

Adam Véle, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého Olomouc; Jaroslav Holuša, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., pracoviště Frýdek-Místek

## SOUČASNÉ POZNÁNÍ BIOLOGIE A EKOLOGIE LESNÍCH MRAVENCŮ (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)

### Temporary knowledge of biology and ecology of red wood ants (Hymenoptera: Formicidae)

#### Abstract

This paper dissertates about biology and ecology of red wood ants (subgenus *Formica*). The first part contains informations about several species and their nests, the second part describes relation of ants to surrounding community.

**Klíčová slova:** lesní mravenci, biologie, přehled

**Key words:** *Formica*, biology, review

### ZAŘAZENÍ LESNÍCH MRAVENCŮ DO ZOOLOGICKÉHO SYSTÉMU

V zoologickém systému jsou mravenci řazeni do řádu blanokřídlí (Hymenoptera), podřádu štíhlopasí (*Apocrita*) a čeledi *Formicidae* (BUCHAR et al. 1995). Z celkového počtu přesahujícího 9 500 druhů žije na území České republiky více než 100 druhů mravenců (BOLTON 1995, WERNER 1989). Rod *Formica* (LINNAEUS, 1758) se dělí na podrody *Serviformica*, *Raptiformica*, *Coptoformica* a *Formica* (CZECHOWSKI et al. 2002). Tento článek je zaměřen na tzv. lesní mravence. Ti jsou řazeni do podrodu *Formica*, často bývají označovány jako skupina *Formica rufa*. V České republice se ze skupiny lesních mravenců vyskytují tyto druhy: *F. aquilonia* YARROW, 1955, *F. lugubris* ZETTERSTEDT, 1840, *F. polyctena* FÖRSTER, 1850, *F. pratensis* RETZIUS 1783, *F. rufa* LINNAEUS, 1758 a *F. truncorum* FABRICIUS, 1804. K jejich určování lze využít klíče např. od CZECHOWSKÉHO et al. (2002), VYSOKÉHO, ŠUTERY (2001), BEZDĚČKY (1982a) či WERNERA (1980).

### CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ

#### *Formica rufa* LINNAEUS, 1761

Tento jeden z nejběžnějších druhů mravenců je vázaný zejména na jehličnaté a smíšené lesy, méně častěji se vyskytuje i v lesích listnatých. Hnízda si staví nejčastěji na slunných místech (mýtinách, lesních okrajích). Jejich průměr může přesahovat i 1 m, stavěna jsou ze slabých větviček a opadaných jehlic (CZECHOWSKI et al. 2002). Kupy tohoto druhu jsou strmé, oválné, složené z hrubšího materiálu (BEZDĚČKA 2000, STARÝ 1987). Jedná se o monogynní výjimečně i polygynní druh. V jednom hnízdě může žít až několik set tisíc dělnic. Nové kolonie mohou být (stejně jako u všech ostatních zástupců podrodu *Formica*) zakládány pomocí sociálního parazitismu královen v hnízdech mravenců podrodu *Serviformica* (zejména *F. fusca* LINNAEUS, 1758). Polygynní formy (v hnízdě žije více samic) se mohou rozšiřovat také tvorbou oddělků. Svoji potravní strategii patří mezi mrchožrouty a neselektivní predátory. Potravní cesty dosahují i více než 100 m od hnízda a jsou orientovány k místům s vysokou potravní nabídkou např. ke stromům se mšicemi (CZECHOWSKI et al. 2002).

#### *Formica polyctena* FÖRSTER, 1850

Svou biologií a ekologií se podobá *F. rufa*, častěji se však vyskytuje hlouběji v lesích. Jeho hnízda dosahují výrazně větších rozměrů

(průměr i přes 3 m) a jsou stavěna z jemnějšího materiálu. Významné je jeho šíření pomocí oddělků (CZECHOWSKI et al. 2002). Díky silné polygynii a polykalii (tvoří kolonie skládající se z několika hnízd) se jedná o druh významný při biologické ochraně lesa (BEZDĚČKA 1982b). *Formica polyctena* (obr. 1) je naším nejrozšířenějším druhem ze skupiny lesních mravenců. Obývá více než 50 % hnízd lesních mravenců vyskytujících se na našem území (HRUŠKA 1990).



