharov 1984). Podle Zacharova (1984) musí být základem takového systému druh splňující několik požadavků: teritoriálnost, účinná regulace hmyzích škůdců v daném lesním komplexu, stabilita výskytu po delší dobu i při výkyvech v početnosti škůdců, vysoká hustota jedinců na ploše, multifunkční úloha v biocenóze, možnost současného použití dalších metod boje se škůdci, jednoduchost metody. Těmto požadavkům vyhovují pouze mravenci rodu *Formica*. Proto v lesích Německa, Polska a Itálie jsou lesní mravenci používáni v lesích jako biologická kontrola (Brandt 1980).

1.1. Akce Formica

Mravenci rodu *Formica* jsou zapsáni v prováděcí vyhlášce č. 395/1992 Sb. k zákonu č. 114/1992 Sb. o ochraně přírody a krajiny České republiky v kategorii ohrožený druh. Jsou významnou složkou lesních ekosystémů. V roce 1982 vyhlásil Český svaz ochránců přírody (ČSOP), ve spolupráci s ministerstvem lesního a vodního hospodářství ČSR, celonárodní odborný program na ochranu a hospodářské využití lesních mravenců – Akci Formica (Bezděčka 1984a). Jeho první etapa zaměřená zejména na inventarizaci hnízd lesních mravenců probíhala v letech 1982 až 1985. Cílem druhé, dodnes trvající etapy, je aplikace získaných poznatků do praxe. Po roce 1989 poklesl o Akci Formica zájem z řad jednotlivců i celých základní organizací (ZO) ČSOP. V poslední době opětovně dochází ke zvýšení zájmu o ochranu a využití lesních mravenců (Dadořek 1998a, Daňo 1998). Zvyšuje se počet zainteresovaných ZO, byla navázána spolupráce se státním podnikem Lesy ČR i některými Okresními úřady a

Správami chráněných území (Daňo 1997 – ústní sdělení, Daňo 1998, Pešout 2001). Každoročně jsou pořádány školení pro nové účastníky Akce Formica, od roku 1998 vychází časopis „Formica – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců“. Celostátním koordinátorem je J. Daňo (36/08 ZO ČSOP Armillaria Liberec).

1.2. Ohrožení lesních mravenců

Výzkumy v zahraničí dokazují, že hustota výskytu lesních mravenců klesá (Hruška 1992). Mezi faktory negativně působící na lesní mravence patří přímá likvidace mravenišť vypalováním či vypařováním, sběr mravenčích kukel, nevhodné způsoby obnovy lesa, těžba a přibližování dřeva, zábor lesní půdy atp (Hruška 1982, Dad'ourek 1998a). Negativní vliv má bezesporu i fragmentace krajiny. Lesní mravence ohrožují i na první pohled neznatelné, o to však závažnější faktory. Kyselá deště ničí houby žijící s mravenci v symbiotickém vztahu (Reichholf – Riehmová 1997). Těžké kovy (Pb, Cd, Cu, Zn) se vyskytují v medovici, jež je základní složkou potravy dospělých dělnic (Stary a Kubiznakova 1987, In: Ylä-Mononen et al. 1989). V tělech lesních mravenců se tyto pak akumulují (Ylä-Mononen et al. 1989), přítomnost těžkých kovů v lesních mravencích se podařilo prokázat i autorovi práce (Véle 1999).

1.3. Cíl práce

V rámci Akce Formica jsou na významných lokalitách výskytu lesních mravenců prováděny managementové zásahy. Jedním z nich je i vysekávání vegetace rostoucí přímo na hnízdních kupách a v jejich bezprostředním okolí. Úvaha o negativním vlivu nejbližší vegetace na lesní mravence se jeví jako správná. V odborné literatuře jsem objevil pouze několik málo článků zmiňujících se o vztahu rostlin a mravenišť. Žádný z nich se však nezabýval přímo tímto tématem.

Cílem této práce je získat literární údaje o vlivu vegetace na hnízda lesních mravenců, popsání lokality a metodiky. Výsledky navazující diplomové práce by mohli posloužit nejen k poznání mravenců samotných, ale i ke zlepšení a objektivnímu zdůvodnění všech managementových zásahů na lokalitách s výskytem mravenců rodu *Formica*.

2. BIONOMIE LESNÍCH MRAVENCŮ

2.1. Zařazení lesních mravenců do zoologického systému

Mravenci jsou vysoce organizovaný sociální hmyz (Hölldobler, Wilson 1997). V zoologickém systému jsou řazeni do řádu blanokřídlí (*Hymenoptera*), podřádu štíhlopasí (*Apocrita*) a čeledi *Formicidae* (Buchar et al. 1995). Z celkového počtu 9500 druhů žije na území České republiky více než 100 druhů mravenců (Miles 2000).

Rod *Formica* Linnaeus, 1758 se dělí na podrody *Serviformica*, *Raptiformica*, *Coptoformica* a *Formica* (Bezděčka 2000). Tato práce je zaměřena na tzv. lesní mravence. Ti jsou řazeni do podrodu *Formica*, často bývají označováni jako skupina *Formica rufa* (Daďourek 1998a). V České republice se ze skupiny lesních mravenců vyskytují tyto druhy: *F. aquilonia* Yarrow, 1955, *F. lugubris* Zetterstedt, 1840, *F. polycтена* Förster, 1850, *F. pratensis* Retzius 1783, *F. rufa* Linnaeus, 1758 a *F. truncorum* Fabricius, 1804. K jejich určování lze využít klíče např. od Wenera (1980), Bezděčky (1982a) či Vysokého a Šutery (2001).

2.2. Výskyt lesních mravenců na evropském kontinentu a jejich charakteristika

Formica aquilonia Yarrow, 1955

Těžiště výskytu tohoto vzácného horského mravence leží ve východních Alpách, v Dolomitech a v celé Skandinávii. Výskyt byl potvrzen i ze Skotska, Polska, Rakouska a Švýcarska (Bezděčka 1982a, 2000). Jediné známé lokality jeho výskytu se nachází ve smrkových porostech Novohradských hor a Blanského lesa (Bezděčka 2000). Jeho výskyt v okrese Český Krumlov je nepravděpodobný (Daďourek 1998a). V České republice byl nalezen pouze ve smrkových porostech (Bezděčka 2000). Dělnice se vyznačují menším vzrůstem a hnědožlutým zbarvením hrudi (Bezděčka 1982a). Oblé až homolovité kupy jsou stavěny z jehličí a úlomků větviček (Bezděčka 2000).

Formica lugubris Zetterstedt, 1840

Druh se souvislým výskytem v severní Evropě a na Sibiři. V ostatních částech Evropy obývá pouze horské oblasti, neboť vyžaduje dlouhodobé zimní zasněžení hnízda (Pecina 1983, Bezděčka 1984a). V ČR hojný v pohraničních lesích jižních a

jihozápadních Čech, řidčeji se vyskytují v Brdech, na Českomoravské vrchovině a v Jeseníkách (Bezděčka 2000). Ve smrkových lesích obývá zejména světliny. Dělnice tohoto druhu jsou celkově temnější barvy, černé skvrny na jejich hrudi a na hlavě jsou difúzní s neostrými okraji. Výrazné je ochlupení těla i hlavy. Na světlinách tvoří nižší a oblá hnízda, naopak v hustých porostech si buduje vysoká hnízda kuželovitého tvaru (Bezděčka 1984a). Mraveniště jsou stavěna především z hrubého materiálu (Starý 1987). Roje jsou vždy polygynní (v hnízdě žije více samic) a často též polykalické (tvoří kolonie o mnoha hnízdech) (Bezděčka 1982, Starý 1987).

Formica polyctena Förster, 1850

Na evropském kontinentu je tento druh rozšířen v jeho střední a severní části. Na území ČR se rozšíření přibližně kryje s rozšířením druhu *Formica rufa*. Častěji však obývá listnaté, zejména dubové lesy. V horách vystupuje do 1000 m n. m. (Bezděčka 1982a). Oproti předcházejícímu druhu celkově drobnější a světlejší dělnice se vyznačují méně výraznou skvrnkou na neochlupené hrudi. Na slunných místech a v listnatých lesích vytváří menší oblá až kuželovitá hnízda, naopak ve stinných porostech buduje hnízda veliká kuželovitá či asymetrická (Bezděčka 1984b). Svá hnízda staví z jemného materiálu (Starý 1987). Jeho velmi silná polygynie a polykalie z něj činí druh významný při biologické ochraně lesa (Bezděčka 1982b). *Formica polyctena* je naším nejrozšířenějším druhem ze skupiny lesních mravenců. Obývá více než jednu polovinu hnízd lesních mravenců vyskytujících se na našem území (Hruška 1990).

Formica pratensis Retzius, 1783

F. pratensis se vyskytuje od severního Španělska po jižní Skandinávii. V ČR je hojný zejména v otevřených prostorech do 700 m n. m. (Bezděčka 1984a). Robustní a hustě ochlupené dělnice se vyznačují sytě černými barvami na hlavě a hrudi (Bezděčka 1982a). Hnízda vybudovaná z hrubého stavebního materiálu jsou plochá, nepravidelná a často uprostřed proláklá (Starý 1987, Pecina 1983). Kolonie tohoto druhu mohou být monokalické i polykalické, monogynní i polygynní (Bezděčka 1982a).

Formica rufa Linnaeus, 1758

Jeden z nejběžnějších mravenců rozšířený téměř po celé Evropě (Starý 1987, Bezděčka 1984b). Na území České republiky se vyskytuje v jehličnatých a smíšených lesích nížin a pahorkatin (Starý 1987). V horách vystupuje do nadmořské výšky 800 m

(Bezděčka 1984b). Robustní dělnice mají charakteristické zbarvení: zadní polovina hlavy, zadeček a skvrna na pronotu a mesonotu jsou černé, zbytek těla je rezavě červený (Starý 1987). Hrud' je řídká a krátce ochlupena (Bezděčka 1984b). Kupy tohoto druhu jsou strmé, oválné, složené z hrubšího materiálu (Starý 1987, Bezděčka 2000). Jen málokdy přesahují výšku 70 cm (Bezděčka 1984b). Jedná se převážně o druh monogynní a monokalický, v menší míře se mohou vyskytovat i polygynní a polykalické kolonie (Bezděčka 1982a).