**Obr. 1.**  
Hlava mravence *Formica polyctena* (foto E. Stebelská)  
Head of ant *Formica polyctena*

#### *Formica lugubris* ZETTERSTEDT, 1828

Druh žije především v jehličnatých lesích, ve srovnání s *F. rufa* obývá i chladnější biotopy (CZECHOWSKI et al. 2002). Mraveniště jsou stavěna především z hrubého materiálu (STARÝ 1987). Vytváří většinou pouze monogynní kolonie, zaznamenána byla však i jeho polykalie. Nová hnízda často zakládá pomocí dočasných parazitismu královen v hnízdech druhu *F. lemni* BONDROIT, 1917. Občas se také rozšiřuje pomocí oddělků (CZECHOWSKI et al. 2002). V ČR je hojný v pohraničních lesích jižních a jihozápadních Čech, řidčeji se vyskytuje v Brdech, na Českomoravské vrchovině a v Jesenících (BEZDĚČKA 2000).

***Formica aquilonia* YARROW, 1955**

*F. aquilonia* se vyskytuje i v chladnějších biotopech jehličnatých lesů, kde si z jehličí a úlomků větviček staví oblé až homolovité kupy (CZECHOWSKI et al. 2002, BEZDĚČKA 2000). Může vytvářet polygynní kolonie (CZECHOWSKI et al. 2002). Jediné známé lokality jeho výskytu v České republice se nacházejí v Novohradských horách a Blanském lese (BEZDĚČKA 2000).

***Formica truncorum* FABRICIUS, 1804**

Obyvatel slunných plošek v jehličnatých, smíšených i listnatých lesích. Hnízda umístěná v rozkládajících se kořenech jsou pouze částečně krytá suchým rostlinným materiálem. V horách a kamenitých územích jsou nacházena i mezi kameny a pod nimi. V hnízdech žije více než 10 000 dělnic. Často vytváří polygynní kolonie. Nové kolonie jsou zakládány pomocí oddělků nebo paraziticky u podrodu *Serviformica* (CZECHOWSKI et al. 2002).

***Formica pratensis* RETZIUS, 1783**

Jedná se o běžný druh obývajících suchá stanoviště, světliny v lesích, stepi, louky, pastviny. Jeho hnízda se vyznačují plochou kupkou z rostlinného materiálu, obvykle obklopenou věncem vysokých bylin. Hnízda obývá až několik tisíc jedinců, většinou jsou monogynní a monokalická (CZECHOWSKI et al. 2002).