Formica truncorum Fabricius, 1804

Druh rozšířený od severní Itálie po severní Evropu, od Francie po Japonsko. Díky široké ekologické valenci ho lze nalézt na celém území ČR, nikde však hojně. Hlava, hrud', stopka a přední polovina prvního článku zadečku dělnic jsou jasně rezavě červené. Hustě ochlupené tělo se vyznačuje dlouhými světlejšími chloupky (Starý 1987). Hnízda na slunných místech bývají často opřena o pařez či ležící kmen (Bezděčka 1984b). Jejich tvar je plochý a nepravidelný (Pecina 1983). Kolonie jsou převážně monogynní (Bezděčka 1982a).

2.3. Vliv mravenců na okolní ekosystém

2.3.1. Vliv na půdu

V mravenčích hnízdech dochází ke koncentraci organických zbytků, k promíchávání půdy a následným změnám v jejím mechanickém i chemickém složení (Sadil 1955, Zacharov 1984). Díky neustálému promíchávání, okysličování a obohacování živinami upravují půdní pH a zvyšují obsah humusu (Bezděčka 1982b, Bezděčka 1984c). Podle Zacharova (1984) se rozklad půdy urychluje až desetkrát a to také díky vyšší teplotě a přítomnosti mikroflóry v hnízdech. Takto vzniklá půda často bývá nejkvalitnější na dané lokalitě (Zacharov 1984). Ještě po 20 letech od opuštění hnízda je půda pod mraveništěm znatelně odlišná od půdy na níž mraveniště nestálo (Kristiansen a Amelung 2001). Green et al. (1998) dokonce označují půdu uvnitř a pod hnízdy jako „formicarius pedons“.

2.3.2. Vliv na podrost, sběr a rozšiřování semen

Velmi zajímavý je vliv mravenců na vegetaci rostoucí přímo na hnízdních kupách nebo v jejich bezprostřední blízkosti. Vegetace je ovlivněna již samotnou

stavbou hnízda, při níž je přeneseno velké množství rostlinného materiálu, zejména jehličí (Culver a Beathir 1983). Aktivně přemísťována jsou i semena rostlin (Zacharov 1984). Ta jsou donášena jako potrava, ale slouží i ke stavbě hnízda (Gorb 1997, Gorb a Gorb 1999). Velké množství semen je mravenci poztráceno na teritorium hnízda. Při přenosu velkých semen činí ztráty 8 – 10 % na 1 m dráhy, malá semena jsou ztracena v množství 20 – 100 %. Nezáleží jenom na velikosti semen nýbrž také na jejich tvaru (Gorb et al. 2000a). Velká, osamocená semena jsou pro mravence nejatraktivnější (Gorb 2000b). Tímto způsobem jsou semena odnesena od mateřské rostliny a roztroušena po teritorium (Gorb a Gorb 1999). Semena, která se dostanou až do hnízda jsou chráněna před býložravci a mohou zde vyklíčit. Rostliny můžeme podle jejich vztahu k mravencům rozdělit na myrmekochorní a nemyrmekochorní. Myrmekochorní rostliny využívají ochrany před býložravci, promíchávání semen s půdou, vyššího obsah živin v hnízdech a vyšší vlhkosti v době klíčení (Gorb 1997, Gorb a Gorb 1999). Na mravenišťích rostou rostliny otevřených a narušovaných stanovišť (Culver a Beathir 1983). Naopak většina nemyrmekochorních druhů v hnízdech nevyklíčí kvůli odlišným podmínkám jež zde panují (Gorb a Gorb 1999). Mravenčí hnízda se totiž od svého okolí odlišují vyšší povrchovou teplotou, nižší dostupnou vlhkostí, zastoupením prvků a dalšími fyzikálními i chemickými podmínkami (Culver a Beathir 1983, Gorb 2000a). Navíc mravenci okusují na hnízdě rostoucím rostlinám kořínky (Gorb a Gorb 1999). Nejvyšší počet rostlin neroste na hnízdě samotném, nýbrž v jeho okolí. Nejvíce rostlinných druhů se vyskytuje ve vzdálenosti 1,5 m od hnízda, což odpovídá přechodu mezi hnízdním substrátem a normální půdou (Culver a Beathir 1983). Gorb a Gorb (1999) uvádějí, že nejvíce vyklíčených rostlinek se nachází na hranici teritoria, kam mravenci *Formica polyctena* odnášejí semena spolu s odpadem. Tato lokalita může být pro rostliny výhodnější, protože zde dochází k největší koncentraci humusu. To však nebylo experimentálně prokázáno, neboť hranice teritoria se každým rokem mění (Gorb 2000a). Rostliny žijících v dosahu lesních mravenců jsou zvýhodňovány odháněním jejich konzumentů (Karhu a Neuvonen 1998). Zastínění způsobené věncem okolní vegetace prokazatelně snižuje teplotu v hnízdě i v nejteplejších letních dnech. Naopak příliš vysoká teplota v hnízdě může bránit vývoji vegetace na hnízdě a v jeho okolí (Gallé 1972).

2.3.3. Mravenci a ostatní živočichové

Lesní mravenci tvoří významnou součást potravních řetězců v lesních biocenózách. V kritických obdobích se mohou stát potravní základnou pro mláďata i dospělé mnoha druhů živočichů. Patří mezi ně zejména žáby, ještěrky, ptáci (datlovití, hrabaví, pěvci) i savci (krtek, liška, jezevec) Hruška (1992). Suchá mravenčí hnízda jsou během zimy vyhledávána divokými prasaty k odpočinku, nocování v mraveništích bylo pozorováno i v létě (Hruška 1982, 1990).

Nejvýznamnějším mravenčím predátorem z řádu šplhavců je bezesporu žluna zelená, pro kterou mravenci představují převážnou část potravy (Sauer 1995, Miles 2001). Žluna šedá, datel černý a strakapoudi napadají podle Milese (2001) hnízda lesních mravenců mnohem řidčeji. Černý (1999) uvádí jako predátory mravenců všechny naše šplhavce mimo strakapouda velkého a strakapouda jižního. I přesto, že populace datlovitých ptáků vzrůstá v místech hustého výskytu lesních mravenců až pětkrát, podílejí se šplhavci pouze na 10 % přirozeného úhynu mravenců (Hruška 1982, Zacharov 1984). Významným i když málo početným predátorem je i krutihlav obecný. Negativně mohou působit nejen ptáci na mravence, nýbrž i mravenci na ptáky. Mravenčí kořisti se mohou stát zejména ptáčím mláďata (Miles 2001). Sýkory koňadry navštěvují stromy s mravenci s nižší frekvencí a zdržují se na nich kratší dobu než na stromech bez výskytu mravenců (Haemig 1996). Sojky, špačci, vrány, kosi a lesní kurové (tetřevi, tetřivci, jeřábci) provádějí na mravenčích hnízdech tzv. mravenčí koupel. S načechraným peřím na roztažených křídlech posedávají vedle mraveniště či přecházejí po jeho povrchu a nechávají si peří postříkat mravenčí kyselinou, jež působí jako obrana proti vnějším parazitům (Hruška 1982, Sauer 1995, Reichholf 1999). Sojky a vrány dokonce uchopují mravence do zobáku a opatrně s nimi projíždějí peří (Reichholf, 1999).

Obecně známým a v biologické ochraně lesa významným faktorem je predační tlak lesních mravenců na ostatní bezobratlé živočichy. Při hustotě 4 až 6 hnízd na 1 ha lesa seberou mravenci denně z 1 ha až 1 kg živočišné potravy (Zacharov 1984). Vliv mravenců na lesní škůdce však může být mnohem větší. Velké housenky mohou totiž mravencům uniknout, nicméně kontakt s mravenčí kyselinou zastavuje jejich růst a zvyšuje úhyn (Hruška 1982). Jakožto potravní oportunisté se mravenci orientují na nejdostupnější kořist, kterou se většina listožravého hmyzu stává při svém přemnožení. Přemnožený hmyz se z pohledu člověka jeví škodlivým (Zacharov 1984). Přestože na

kůrovce a jiný podkorní hmyz nemají mravenci přímý vliv (Zahradník 1993), mohou jejich hustotu ovlivňovat nepřímo, podporou ostatních predátorů (zejména datlovitých ptáků) a parazitů (Bezděčka 1984c).

Ze svého teritoria mravenci vytlačují velké druhy hmyzu např. motýly a brouky chystající se klást vajíčka (Zacharov 1984). Většina užitečných bezobratlých (lumčici, chalcidky, sluněčka) v blízkosti mravenišť svojí početnost snižuje. Hustota velkých lumků, střevlíků a jiného individuálně žijícího hmyzu se snižuje pouze v bezprostředním okolí mravenišť (Zacharov 1984, Hruška 1992). Při malé hustotě výskytu nejsou schopni mravenci účinně regulovat gradace masově se rozvíjejícího hmyzu, zároveň však nesnižují početnost jiných přirozených nepřátel. Naopak vyskytují-li se mravenci na ploše v dostatečně velké hustotě, sice mohou snižovat početnost jiných druhů parazitického i dravého hmyzu, jejich úlohu však sami zastávají (Hruška 1992). Mravenci *Formica polyctena* nejsou agresivní pouze na ostatní druhy živočichů, nýbrž také na mravence stejného druhu pocházející z odlišné kolonie či dokonce hnízda. Předmětem války jsou zdroje potravy a obrana hnízdního teritoria (Mabelis 1984, Gerard et al., 1984). V jarních měsících, kdy je nedostatek potravy jsou nepřátelští mravenci zabiti v boji donášení jako potrava do hnízda (Mabelis 1984).