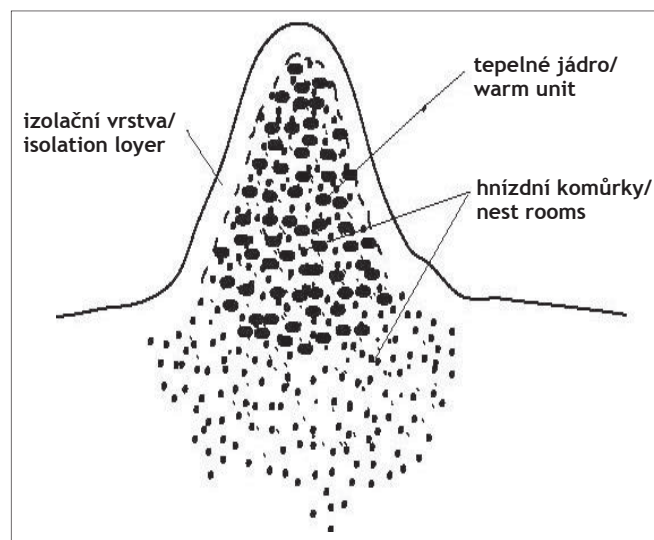
**HNÍZDA MRAVENCŮ**

Mravenci rodu *Formica* si budují známá plochá až homolovitá hnízda (obr. 2). Zakládají je na pařezu či hromádce kletu (STARÝ 1987). Hnízdo se skládá z nadzemní a podzemní části (HRUŠKA 1980). Podzemní část lze považovat za vlastní hnízdo, vrchní část hnízda slouží k regulaci ztrát tepla a vlhkosti (MARTIN 1980a, 1987). 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 hnízda a tvoří vnitřní kužel (BEZDĚČKA 1984), který je nejdůležitější částí hnízda. Materiál vnesený z podzemní části hnízda používají mravenci ke stavbě hnízdního valu. Ten navazuje přímo na kupu, oproti okolnímu terénu je vyvýšený. Povrch valu bývá pokryt tímž 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 (DAĐOUREK 1998). Pod hnízdním dvorem se nacházejí podzemní cesty i komůrky. Nad okolním terénem není vyvýšený, pozná se podle mírného propadání při jeho sešlapu (DAĐOUREK 1997 – osobní sdělení).

Průměrné hnízdo *F. polyctena* v duboborovém lese dosahuje výšky 100 cm, šířky 30 cm a hloubky 50 cm, váha takového hnízda je 82 kg (LAMPRECHT 2003). HRUŠKA (1980) uvádí obvyklou hloubku hnízda 1 až 1,5 m, ojediněle až 4 m pod povrch. Velikost mravencích hnízda je ovlivňována soudržnými vlastnostmi hnízdního materiálu (PRANSCHKE, HOOPER-BÚI 2003), lze tedy očekávat, že i velikost hnízda lesních mravenců se bude lišit v závislosti na druhové skladbě porostu (a tedy na dostupném stavebním materiálu), v němž se vyskytují. DAĐOURKOVI (1998) se však tuto závislost nepodařilo prokázat.

Tvar hnízdní kupy je ovlivňován kvalitou stavebního materiálu (STARÝ 1987), teplotou, osvětlením, vlhkostí vzduchu a půdy v dané lokalitě (ANDREWS 1927 in MARTIN 1980a, OTTO 1962 in MABELIS 1979). MARTIN (1987) se domnívá, že správný tvar mraveniště v závislosti na prostředí je podmíněn vlhkostní a teplotní preferencí

dělnic starajících se o mláďata. Jejich rozmístění v hnízdě ovlivňuje činnost dělnic stavějících kupu. Staré kupy v tmavých lesích jsou podle něho symetrické. V lesích s nerovnoměrnými podmínkami osvětlení stavějí dělnice hnízda podélně orientovaná vůči zdroji světla, resp. tepla. Asymetrie hnízda může být však také důsledkem abiotických faktorů jako vítr nebo dešť (ROMEY 2002). Mnozí autoři (např. HRUŠKA 1980) tvrdí, že na tmavších stanovištích se nacházejí hnízda větších rozměrů. S tím neshledal signifikantní rozdíly v rozměrech hnízda nacházejících se uvnitř porostů s různou věkovou a druhovou skladbou. Tentýž autor prokázal, že výška kupy roste s věkem hnízda, rostoucím zastíněním a se zlepšováním stavu hnízda, charakterizovaným aktivitou dělnic a poškozením hnízda. HORSTMANN, SCHMID (1986) uvádějí, že se stoupající výškou kupy klesá počet, resp. velikost otvorů v kupě, naopak s poklesem výšky je spojeno rozšiřování, resp. tvorba nových otvorů. S výškou kupy vzrůstá pravděpodobnost přežívání hnízda (DAĐOUREK 2002a). Proměnlivost průměru kupy závisí u samostatných hnízda na věku, zastínění, stavu a umístění hnízda v porostu, přítomnosti pařezu a u hnízda na okraji porostu i na druhovém složení sousedního porostu (DAĐOUREK 1998).