Mnoho druhů bezobratlých živočichů a hub může být na mravence přímo vázáno. Jedná se o spoluobyvatele mravenčích hnízd. Podle způsobu života a jejich vztahu k mravencům je můžeme rozdělit do tří kategorií. První skupinou jsou živočichové mravence lovící. Toto soužití se nazývá *synechtrie*. Sem patří brouci z čeledi drabčíkovití (Staphylinidae), vybrané druhy pavouků a stonožek. Mravenci je aktivně nevyhledávají, vyhánějí je pouze při náhodném setkání. *Synekecie* je způsob soužití, při kterém jsou nájemníci v hnízdech trpěni a přehlíženi. Velká část z nich žije většinu života mimo hnízda lesních mravenců. Synekenti v hnízdech likvidují odpady, výkaly, rozrůstající se nebezpečnou mikroflóru, plísně a podhoubí. Mravenci synekenty nijak nenapadají. Mezi velké množství synekentů patří např. drabčíkovití (Staphylinidae), někteří hmatavci (Pselaphidae), potemníci (Tenebrioidae), mršníci (Histeridae), zástupci čeledí Leiodidae, Scydmaenidae, Rhizophagidae. Část svého života v mravenišťích tráví také larvy některých mandelinek rodu *Clythra* (Chrysomelidae), zlatohlávků (Scarabaeidae), housenky některých motýlů (Lepidoptera), larvy některých druhů much (Diptera) např. pestřenek rodu *Microdon*. V hnízdech se rovněž vyskytují pavoučci rodu *Walkenaeria*, zástupci roztočů (rod

Laelaps, *Cilibanus*), stejnožec *Platyarthrus hoffmannseggii* a rybenka mravenčí (*Atelura formicaria*). Do třetí kategorie patří organismy s nimiž mravenci žijí v zájemném soužití neboli *symfilii*. Tyto druhy nazýváme myrmekofilní nebo také symfilní. Mravenci se starají o jejich vajíčka i larvy, krmí je, přenášejí je a chrání. Symfilní druhy živočichů nejsou schopny života mimo mraveniště. Symfilové jsou mravenci obhospodařování neboť vylučují zvláštní sekrety. Mravenci výměšky olizují. Sekrety obsahují étery, jež zapříčiňují narušení koordinace pohybů a útlum individuální aktivity. To vše může vést k zániku hnízda. V hnízdech mravenců rodu *Formica* se jedná nejčastěji o drabčíky rodu *Lomechusa* a *Lomechusoides* (Bezděčka 2001a). Mezi symbionty patří i mravenec *Formicoxenus nitidulus*. Jedná se o červeného až žlutohnědého mravence s rozšířením téměř po celé Evropě (Bezděčka 2001a, 2001b).

Mezi organismy vázané na mravence patří i houby. Pokud mají na mravence negativní vliv hovoříme o houbách entomofágních. Houby entomofilní život svých hostitelů nijak výrazně neovlivňují. Z těchto druhů se na lesních mravencích vyskytují *Aegeritella tuberculata* a *Aegeritella superficialis*. Pozorovat je můžeme jako černé nebo hnědé bradavičnatě vystouplé útvary na hrudi, nohách, zadečcích i hlavách mravenců. Na mravencích rodu *Formica* se vyskytují běžně (Bezděčka 1999).

Trofobióza se mšicemi

Na stromech v blízkosti hnízd lesních mravenců se vyskytují ve značné hustotě mšice. Mravenci je ochraňují likvidací jejich přirozených nepřátel, ale i zajištěním jejich zimování ve svých hnízdech. To vše provádějí s cílem co největší produkce sladkých výměšků, jež jsou hlavní potravou mravenčích dospělců. Tento vzájemně výhodný vztah nazýváme *trofobióza* (Bezděčka 1982b). Podle Hrušky (1992) nemají mravenci rozšiřované mšice (čeled' Lachnidae) negativní vliv na lesní porosty (výjimku tvoří bukové lesy). Škodit by mohly pouze výměšky mšic, jež by zůstávaly na listech a napomáhaly jejich napadení škodlivými houbami. K této situaci však nedochází, neboť právě sladké výměšky mšic jsou mravenci schraňovány (Zacharov 1984). V případě, že mšice produkují větší množství medovice než jsou schopni mravenci spotřebovat, stává se medovice potravou včel. Zprostředkovaně tak mají lesní mravenci vliv na zvýšení produkce lesního medu, lepší zdravotní stav a rozvoj včelstva, vyšší produkci semen a bobulí (Bezděčka 1982b).

2.4. Hnízda lesních mravenců

2.4.1. Hnízda mravenců *Formica polyctena* a jejich význam

F. polyctena budují známá plochá až homolovitá hnízda. Hnízdo lesních mravenců se skládá z nadzemní a podzemní části (Hruška 1980). Zatímco podzemní část lze považovat za vlastní hnízdo, vrchní kupa je pouze nadstavbou nad vlastním hnízdem (Bezděčka 1982b). Hnízdní kupa lesních mravenců je svým tvarem přizpůsobena podmínkám stanoviště a dostupnému stavebnímu materiálu. Hnízda jsou stavěna na pařezu či hromádce klestu (Starý 1987). Hnízda vystavěná na pařezu jsou průměrně nižší než hnízda, která pařez v základu nemají. Přítomnost pařezu zvyšuje šanci nových hnízd na přežití. Hnízda vystavěná na roští dosahují průměrně větší výšky než hnízda bez roští (Daďourek 1998a). Možným vysvětlením je lepší termoregulační schopnost hnízd založených na pařezu a naopak horší termoregulace způsobená přítomností roští v hnízdní kupě. Podzemní část sahá obvykle do hloubky 1 až 1,5 m, ojediněle může zasahovat až do 4 m pod povrchem (Hruška 1980).

Hnízdo není jednoduché sestavení organického materiálu, charakteristickou strukturní stavbou mu mravenci dávají typickou tepelnou difusivitu (Brandt 1980). Materiál v hnízdě je neustále přenášán, což zabraňuje jeho plesnivění. Z vnitřních částí vynášejí mravenci na povrch jemný materiál včetně zeminy. Hrubé části (větvičky, úlomky), jež nemohou být mravenci přenášeny se shromažďují v nižších částech hnízdech a tvoří vnitřní kužel (Bezděčka 1984e), který je nejdůležitější částí hnízda. Díky zdejší vyrovnané teplotě dochází k úspěšnému vývoji plodu (Hruška 1980). Materiál vnošený z podzemní části hnízda používají mravenci ke stavbě hnízdního valu. Ten navazuje přímo na kupu, oproti okolnímu terénu je vyvýšený. Povrch valu bývá pokryt materiálem z něhož je vystavěna kupa. Od kupy ho lze rozeznat zejména díky odlišnému sklonu stěn.

Poslední částí hnízda je dvůr. Jeho povrch bývá zarovnaný, pokrytý jemným hlinitým materiálem (Daďourek 1998a). Pod hnízdním dvorem se nacházejí podzemní cesty i komůrky. Nad okolním terénem není vyvýšený, pozná se podle mírného propadání při jeho sešlapu (Daďourek 1997 – osobní sdělení).

2.4.2. Roční cyklus v mraveništi

Aktivita mravenčí populace je závislá na více faktorech, především na teplotě vzduchu. Během zimy jsou mravenci neaktivní. Jejich aktivita se obnovuje brzy na jaře když teplota vzduchu přesáhne 6 °C (Hruška 1980). Za slunečného počasí koncem března či začátkem dubna vylézají na povrch nejen dělnice, ale i královny. V tomto období začíná slunění. Při něm se dělnice tzv. teplonoši shromažďují na osluněné straně mraveniště a díky tmavému zbarvení rychle absorbují tepelnou energii. Po 10 až 21 minutách zalézají do hnízda. Zde odevzdají teplo svého těla a vrací se zpět na povrch. Rozdíl teplot těla při vstupu a výstupu z hnízda činí 10 až 15 °C. Zvýšená teplota uvnitř hnízda stimuluje zvýšení metabolických procesů a tím i zvyšování metabolického tepla produkovaného zejména dělnicemi. Ve vrchní části hnízda postupně vzniká tepelné jádro, vyznačující se sezónně vysokou a stabilní teplotou. Tato teplota je důležitým faktorem pro vývin plodu (Hruška 1980, Bezděčka 1984e). Dosáhne-li teplota v hnízdě 26 až 29 °C, začínají samice snášet zimní snůšku, tzv. zimní vajíčka (Hruška 1980). Z ní se líhnou okřídlení samci a samice. Po jejich vývinu kladou samičky až do září tzv. letní snůšku, z níž se vyvíjejí dělnice. Jarní aktivita mravenců je vysoká, neboť je třeba po zimě obnovit potravní cesty a eventuálně opravit poškozené hnízdo. Koncem dubna, nejčastěji v květnu nastává rojení pohlavních jedinců. Během léta mravenci ze všech sil shánějí potravu, staví hnízdo, starají se o potomstvo atd. Na konci tohoto období vrcholí příprava na zimu (Hruška 1990). Na podzim, kdy již termoregulační schopnost hnízda nedokáže zajistit vhodnou teplotu, stahují se mravenci do níže položených částí hnízda. V podzemních prostorách hnízd mravenců *Formica polyctena* teplota obvykle neklesá pod 5 °C (Bezděčka 1984e).

Hnízdo může zaniknout vymřením mravenčí populace nebo častěji jejím odchodem z hnízda. Opuštění hnízda nastává při silném působení negativních faktorů jako např. změna podmínek na stanovišti, mechanické narušení hnízda, vliv chemikálií, výskyt parazitů či výskyt konkurentů a s tím související nedostatek potravní nabídky, atp.

2.4.3. Obyvatelé hnízda

U lesních mravenců se vyskytují jedinci třech morfologicky odlišných kast: dělnice, samice a samci. Dělnice jsou ve skupině lesních mravenců jednoznačně nejpočetnější kastou. Jedná se o samičky se zakrnělým pohlavním ústrojím a

pozměněnou morfologií (Bezděčka 1984d). Vykonávají všechnu práci zajišťující správný chod hnízda. Mezi nejdůležitější funkce patří obstarávání potravy, stavba a obrana hnízda, péče o potomstvo i o samičky (Zacharov 1984, Bezděčka 1984d).

Stejně jako dělnice, nalézají se v hnízdech v průběhu celého roku oplodněné bezkřídlé samice. Jsou dvakrát větší a celkově robustnější než dělnice. Zbarvení je shodné s dělnicemi. Vzhledem k silné polygynii druhu *Formica polyctena* jich můžeme v jednom hnízdě nalézt sta až tisíce (Bezděčka 1984d). Mravenčí královny žijí podle Milese (2000) až 25 let, čímž se řadí mezi nejdéle žijící hmyz. Úkolem královen je kladení vajíček (Bezděčka 1984d).

Samci, vyskytující se stejně jako neoplozené samičky v hnízdech po krátkou dobu, se odlišují od samiček a dělnic morfologicky i geneticky, jsou haploidní (Zacharov 1984). Křídla si zachovávají po celý život. Jejich jediným úkolem je oplodnění samiček, které se děje při svatebním letu (Bezděčka 1984d).

Pohlavní jedinci obojího pohlaví se vyvíjejí ze zimní snůšky (Hruška 1990). Pohlavní snůšku ovlivňuje zejména teplota uvnitř hnízda v době kladení vajíček (Hruška 1999). V případě, že teplota v této době nepřesáhne 20°C, klade samička neoplozená vajíčka (Hruška 1990). Z neoplozených (haploidních) vajíček se líhnou samci, z vajíček diploidních samice (Zacharov 1984). Bezděčka (1984d) a Daďourek (1998a) považují výskyt mladých jedinců obou pohlaví za spíše ojedinělý. Naopak Horáček (2000) zaznamenal při svých výzkumech současný výskyt samčích i samičích pohlavních jedinců v jednom hnízdě více než ve 20 % hnízd.

Z vajíček vylíhlé larvy se po několika týdnech zakuklí. Vylíhlá imága (tzv. křídlatci) se od ostatních jedinců v hnízdě odlišují přítomností křídel. V květnu či červnu vylétávají křídlatci hromadně z hnízda a účastní se tzv. rojení. Při něm se setkávají samičky a samečci z mnoha hnízd vyskytujících se v dané oblasti. Každá samička se páří s několika samečky (Bezděčka 1982b). Po spáření samci brzy hynou, samice zakládají nové hnízdo nebo jsou adoptovány hnízdem svého druhu.

Největší šanci na přežití mají samičky jež jsou adoptovány do hnízd svého druhu. Ostatní se snaží založit hnízdo buď vlastními silami či za pomoci mravenců jiného druhu, nejčastěji náležejících k podrodu *Serviformica* (Bezděčka 1982b, Zacharov 1984). V prvním případě samička na vhodném místě zhotoví komůrku, do níž naklade vajíčka. Výživou vylíhlých larev se stávají další vajíčka, jež samička za tímto účelem snáší. Protože zatím neexistují dělnice, jež by samičce přinášely potravu,

získává samička energii požíváním vlastních vajíček a metabolizováním hrudního svalstva. Jen zlomku procenta samic se podaří tímto způsobem založit hnízdo. Navíc velká část takto založených hnízd nepřežije první zimu (Zacharov 1984). V druhém případě samička vyhledá hnízdo mravence *Formica fusca* a násilím do něho vnikne. Usmrtí královnu a zaujme její místo. Zanedlouho začne snášet vajíčka, o něž se dělnice *F. fusca* starají jako o vlastní (Bezděčka 1982b). Zacharov (1984) nazývá tento způsob zakládání hnízd sociálním parazitismem.

Lesní mravenci se mohou šířit nejen výše popsánymi způsoby, nýbrž také oddělováním dceřinných hnízd. Všichni jedinci v hnízdě vytváří rodinný roj (Zacharov 1984). Vysoká početnost mravenců v hnízdě (u druhu *Formica polyctena* až 3 miliony) si vynutila vznik dílčích rojů (Zacharov 1984, Bezděčka 1984d). Každý dílčí roj má vlastní samice, plod, dělnice, prostor v hnízdě i potravní teritorium s přiléhající potravní cestou. Počet mravenců v jednom roji je 100 000 až 200 000. Vzroste-li počet jedinců nad tuto hranici, dochází k jeho rozdělení (vzniku nového roje), neboť při této početnosti selhává kooperace jednotlivých mravenců. V jednom hnízdě může existovat max. 12 dílčích rojů. Nově vzniklý dílčí roj může zůstat v hnízdě nebo si utvořit hnízdo vlastní. Nové hnízdo nazýváme hnízdem dceřinným, staré hnízdem mateřským. Seskupení mateřského a dceřinných hnízd je kolonie. K tomuto tzv. štěpení mateřského hnízda může dojít i po jeho závažném narušení např. divokými prasaty (Zacharov 1984). Dceřinná (nesamostatná) hnízda jsou nižší než hnízda mateřská a mají větší pravděpodobnost úhynu a (Dařourek 1998a).

2.4.4. Teplota v hnízdech

Hnízdní kupa slouží k udržování optimální teploty a vlhkosti potřebné pro vývoj plodu (Bezděčka 1982b), průměrná roční teplota hnízda je značně vyšší než průměrná roční teplota půdy a travního patra (Gallé 1972). Nejdůležitější částí kupy je proto vrchní část vnitřního kužele, kde vzniká tepelné jádro. Do něho samičky snášejí vajíčka. Teplota tepelného jádra se pohybuje mezi 26 až 29 °C (Hruška 1980). Lze očekávat pozitivní korelaci mezi produkcí křídlatců a vysokou jarní teplotou v hnízdech, jež může signalizovat fitness kolonie (Rosengren et al. 1987).

Teplota v hnízdech závisí na klimatických podmínkách (solární radiace, vítr, teplota a vlhkost vzduchu a půdy), hustotě populace, velikosti hnízda, zavlhčení hnízda (Frouz 2000b). Hlavní zdroj tepla v hnízdech lesních mravenců není zcela objasněn a to

i přesto, že na toto téma proběhlo mnoho výzkumů. Za hlavní zdroj tepla jsou nejčastěji označovány: (1) sluneční záření, (2) teplo absorbované mravenci na povrchu, (3) metabolické teplo mravenců, (4) teplo vznikající rozkladem organického materiálu. Coenen-Staß et al. (1980) se domnívá, že zejména v jarním období se jedná o kombinaci výše uvedených faktorů.

(1) Sluneční záření

Sluneční záření je podle mnohých autorů základním faktorem zvyšujícím teplotu v hnízdě (viz. např. Hruška 1980, Bezděčka 1984e). Podle Frouze (2000b) může sluneční záření (insoliační teorie) hrát hlavní roli v termoregulaci hnízda nikoliv přímým zvyšováním teploty, nýbrž udržováním sucha. Rosengren et al. (1987) však nepřipisuje slunečnímu záření příliš významný vliv na zvyšování teploty uvnitř hnízda. Při svých výzkumech prokázal vzrůst vnitřní teploty i v případech poklesu venkovní teploty. Hnízdo akumuluje sluneční energii a kupa složená z rostlinného materiálu svými izolačními vlastnostmi chrání vnitřní prostor ve dne před přehřátím a v noci před prochlazením (Frouz 2000a). Hnízda na stinných stanovištích jsou větších rozměrů a homolovitého tvaru. Hnízdo homolovitého tvaru zachytí mnohem více ranního a odpoledního záření, než ploché hnízdo. Hnízda na otevřených stanovištích jsou nízká, plochá a celkově dosahují nižších rozměrů. K efektivnímu využití slunečního záření mívají hnízda lesních mravenců většinou jižní až východní expozici (Hruška 1980, Bezděčka 1984e). Souhrnně lze říci, že tvarem hnízdní kupy mravenci regulují množství přijímané sluneční energie (Hruška 1980). Důležitost insoliace se mění v závislosti na druhu mravenců, věku, objemu a velikosti populace v hnízdě a na typu stanoviště. Pokud jsou hnízda promrzlá do 10 cm hloubky, vzniká v kupě tzv. iglů efekt. Led zabraňuje ztrátám teploty, ale i průniku tepla dovnitř. Teplota může stoupat i v zamrzlých hnízdech a proto se zdá Rosengrenovi insoliační teorie nedostačující (Rosengren et al. 1987).

(2) Teplo absorbované mravenci na povrchu

Kromě přímé absorpce slunečního záření hnízdní kupou může být dosaženo zvýšení teploty v hnízdě také tzv. sluněním (Bezděčka 1984e). Díky vysokému obsahu vody ve svých tělech, a tedy vysoké tepelné kapacitě, mohou mravenci zvyšovat teplotu v hnízdě absorpcí tepla slunečního záření a jeho předáváním v hnízdě (Frouz, 2000b). Hruška (1980) popisuje slunění mravenců (tj. děj, kdy dělnice brzy na jaře vylézají na

povrch kupy, nechávají se nahřát sluncem a poté se vracejí do nitra kupy, kde předávají teplo mraveništi) jako funkci spouštění metabolické aktivity mravenců. Slunění dělnic je častější na hnízdech, jejichž okolí zůstává chladné dlouho po probuzení mravenců (Rosengren et al., 1987).

(3) Metabolické teplo produkované mravenci

Teplo produkované mravenci obývajícím jedno hnízdo činí přibližně 2 – 8 W (Frouz 2000b). Metabolismus mravenců může být signifikantním tepelným zdrojem pouze když se shromažďují na jednom místě (Coenen-Staß et al. 1980).