**Obr. 2.** Hnízdo lesních mravenců s vyznačením jeho důležitých částí (podle MAAVARA et al. 1994)

Nest of *Formica* with its important parts (according to MAAVAR et al. 1994)

**Kolonie, rodinný roj**

Mravenci jsou vysoce organizovaný sociální hmyz (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). U lesních mravenců se vyskytují jedinci tří morfologicky odlišných kast: dělnice, samice a samci. Dělnice jsou ve skupině lesních mravenců jednoznačně nejpočetnější kastou. Vykonnávají všechnu práci zajišťující správný chod hnízda. Mezi nejdůležitější funkce patří obstarávání potravy, stavba a obrana hnízda, péče o potomstvo i o samičky. Stejně jako dělnice, nalézají se v hnízdech v průběhu celého roku oplodněné bezkřídlé samice. Jsou dvakrát větší a celkově robustnější než dělnice. Úkolem královen je kladení vajíček. Samci, vyskytující se stejně jako neoplozené samičky v hnízdech po krátkou dobu, se odlišují od samiček a dělnic mor-

fologicky i geneticky, jsou haploidní. Jejich jediným úkolem je oplodnění samiček, které se děje při svatebním letu (ZACHAROV 1984).

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). DAĐOUREK (1998) považuje výskyt mladých jedinců obou pohlaví v jednom hnízdě 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 se od ostatních jedinců v hnízdě odlišují přítomností křídel (tzv. křídlatci). V květnu či červnu vylétávají křídlatci hromadně z hnízda a účastní se tzv. rojení (BEZDĚČKA 1982b). HÖLLDOBLER, WILSON (1990) definují rojení jako let okřídlených samic a samců za účelem páření. Po spáření samci brzy hynou, samice zakládají nové hnízdo nebo jsou adoptovány hnízdem svého druhu (ZACHAROV 1984).

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* (CZECHOWSKI et al. 2002, 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 požitím vlastních vajíček a metabolismem hrudního svalstva. Jen zlomku procenta samiček se podaří tímto způsobem založit hnízdo. Navíc velká část takto založených hnízd nepřežije první zimu (ZACHAROV 1984). V druhém případě samička vyhledá hnízdo mravenců podrodu *Serviformica*, nejčastěji druhu *Formica fusca*, LINNAEUS (CZECHOWSKI et al. 2002). Násilím do něho vnikne, usmrtí královnu a zaujme její místo. Zanedlouho začne snášet vajíčka, o něž se dělnice *F. fusca* starají jako o vlastní. Tento způsob zakládání hnízd se nazývá sociální parazitismus (ZACHAROV 1984).

Lesní mravenci se mohou šířit nejen výše popsanými způsoby, nýbrž také oddělováním dceřiných hnízd. Všichni jedinci v hnízdě vytváří rodinný roj. Vysoká početnost mravenců v hnízdě (u druhu *Formica polyctena* až 3 miliony) si vynutila vznik dílčích rojů. 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 maximálně 12 dílčích rojů. Nově vzniklý dílčí roj může zůstat v hnízdě nebo si utvořit hnízdo vlastní. Nové hnízdo nazýváme hnízdem dceřiným, staré hnízdem mateřským. Seskupení mateřského a dceřiných hnízd je kolonie. K tomuto tzv. štěpení mateřského hnízda může dojít i po jeho závažném narušení např. divokými prasaty (ZACHAROV 1984). Dceřiná (nesamostatná) hnízda jsou nižší než hnízda mateřská a mají větší pravděpodobnost zániku (DAĐOUREK 1998).