(4) Teplo vznikající rozkladem organického materiálu

Mezi teplotou a vlhkostí hnízdní kupy existuje úzký vztah. Vyšší tepelné ztráty vlhkých hnízd jsou kompenzovány teplem produkovaným mikroorganismy žijícími v hnízdě (Frouz 2000b). Vnitřní teplota těchto hnízd je vyšší než teplota povrchová (Frouz 2000a). Teplo uvolňované při mikrobiálním rozkladu činí přibližně 60 W. Mikrobiální metabolismus je z velké části aerobní, proto musí být vnitřek hnízda dostatečně zásobený kyslíkem V zimě, když mravenci zalezou do podzemních částí a kupa sesedne, poklesne i populace mikrobiální flóry. Navíc je metabolická aktivita snížena nižší teplotou uvnitř hnízda v tomto období. Na jaře stavební aktivita mravenců roste, části čerstvých rostlin jsou přimíchávány do starého hnízdního materiálu a mikrobiální metabolismus roste (Coenen-Staß et al. 1980). S touto myšlenkou však nesouhlasí Rosengren et al. (1987), který vyzoroval vzrůst teploty v hnízdních kupách ještě před roztátím sněhu, tedy v době, kdy nebyl do hnízda zabudován čerstvý materiál a mikrobiální metabolismus nemohl být iniciován vyšší teplotou vně hnízda. Inicivace mikrobiální produkce tepla zvýšenou teplotou v hnízdě ale může být uskutečněna i metabolickou aktivitou mravenců nebo jejich sluněním. Vliv na mikroflóru hnízda má také množství humusu, poměr uhlíku a dusíku, množství živin, stupeň pH. Všechny tyto faktory mohou mravenci svou činností ovlivňovat (Millar 1974 In: Frouz 2000b, Hruška 1980).

2.4.5. Zavlhčení hnízda

Zdrojů vody v hnízdech lesních mravenců může být několik. Patří mezi ně kondenzace páry, déšť, mlha a metabolická voda mravenců. Zdroje vlhkosti vzrůstají úměrně s objemem hnízda (Frouz 2000b). Vyšší obsah vody v mravenčích hnízdech

způsobuje vyšší tepelnou konduktivitu hnízdního materiálu a tedy nižší izolační schopnost hnízd (Frouz 1996). Stejný přídavek tepelné energie způsobí přibližně čtyřicetkrát nižší přírůstek průměrné teploty ve vlhkých hnízdech než v hnízdech suchých. Množství vody v hnízdech koreluje s objemem hnízda a stupněm zastínění. Lesní mravenci *Formica polyctena* si nově zakládaná hnízda nestaví na tmavých, zastíněných lokalitách, ale na slunných místech, kde mohou být hnízda snadno vysušena (Frouz 2000b). Mladá (malá) hnízda o objemu pár litrů bývají vysušována slunečním zářením, díky němuž si udržují dobrou izolační schopnost hnízdního materiálu (Frouz 1996). Frouz (2000b) považuje za vlhká hnízda s vlhkostí vyšší než 35 %, hnízda s vlhkostí 10-20 % považuje za suchá. Povrchová teplota suchých hnízd se svým průběhem velmi blíží teplotním poměrům jiných podobných přírodních povrchů, řídí se zejména ohříváním sluneční radiací během dne a pozvolným ochlazováním v noci. Suchá hnízda mají povrchovou teplotu, jež je způsobena vyzařováním tepelné energie do okolí, průměrně o 4 °C vyšší než hnízda vlhká (Frouz 2000a, 2000b). Zastoupení vlhkosti v hnízdech se liší u hnízd obydlených a neobydlených. V obydlených hnízdech se nachází vyšší obsah vody v části pod vrcholem s vyšší a konstantní teplotou. Obsah vody v obydlených hnízdech v hloubce 15 cm pod vrcholem se pohybuje od 4 do 60 %, průměrně 23 ± 16 %. Vlhkost v neobydlených hnízdech stoupá rovnoměrně od vrcholu ke spodní části (Frouz 1996). Zachování stabilní vlhkosti po dobu hnízdní aktivity dokazuje, že hnízdní vlhkost může být mravenci kontrolována (Frouz 1996). Termoregulace suchých hnízd je založena na metabolické aktivitě mravenců, izolační schopnosti hnízdního materiálu a slunečním záření. Tento způsob termoregulace je u mravenců *Formica polyctena* častější. Termoregulace vlhkých hnízd je založená na mravenčí a mikrobiální tepelné metabolické produkci (Frouz 2000b). Hnízda užívající mikrobiální teplo mají nižší průměrnou teplotu. Ke kompenzaci špatných izolačních vlastností vlhkého hnízdního materiálu stavějí mravenci hnízda rozlehlejší, navíc s rostoucí vlhkostí roste mikrobiální produkce tepla. Ztráty vody mohou být negativně ovlivněny snížením povrchu (Frouz 2000b). Vlhkost hnízdního materiálu je vyšší během periody mravenčí aktivity (Frouz 1996). Vlhkost v hnízdech může také kladně působit na rozvoj parazitických plísní, jež mohou zapříčinit zánik hnízda (Gosswald 1989a In: Daďourek 1998a).

2.4.6. Denní cyklus teploty v hnízdech

Teplota v hnízdech je prokazatelně vyšší než teplota vzduchu a půdy. Ve srovnání s okolním prostředím je fluktuace teploty (stanovená jako minimální a maximální naměřená teplota) nejvyšší ve vzduchu, nejnižší v půdě. Průměrná teplota i teplotní fluktuace jsou nejvyšší v hloubce 5 až 30 cm od vrcholu kupy. Znatelně teplota v hnízdech klesá brzy ráno. Tento pokles je spojen s hromadným odchodem mravenců z hnízda. Během dne teplota vzrůstá. Nejvyšší teploty dosahuje mraveniště v odpoledních či časně večerních hodinách, kdy se většina mravenců vrací do hnízda. Mírně teplota klesá v noci ($22^{30} - 4^{30}$), kdy mravenci udržují teplotu pouze vlastními zdroji. Noční pokles teploty je silnější ve svrchních než ve spodních částech hnízda. Druh *Formica polyctena* se vyznačuje vysokou variabilitou v denním teplotním režimu (Frouz 2000b).

Mezi meteorologickými podmínkami a nočními nebo denními teplotami hnízd nebyla prokázána žádná závislost. Hnízda se silným nárůstem teploty v průběhu noci bývají rozlehlá, vlhká, více zastíněná a mívají nižší průměrnou teplotu. U suchých hnízd je během dne nejteplejším místem strana přivrácená ke slunci, během noci pak povrch hnízda postupně vychládá a teplota celého povrchu se vyrovnává. V časných ranních hodinách, kdy je teplota nejnižší, dochází k většímu poklesu na straně přes den osluněné. Tato strana je orientovaná do otevřeného prostranství a proto je méně chráněna před vyzařováním tepla než strana otočená k překážce např. k lesu (Frouz 2000b).

2.4.7. Sezónní změny v teplotě hnízd

Akumulace teploty v hnízdech je vyšší než v půdě či vzduchu. Tento rozdíl je nejznatelnější v jarním období, kdy teplota v hnízdě rychle vzrůstá (Gallé 1972). Rychlý nárůst na jaře a pomalý sestup na podzim dobře odpovídá aktivní fázi mravenců (Coenen-Staß et al. 1980).

Vertikální tok tepla je nerovnoměrný, což je způsobeno nehomogeností hnízda. Hnízdni materiál se mění postupně. Organický materiál je mixován s postupně vzrůstajícím množstvím písku. Tok tepla není pouze vertikální. Tato skutečnost je posílena nestejnou radiací na povrchu hnízda. Vysoká tepelná difusivita hnízdního materiálu způsobuje pouze krátkodobé zadržení tepla uvnitř hnízda. Vysoká tlumící

hloubka hnízda způsobuje široké denní fluktuace teploty a zaručuje konstantní termální difusi a široké teplotní fluktuace během roku (Brandt 1980).

3. POPIS LOKALITY

V průběhu první etapy Akce Formica byla lokalita Rodlen zařazena mezi silné matečné komplexy. Lokalita je evidována pod názvem Stráně a číslem 44 (viz Hruška: „Seznam matečných komplexů mravenišť a způsob jejich ochrany“ In: Daďourek 1998a). Název Rodlen používám vzhledem k místním názvům a k názvu zvláště chráněného území nacházejícího se na dané lokalitě. Ze stejného důvodu tento název při svém výzkumu používal i Mgr. Milan Daďourek (1998).

3.1. Geografická charakteristika území

Lokalita se nachází mezi obcemi Lechovice a Vlčice asi 2 km západoseverozápadně od obce Loštice. Administrativně spadá pod katastrální území obce Lechovice (Vágnerová et al. 1997 In: Daďourek 1998a), okres Šumperk, kraj Olomoucký.

Lokalita se nachází v Bouzovské vrchovině, jež je společně s Drozdovskou a Mírovskou vrchovinou součástí Zábřežské vrchoviny (Demek et al. 1965). Jedná se o členitou vrchovinu složenou z devonských a spodnokarbonských usazenin s ostrůvky kladeckých fylitů a neogenních sedimentů. Vyskytují se zde převážně oligobazické půdy z přemístěných zvětralin (Demek 1971).

Na lokalitě se nevyskytuje žádný vodní tok. Celá oblast spadá do povodí Třebůvky (Kartografie Praha 1999: Olomoucko – turistická mapa 1: 50 000).

Lokalita se nachází v mírně teplé klimatické oblasti (Quitt 1975). Na lokalitě Rodlen ani v její bezprostřední blízkosti se nenachází žádná meteorologická stanice. Průměrná denní teplota vzduchu (měřena na stanici Šumperk) za období let 1901 – 1950 odpovídá 7,7 °C. Průměrný úhrn srážek (měřeno na stanici Zábřeh) za období 1901 – 1950 činil 696 mm (Vesecký et al. 1961).

3.2. Biologická charakteristika území

Podrobný botanický a zoologický průzkum lokality nebyl proveden (Vágnerová et al. In: Daďourek 1998a). Daďourek (1998a) ze svých pozorování v letech 1995 až 1997 usuzuje na téměř bezvýznamný vliv hlodavců, kuny, srnčí zvěře i divokých prasat

na mravenišťe lesních mravenců. Velmi výrazné poškozování hnízd podle něj způsobují datlovití ptáci, jejichž vliv je zřetelný ještě v pozdním létě.

Na lokalitě byla zjištěna přítomnost mravence *Formica sanguinea*. Výskyt jiných zvláště chráněných bezobratlých živočichů na lokalitě Rodlen je nepravděpodobný vzhledem k charakteru lesa a velkému predáčnickému tlaku mravenců. Z dalších druhů mravenců, kteří by mohli lesním mravencům konkurovat, byli na lokalitě zjištěny druhy mravenců, *Camponotus ligniperda*, a *C. herculeanus* a to především v jejím východním okraji (Daďourek 1998a).

3.3. Lesní porosty

Většina lokality je porostlá lesními porosty ve věku osmdesáti až devadesáti let. Pouze v severní části se střídají porosty v mýtním věku s porosty jedno až dvacetiletými a porosty dvacetiletými až čtyřicetiletými (viz. příloha 1). V porostech převažují jehličnany s převahou smrku ztepilého (*Picea abies*), s příměsí borovice lesní (*Pinus silvestris*), modřínu opadavého (*Larix decidua*), jedle bělokoré (*Abies alba*) a dubu zimního (*Quercus petraea*). Méně jsou zastoupeny porosty složené z dubu zimního, smrku ztepilého, borovice lesní, habru obecného (*Carpinus betulus*), lípy srdčité (*Tilia cordata*), jedle bělokoré a modřínu opadavého v různém poměru smíšení. Stanovištně se jedná o kyselé, svěží a hlinité dubové bučiny (Daďourek, Havlíček 1999).

3.4. Přírodní památka Rodlen

Přírodní památka Rodlen byla vyhlášena nařízením okresního úřadu Šumperk č. 25/1999 ze dne 12. 3. 1999 (Daďourek, Havlíček 1999). Toto nařízení nabylo účinnosti 1. 4. 1999 (Nařízení Okresního úřadu Šumperk č. 25/1999 o vyhlášení přírodní památky Rodlen). Nařízení o vyhlášení přírodní památky Rodlen, včetně mapových podkladů, je uloženo na Okresním úřadě Šumperk, dále na obci Pavlov a na Agentuře ochrany přírody a krajiny ČR v Praze a na jejím středisku v Olomouci.

Přírodní památka se nachází v okrese Šumperk, v katastrálním území obce Lechovice, na parcelách č. 354/1 a 354/2. Její celková výměra činí 34,74 ha (Daďourek, Havlíček 1999). Ochranné pásmo se rozkládá na výměře 34,13 ha. I přesto, že území není chráněno v kategorii národní přírodní památka, byl pro něho zpracován plán péče.

Hlavním cílem ochrany je zachování mimořádně rozsáhlého a vitálního komplexu hnízd mravence *Formica polyctena* a vytvoření podmínek k jeho dalšímu šíření a plnění ekologických funkcí (Daďourek, Havlíček 1999).

Při inventarizaci v srpnu 1995 bylo na území přírodní památky Rodlen nalezeno přibližně 800 hnízd, z toho 678 hnízd bylo přeměřeno. Z výsledků inventarizace vyplývají následující údaje:

Odhad objemu průměrného hnízda	200 až 250 l
Hrubá hustota průměrných hnízd na 1 ha	cca 17
Čistá hustota průměrných hnízd na 1 ha	23 až 25
Čistý objem hnízdního materiálu na 1 ha	5.300 až 6.000 l
Struktura hnízd: počet hnízd s vyvinutým valem	168
počet hnízd s průměrem nad 90 cm	172
počet hnízd s průměrem nad 120 cm	64

Výše uvedené hodnoty vypovídají o malé průměrné velikosti hnízda. Hustota stabilních hnízd (s průměrem nad 90 cm) se pohybuje mezi 4 až 5 hnízdy na ha, což je dostatečný počet. Vysoký čistý objem hnízdního materiálu (tj. objem hnízd na jednotku plochy osídlené mravenci) společně s vysokou hustotou hnízd ukazují na nadměrný růst populace. Okolní prostředí však již mravencům neumožňuje další šíření, čímž dochází k přehušťování a následné silící potravní kompetici (Daďourek, Havlíček 1999).

Z celkového počtu hnízd mělo v letech 1995 – 1997 zarostlou nejméně 1/5 povrchu kupy 30 % hnízd. Zarůstání v jednotlivých letech se lišilo (Daďourek 1998a). Na lokalitě Rodlen jsem na hnízdních kupách a v jejich bezprostředním okolí zjistil následující druhy rostlin: bika hajní (*Luzula nemorosa*), brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), dub letní (*Quercus robur*), habr obecný (*Carpinus betulus*), jeřáb ptačí (*Sorbus aucuparia*), kerblík lesní (*Anthriscus silvestris*), kopřiva dvoudomá (*Urtica dioica*), ostružina (*Rubus ssp.*), netýkavka malokvětá (*Impatiens parviflora*), ptačinec velkokvětý (*Stellaria holostea*), silenka níčí (*Silene nutans*), smrk ztepilý (*Picea abies*), strdivka níčí (*Melica nutans*), svízel přítula (*Galium aparine*), svízel syřišťový (*Galium verum*), vlaštovičník větší (*Chelidonium majus*).

V jehličnatých porostech se na lokalitě Rodlen nachází 74 % hnízd, 26 % hnízd se vyskytuje v porostech smíšených nebo listnatých. Většina hnízd se nachází uvnitř porostů. U samostatných hnízd byla výška a průměr kupy nejvíce ovlivňovány

zastíněním hnízda. Mladá hnízda se od starších liší nejen rozměrově. Častěji se vyskytují na mýtinách a jejich okrajích. Nejčastěji se vyskytují v nejmladších porostech (Daďourek 1998a).

3.5. Ohrožení hnízd

Zásadním antropogenním vlivem jež mohl v minulosti na zdejší populaci působit byla přeměna druhové skladby a způsob hospodaření v lese, zejména těžební zásahy. V důsledku nedávné obnovy řady porostů došlo ke koncentraci hnízd v porostních skupinách často předmýtního i mýtního věku, jejímž důsledkem je fragmentace populace mladým porostem. „Lidské aktivity způsobily nerovnoměrný a nepřírozený vývoj populace mravenců *F. polycтена*, omezily její pozitivní působení na les a položily základ potenciálním fluktuacím populace, které by vedly k dalšímu potlačení jejich přirozených funkcí v ekosystému“ (Daďourek, Havlíček 1999).

Ani v současnosti není situace na lokalitě bezproblémová. Prováděný holosečný způsob obnovy vytváří bariéry zamezující vzájemné komunikaci hnízd, hnízda se koncentrují u porostních stěn. Tím jsou mravenci zatlačováni do zbytků starších porostů, odkud se nejsou schopni přes pruhy mlazin šířit zpět. Díky nahodilým těžbám, způsobeným kůrovcovou kalamitou v letech 1994 – 1997, vzniklo v zapojeném porostu jižní části lokality několik mýtin poskytujících mravencům možnost dalšího šíření (Daďourek 1998a). Při těžebních pracích dochází k mechanickému narušení hnízd (Daďourek, Havlíček 1999). Negativně působí také biotičtí činitelé, především žluna (Daďourek 1997). Nepříznivě na kvalitu hnízd působí i jejich zakládání na hromadách, po těžbě neodstraněného, klestu. Velmi nepříznivý dopad by měly velkoplošné těžební zásahy bez souběžně prováděných záchranných opatření (Daďourek, Havlíček 1999).

V současné době se místní populace mravenců *Formica polycтена* nachází v stadiu bez výrazně se projevujících negativních tendencí populační dynamiky, avšak se sílí tendencí k nestabilitě (Daďourek, Havlíček 1999). Důsledná cílená péče by mohla napomoci stabilizaci populace na lokalitě a jejímu dalšímu šíření. K zmírnění vnitrodruhové konkurence by bylo vhodné použít některých metod umělého šíření hnízd. V případě, že nebude zdejší populaci věnována náležitá péče, bude pravděpodobně docházet k střídavému rozpadu a slučování hnízd a ke kolísání abundance. Potenciál populace bude vyčerpáván přizpůsobováním se měnícím se podmínkám a intraspecifickou konkurencí. Z hlediska ochrany lesa bude význam zdejší

populace značně snižený. V rámci regulačních a asanačních zásahů plánu péče pro období let 2000 až 2009 jsou proto navržena následující opatření: periodické inventarizace (po 5-ti letech) a pravidelné kontroly, krytování vybraných hnízd na ochranu proti datlovitým ptákům a dalším živočichům, umělé šíření hnízd do okolních porostů v rámci biologické ochrany lesa a snižování potravní kompetice hnízd, záchranné práce v místech těžby, vytváření komunikačních prvků mezi porosty, údržba komunikačních prvků, uvolnění vybraných hnízd v mlazinách a na jejich okrajích, fixace některých hnízd na svazích, částečné vyvětvení některých stromů bezprostředně zastiňujících hnízda a odstraňování travinného, bylinného a keřového nárostu na hnízdech, kde může z jara omezovat jejich oslunění (Daďourek, Havlíček 1999).

4. METODIKA

Zarůstání hnízda vegetací závisí na vlastnostech stanoviště, zejména na dostatku půdní vláhy, osvitů a umístění hnízda. Nejvíce zarostlá bývají hnízda na pasekách a ostatních světlinách. Hnízda v hustých porostech do 50 let věku bývají nezarostlá díky nedostatku světla. Ten neumožňuje růst bylinného patra, navíc nedochází ani k intenzivní humifikaci a mineralizaci opadu (Horáček 2001). Na lokalitě Rodlen je prokazatelný vliv zarůstání na přežívání hnízd. V nižších třídách zarůstání existuje vysoká pravděpodobnost přežití, při větším zarůstání je již pravděpodobnost přežívání nízká (Daďourek 1998a). Zárůst hnízda silně ovlivňuje dopad slunečního záření na povrch kupy. U mravenišť se 100% zárůstem může celková ztráta záření dopadající na povrch kupy činit až 63 % (Horáček 2001). Zastínění hnízd vegetací prokazatelně snižuje teplotu uvnitř hnízd (Gallé 1972).