### Funkce hnízdní kupy

Hnízdní kupa slouží k udržování optimální teploty a vlhkosti potřebné pro vývoj plodu (MARTIN 1987). Úkolem kupy tedy nemusí být pouze zvyšování a udržování teploty a vlhkosti. Může naopak sloužit jako ochrana např. proti nadměrnému zahřívání, dešti a dalším

nepříznivým meteorologickým podmínkám (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). To je umožněno díky vysoké izolační schopnosti organického materiálu, z něhož jsou kupy postaveny (MARTIN, MAAVARA 1985). Dobrá tepelná izolace umožňuje dělnicím opouštět častěji hnízdo, čímž se prodlužuje čas na lov bez nebezpečí silného poklesu teploty v hnízdě během jejich nepřítomnosti. Tuto souvislost prokázal SCHMOLZ et al. (2000) u sršňů. Charakteristickou strukturní stavbou zajišťují mravenci specifickou tepelnou vodivost hnízdního materiálu, jež je větší než vodivost uměle navršeného organického materiálu (BRANDT 1980). BANSCHBACH et al. (1997) prokázal, že teplota v hnízdech stejného druhu mravenců může být ovlivňována použitým hnízdním materiálem. Tepelná výměna mezi vzduchem a půdou je malá a bez podstatných fluktuací. Celkový únik tepla z hnízda se pohybuje mezi 9 až 16 W (LAMPRECHT 2003). V souladu s tím GALLÉ (1973) tvrdí, že průměrná roční teplota hnízda je značně vyšší než průměrná roční teplota půdy a travního patra.

ROSENGREN et al. (1987) se domnívá, že existuje pozitivní korelace mezi produkcí křídlatců a vysokou jarní teplotou v hnízdech, jež může signalizovat fitness kolonie. MARTIN, MAAVARA (1985) pozorovali v uměle zahříváných hnízdech znatelně rychlejší vývoj křídlatců (o 1 - 2 týdny) oproti kontrolním hnízdům. Vývoj dělnic se nelišil, pouze vývoj třetího pokolení byl ukončen o dva týdny dříve. Zároveň se vyskytly rozdíly v produkci samců následující rok. V hnízdě dělnice neustále přemísťují plod podél teplotního a vlhkostního gradientu na místa nejvhodnější pro jeho vývoj (PRANSCHKE, HOOPER-BÚI 2003). Podle MAAVARY et al. (1994) se kukly lesních mravenců nacházejí v rozmezí teplot 26 až 30 °C, larvy v 22 - 27 °C, hibernační komůrky pro královny a zásobní mravence se nacházejí ve spodní části hnízda při teplotách 5 - 10 °C. Nejdůležitější částí kupy je vrchní část vnitřního kužele, kde vzniká tepelné jádro (HRUŠKA 1980). Část hnízda označovaná jako tepelné jádro váží pouhých 5 kg, přesto produkuje přibližně 50 % tepla vzniklého v hnízdě (LAMPRECHT 2003). Do tepelného jádra královny snášejí vajíčka (HRUŠKA 1980). Teplota tepelného jádra se pohybuje v rozmezí 25 až 30 °C (HRUŠKA 1980, MARTIN 1980a, b, GALLÉ 1973). V době vývoje nového pokolení je ve středu hnízda tepleji než v jeho povrchových vrstvách, výjimku představují hnízda nacházející se na pasekách a lesních okrajích, jejichž povrch je silně zahříván sluncem a může dosahovat teploty až 50 °C (MARTIN 1975 in MARTIN 1980a).