Na lokalitě Rodlen byly provedeny celkem čtyři inventarizace. První inventarizace byla zpracována současně s vůbec prvním prozkoumáním lokality v roce 1979 Bezděčkou. Druhou inventarizaci provedla Vágnerová v roce 1993. Třetí inventarizace byla zpracována Daďourkem v roce 1995. Poslední inventarizace probíhala v letech 1995-97 (Daďourek, 1996, 1998). V létě roku 2002 bude zhotovena nová inventarizace celé lokality Rodlen (Daďourek 2002 – osobní sdělení).

Vzhledem k tomu, že moje práce bude částečně navazovat na předešlé výzkumy Daďourka (1997, 1998), budu na lokalitě Rodlen používat stejné metodiky a stejných výsledků inventarizace jako výše uvedený autor.

Zmapována byla všechna nalezená hnízda s průměrem větším než 10 cm. Při poslední inventarizaci byla hnízda mapována metodou liniových transektů. Jako podklad byla použita upravená lesní porostová mapa.

4.1. Systém číslování hnízd

V roce 1995 obdrželo každé samostatné hnízdo jedno číslo. Nesamostatné dceřinné hnízdo bylo označeno číslem mateřského hnízda s připojením malého psacího písmene. V letech 1996 a 1997 byla nově nalezená hnízda doplňována do inventarizační mapy z roku 1995 následujícím způsobem: nově nalezené samostatné hnízdo dostalo číslo nejbližšího samostatného hnízda s připojením velkého tiskacího písmene před číslo hnízda. Pouze v některých případech byla nová hnízda označena samostatným

číslem. Tento způsob číslování hnízd je tradiční. Díky němu lze z číselného kódu mraveniště vyčíst i prostorovou blízkost a příbuznost (Daďourek 1998a). Jako nesamostatná dceřinná hnízda byla označena hnízda propojená silnými výměnnými cestami s hnízdy rozměrově výrazně většími. V případě nejasného hierarchického postavení bylo hnízdo považováno za samostatné (Daďourek 1998).

4.2. Stanovení základních charakteristik hnízd

Na lokalitě budou zinventarizována všechna hnízda zarůstající vegetací. Většina těchto hnízd se nachází na mýtinách, světlinách a v jejich okolí. Náhodným výběrem bude vybráno 10 pokusných a 10 kontrolních hnízd. U všech zkoumaných hnízd budou navíc zjišťovány následující charakteristiky:

Výška kupy – měří se od povrchu okolního terénu (Daďourek 1998a). V případě hnízd umístěných na svahu nebo hnízd s nepravidelným tvarem se při zjišťování výšky kupy měří vzdálenost dvou vodorovných rovin, z nichž jedna prochází středem základny a druhá vrcholem hnízda (Kůsová 2001). S výškou kupy vzrůstá pravděpodobnost přežívání. Výška kupy se liší u hnízd vyskytujících se v porostech jehličnatých a listnatých a v porostech tmavých a světlých. Výška kupy roste s věkem hnízda, rostoucím zastíněním a se zlepšováním stavu hnízda (Daďourek 1998a). Přesnost měření 5 cm.

Průměr kupy – měří se průměr základny v místech, kde se kupa dotýká terénu. Zemní val se do průměru kupy nezapočítává (Bezděčka 2000). Proměnlivost průměru kupy závisí u samostatných hnízd na věku hnízda, zastínění hnízda, stavu hnízda, umístění hnízda v porostu, přítomnosti pařezu a podílu listnáčů v sousedním porostu u hnízd na okraji porostu (Daďourek 1998a). Přesnost měření 5 cm.

Průměr hnízdního valu – měří se průměr v místech, kde se hnízdní val dotýká terénu a je vždy nejméně tak velký jako průměr hnízda (Daďourek 1998a). Přesnost měření 5 cm.

Aktivita dělnic – stanovuje se odhadem odchylky hustoty dělnic na povrchu kupy oproti průměru, který byl stanoven jako 100 %.(Daďourek 1998a) Přesnost odhadu je 20 %.

Poškození hnízda – odhad dělnicemi neosídleného objemu hnízda. Udává se v procentech a to pouze u hnízd neosídlených nejméně z 20 %.(Dad'ourek 1998a). Přesnost odhadu je 10 %.

Přítomnost roští – určuje zda hnízdo bylo vystavěno na roští (Dad'ourek 1998a).

Zarůstání podrostem – odhadem se stanovuje procento povrchu hnízda zarostlého hnízdem. Přesnost odhadu je 10 %.

Zastínění hnízda – procento udávající míru zastínění oblohy porostem z hlediska hnízda. Zjišťuje se odhadem. Základní hodnoty stanovil Bezděčka (1982b) takto: kupa uvnitř rozsáhlejší paseky – zastínění 30 %, kupa na hranici zapojeného porostu – zastínění 55 %, kupa na hranici průseku – zastínění 80 %, kupa v plně zapojené smrkové monokultuře – 100 % a kupa v mlazině 105 %. Na tmavších stanovištích se nacházejí hnízda větších rozměrů (Hruška, 1980, Horáček 2000). Dad'ourek (1998a) však na Rodlenu neshledal rozdíly v rozměrech hnízd nacházejících se uvnitř porostů s různou věkovou a druhovou skladbou.

Podrost – orientační kvalitativní určení skladby podrostu na hnízdě a v jeho těsném okolí.

4.3. Měření teploty v hnízdech

Teplota v hnízdní kupě se během aktivní sezóny mravenců pohybuje v rozmezí 25 – 30 °C (viz. např. Hruška 1980, Rosengren et al. 1987, Frouz 2000b). Lze jí měřit klasickými rtuťovými teploměry nebo použitím odporového čidla (Hruška 1982, Dad'ourek 1998b). Výhodou odporového čidla oproti klasickým rtuťovým teploměrům je vyšší rychlost ustálení teploty, nižší narušení hnízda, nízká mechanická, chemická a biologická narušitelnost sondy, při periodických měření možnost měření teploty vždy v jednom bodě a to bez nutnosti čekat na ustálení teploměru (Dad'ourek 1998b). Nespornou výhodou je i snadnější manipulace a nesrovnatelně nižší riziko kontaminace nejen mravenčích hnízd při poškození teploměru. Přístroj sestává ze dvou volně oddělitelných částí: tenké sondy, která zůstává trvale instalována v hnízdě, a vlastního měřícího přístroje (Dad'ourek 1998b).

4.4. Měření vlhkosti v hnízdech

Vlhkost v hnízdech způsobuje vyšší teplotní ztráty. Zároveň však umožňuje vyšší tepelnou produkci mikrobiálních organismů. Vlhkost hnízd může být jedním ze základních faktorů pro zarůstání a přežívání hnízd (Daďourek 1998a). Zavlhčení hnízdní kupy bude měřeno gravimetricky.

U všech pokusných hnízd bude proveden zásah spočívající v odstranění veškeré vegetace rostoucí na hnízdech a v jejich bezprostředním okolí. Zásah bude proveden v měsíci červnu, opakovaně pak v červenci, srpnu a září, tedy v době kdy již vegetace má možný vliv na teplotu a vlhkost v hnízdech. V časech 6, 12, 18 a 24 hodin bude po dobu 3 dnů před a 3 dnů po zásahu měřena teplota a vlhkost uvnitř hnízd. Teplota v hnízdech bude měřena pomocí odporového čidla. Měření teploty v době 72 hodin před a 72 hodin po zásahu by mělo vyloučit vliv denních výkyvů v počasí na teplotu v hnízdech.

5. POUŽITÁ LITERATURA

- Bezděčka, P., 1982a: Lesní mravenci skupiny *Formica rufa* v ČSSR. Zprávy Československé společnosti entomologické při ČSAV (Klíče k určování hmyzu 3), 4: 139 – 144.
- Bezděčka, P., 1982b: Biologie lesních mravenců a inventarizace jejich hnízd, Akce *Formica* – Metodická příručka č. 1. OV ČSOP, Prachatice.
- Bezděčka, P., 1984a: Lesní mravenci – Ochrana lesních mravenců. Lesnická práce, 60: 468-470.
- Bezděčka, P., 1984b: Lesní mravenci – Druhy lesních mravenců. Lesnická práce, 60: 426-428.
- Bezděčka, P., 1984c: Lesní mravenci – Význam lesních mravenců. Lesnická práce, 60: 178-180.
- Bezděčka, P., 1984d: Lesní mravenci – Biologie lesních mravenců. Lesnická práce, 60: 231-233.
- Bezděčka, P., 1984e: Lesní mravenci – Hnízda lesních mravenců. Lesnická práce, 60: 326-328.
- Bezděčka, P., 1999: Parazitické houby na mravencích rodu *Formica*. *Formica* – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 2: 71-75.
- Bezděčka, P., 2000: Naši mravenci rodu *Formica*. *Formica* – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 3: 19-24.
- Bezděčka, P., 2001a: Mravenčí hosté. *Formica* – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 4: 22-25.
- Bezděčka, P., 2001b: Mravenec *Formicoxenus nitidulus*, nájemních lesních mravenců. *Formica* – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců 4: 19-21.
- Brandt, D., CH., 1980: The thermal diffusivity of the organic material of a mound of *Formica polyctena* Foerst. In relation to the thermoregulation of the brood (Hymenoptera, Formicidae). *Netherlands Journal of Zoology*, 326-344.
- Briedoň, V., Karský, V., Petrovič, Š., Vesecký, A., 1961: Podnebí Československé socialistické republiky – tabulky. Hydrometeorologický ústav, Praha.
- Buchar, J., Ducháč, V., Hůrka, K., Lellák, J., 1985: Klíč k určování bezobratlých. Scientia, Praha.
- Coenen-Staß, D., Schaarschmidt, B., Lamprecht, Ingolf, L., 1980: Temperature distribution and calorimetric determination of heat production in the nest of the wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae). *Ecology* 61: 238-244.
- Culver, D.C., Beattie, A., 1983: Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. *Ecology* 64: 485-492.
- Černý, W., 1999: Ptáci. Aventinum, Praha.
- Daďourek, M., 1997: Inventarizace hnízd lesních mravenců (subg. *Formica* s str.) na vybraných lokalitách. Projekt PPŽP. Interní materiál AOPK ČR, nepublikováno.

- Daďourek, M., 1998a: Výzkum populační dynamiky mravence *Formica polyctena* na lokalitě Rodlen. Diplomová práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Katedra ekologie, Olomouc.
- Daďourek, M., 1998b: Měření vnitřních teplot kupovitých hnízd lesních mravenců – použití odporového čidla. *Formica – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*. 1: 65-66.
- Daďourek, M., Havlíček, J., 1999: Plán péče pro PP Rodlen na období 2000 – 2009. Nепublikováno, AOPK ČR, Olomouc.
- Daňo, J., 1998: Akce *Formica*. *Formica – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*, 1: 20-26.
- Demek, J. et al., 1971: Hory a nížiny - Zeměpisný lexikon ČSR. Academia, Praha.
- Demek, J. et al., 1965: Geomorfologie českých zemí. Nakladatelství ČSAV, Praha.
- Domes, Z., 1995: Lesnická politika I. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
- Driessen, G., J., J., Raalte, A., De Bruyn, G., J., 1984: Canibalism in the red wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera: formicidae). *Oecologia* 63: 13-22.
- Forst, P. et al. (1986): Ochrana lesov a přírodního prostredia. *Príroda*, Bratislava. In: Daďourek, M., 1998: Výzkum populační dynamiky mravence *Formica polyctena* na lokalitě Rodlen. Diplomová práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Katedra ekologie, Olomouc.
- Frouz, J., 1996: The role of nest moisture in thermoregulation of ant (*Formica polyctena*, Hymenoptera, Formicidae) nest. *Biologia*, 51: 541-547.
- Frouz, J., 2000b: The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nest of *Formica polyctena* wood ants. *Insectes Sociaux*, 47: 229-235.
- Frouz, J., Šubrt, R., Knobloch, P., 2000a: Jak si mravenci topí?. *Živa*, 48: 222-223.
- Gallé, L., 1972: Thermoregulation in the nest of *Formica pratensis* retz. (Hymenoptera: formicidae). *Acta Biologica*, 139-141.
- Gerard, D., Raalte, A., Bruyn, J., 19984: Cannibalism in the red wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera: formicidae). *Oecologia*, 63: 13-22.
- Gorb, E., Gorb, S., 2000b: Effects of seed aggregation on the removal rates of elaiosome-bearing *Chelidonium majus* and *Viola odourata* seeds carried by *Formica polyctena* ants. *Ecological Research* 15: 197-192.
- Gorb, E., Gorb, S., Punttila, P., 2000a: Effect of redispersal of seeds by ants on the vegetation pattern in a deciduous forest: A case study. *Acta Oecologica* 21: 293-301.
- Gorb, S., Gorb, E., Sindarovskaya, Y., 1997: Interaction between the non-myrmecochorous herb *Galium aparine* and the ant *Formica polyctena*. *Plant Ecology*, 131: 215-221.
- Gorb, S., Gorb, E., 1999: Dropping rates of elaiosome-bearing seeds during transport by ants (*Formica polyctena* Foerst.): Implications for distance dispersal. *Acta Oecologica* 20: 509-518.
- Green, W. P., Pettery, D. E., Switzer, R. E., 1998: Formicarious pedons, the initial effect of mound-building ants on soils. *Soil Survey Horizons*, 39: 31-60.

- Haemig, P., 1996: Interference from ants alters foraging ecology of great tits. *Behav Ecol Sociobiol* 38: 25-29.
- Hölldobler, B., Wilson, O., 1995: *Cesta k mravencům*. Academia, Praha
- Horáček, J., 2000: Výskyt a ekologie mravence *Formica polyctena* Foerst. na lokalitě Černá hora v Krkonoších. Diplomová práce, Lesnická a dřevařská fakulta, Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno.
- Hruška, J., 1980: Lesní mravenci. Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody, Ústí nad Labem.
- Hruška, J., 1982: Ochrana a racionální využití mravenců rodu *Formica*. OV ČSOP, Prachatice.
- Hruška, J., 1990: Program *Formica*. In: Rolčík J.,: Program *Formica*. Sekretariát MV ČSOP, Praha, 2 – 10.
- Hruška, J., 1992: Mravenci rodu *Formica*. In: Ochrana živočichů v ČR. ČSOP, ČÚOP, 21-29.
- Hruška, J., 1999: Vliv povětrnostních podmínek na pohlavní snůšky a prosperitu rojů mravenců *Formica polyctena* Först. a *Formica lugubris* Zett. *Formica – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*, 2: 27-34.
- Karhu, K.J., Neuvonen, S., 1998: Wood ants and a geometrid defoliator of birch: predation outweighs beneficial effects through the host plant. *Oecologia* 113: 509-516.
- Kristiansen S. M., Amelung W., 2001: Abandoned anthills of *Formica polyctena* and soil heterogeneity in a temperate deciduous forest: morphology and organic matter composition. *European Journal of Soil Science*, 52: 355–363.
- Kůsová, P., 2001: Doplněk k evidenci hnízd lesních mravenců. *Formica – Zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*, 4: 12-13.
- Mabelis, A., 1984: Aggression in Wood Ants (*Formica polyctena* Foerst., Hymenoptera, Formicidae). *Aggressive behavior*, 10: 47-53.
- Míchal, I. et al., 1992: *Obnova ekologické stability lesů*. Academia, Praha.
- Miles, P., 2000: Lesní mravenci, ohrožení pomocníci lesa. *Formica - zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*, 6 – 17.
- Miles, P., 2001: Mravenci a ptáci. *Formica - zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců*, 14 – 16.
- Millar, C. S., 1974: Decomposition of coniferous leaf litter. In: *Biology of Plant Litter Decomposition* (C. H. Dickinson and G. J. Pugh, Eds.). Academic Press, London, 105-128. In: Frouz, J., 2000b: The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nest of *Formica polyctena* wood ants. *Insectes Sociaux*, 47: 229-235.
- Moldan, B. et al. (1990): *Životní prostředí České republiky, Vývoj a stav do konce roku 1989*. Academia, Praha.
- Nařízení Okresního úřadu Šumperk č. 25/1999 o vyhlášení přírodní památky Rodlen.
- Kartografie Praha, 1999: Olomoucko – turistická mapa. Kartografie Praha a. s.
- Pecina, P., 1983: *Kapesní atlas chráněných a ohrožených živočichů*, 1. díl. SPN, Praha.

- Pešout, P., 2001: Spolupráce Českého svazu ochránců přírody a Lesů ČR s. p. , Ochrana přírody, 56: 264-267.
- Quitt, E., 1975: Klimatické oblasti ČSR. 1:500 000. Geodetický ústav ČSAV Brno.
- Reichholf, J., 1999: Les, ekologie středoevropských lesů. Euromedia Group, Knižní klub a Ikar Praha, Praha.
- Reichholf-Riehmová, H., 1997: Hmyz a pavoukovci. Knižní klub ve spolupráci s nakladatelstvím Ikar, Praha.
- Rosengren, R., Fortelius, W., Lindström, K., Luther, A., 1987: Phenology and causation of nest heating and thermoregulation in red wood ants of the *Formica rufa* group studied in coniferous forest habitats in southern Finland. *Ann. Zool. Fennici*, 24: 147-155.
- Sadil, J., 1955: Naši mravenci, Orbis, Praha.
- Sauer, F., 1995: Ptáci lesů, luk a polí. Ikar ve spolupráci s Knižním klubem, Praha.
- Starý, B., 1987: Užitečný hmyz v ochraně lesa. Státní zemědělské nakladatelství v Praze, Praha.
- Stolina, M., 1982: Stabilita lesných ekosystémov v modernej ochrane lesa. *Priroda*, Zvolen. In: Míchat I. et al., 1992: Obnova ekologické stability lesů. Academia, Praha.
- Šimek, P., 1989: Lesy a ochrana přírody ve vývoji naší krajiny a společnosti 20. století. In: *Lesy, lesní hospodářství a ochrana přírody*, Olomouc, 57 – 68.
- Švestka M., Hochmut R., Jančařík V., 1990: Nové metody v ochraně lesa. SZN, Praha.
- Švestka, M., 1992: Ochrana lesa. Příloha časopisu *Lesnická práce*, 12.
- Véle, A., 1999: Obsah těžkých kovů v tělech mravenců podrodu *Formica*. Seminární práce. Gymnázium Ivana Olbrachta v Semilech – nepublikováno.
- Vyhláška č. 395/1992 Sb. kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.
- Vysoký, V., Šutera, V., 2001: Mravenci severozápadních Čech (Hymenoptera: Formicidae). *Albis international*, Ústí nad Labem.
- Werner, P., 1980: Klíč k určování lesních mravenců rodu *Formica*. In: Hruška J.: *Lesní mravenci*. KSSPPOP, Ústí nad Labem, 25 – 30.
- Ylä-Mononen, L., Salminen, P., Wuorenrinne, H., Tulisalo, E., Nuorteva, P., 1989: Levels of Fe, Al, Zn and Cd in *Formica aquilonia*, *F. polyctena* and *Myrmica ruginodis* (Hymenoptera, Formicidae) collected in the vicinity of spruces showing different degrees of needle-loss. *Annales Entomologici Fennici*, 55: 57-61.
- Zahradník, J., 1993: Hmyz ve službách člověka. Artia, Granit, Praha.
- Zacharov, A., A., 1984: Sociální struktury mravenišť. OV ČSOP, Prachatice.

PŘÍLOHA 1