Svá hnízda nemohou mravenci provětrávat máváním křídel, jako to dělají např. včely, vosy nebo čmeláci (WEIDENMULLER 2004, O'DONNELL, FOSTER 2001, HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Vzhledem k nemožnosti rychlé změny množství vody v hnízdě, nemohou používat k regulaci teploty ani evaporaci (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Přesto však dovedou dělnice regulovat teplotu hnízda (HORSTMANN, SCHMID 1986, LAMPRECHT 2003). Podle HORSTMANN, SCHMIDA (1986) mohou v případě, že je teplota hnízda vyšší než tělní teplota dělnic, dělnice díky své vysoké tepelné kapacitě tepelné jádro ochlazovat. Při déle trvajících nevhodných podmínkách (ochlazení, déšť) zmenšují nebo zakrývají dělnice vchody do hnízda za účelem zabránění ventilace hnízda (MARTIN 1980b). Naopak při umělém zahřívání hnízd HORSTMANNEM a SCHMIDEM (1986) rozšiřovaly dělnice hnízdní otvory.

### Roční chod teplot v mraveništi

Aktivita mravenčí populace je závislá na více faktorech, především na teplotě vzduchu. Akumulace teploty v hnízdech je vyšší než v půdě či vzduchu. Tento rozdíl je nejzřetelnější v jarním obdo-

bí, kdy teplota v hnízdě rychle vzrůstá (GALLÉ 1973). 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. Hnízdní 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 difuzi a široké teplotní fluktuace během roku (BRANDT 1980).

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. teploňosi, 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 sezonně vysokou a stabilní teplotou. Tato teplota je důležitým faktorem pro vývin plodu (HRUŠKA 1980, BEZDĚČKA 1984). 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 shánějí potravu, staví hnízdo, starají se o potomstvo atd. Na konci tohoto období vrcholí příprava na zimu (HRUŠKA 1990). Na zimu se stahují mravenci do níže položených částí hnízda s teplotou 0,5 – 1,5 °C (MARTIN 1980a).

### Denní cyklus teploty v hnízdech

Teplota v hnízdech znatelně 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. Průměrná teplota i teplotní fluktuace jsou nejvyšší v hloubce 5 až 30 cm od vrcholu kupy. Teplotní režim druhu *Formica polyctena* se vyznačuje vysokou variabilitou (FROUZ 2000).

### Zdroje tepla

Termoprodukčními a izolačními vlastnostmi mraveniště se zabývalo již několik výzkumů. Výsledky mnoha z nich si navzájem odporují. Za hlavní možné zdroje tepla je možné označit: (1) sluneční záření (GALLÉ 1973), (2) metabolické teplo mravenců (ROSENGREN et al. 1987, HORSTMANN 1983), (3) metabolické teplo mikroorganismů rozkládajících organický materiál (COENEN-STASS et al. 1980, LAMPRECHT 2003).

### (1) Sluneční záření

Velmi diskutabilním zdrojem tepla v hnízdech je sluneční záření. Podle mnohých autorů je základním faktorem zvyšujícím teplotu v hnízdě (viz např. HRUŠKA 1980). Zcela zásadní vliv abiotických faktorů na teplotu v hnízdech termitů popisují KORB, LINSENAIR (1998, 2000). S tím nesouhlasí např. MARTIN (1980b), když tvrdí, že pro rozhrívání hnízd umístěných v lese je krátkodobé sluneční záření nedostatečné. Navíc i intenzivní sluneční záření na nakloněné strany kupy prohřívá pouze velmi slabou povrchovou vrstvu (LAMPRECHT 2003). Tímto tvrzením LAMPRECHT (2003) odporuje BRANDTOVI (1980), který během svých výzkumů došel k závěru, že denní fluktuace hnízdní teploty způsobená okolním prostředím dosahuje hloubky až 40 cm. U suchých hnízd je během dne nejteplejším místem strana přivrácená ke slunci (FROUZ 2000). Teplota může stoupat i v povrchově zamrzlých hnízdech nebo při poklesu venkovní teploty, a proto se také ROSENGRENOVI et al. (1987) zdá vliv pouze slunečního záření (insolienční teorie) nedostačující a domnívá se, že jeho důležitost se mění v závislosti na druhu mravenců, věku, objemu a velikosti populace v hnízdě a na typu stanoviště. Podle FROUZE (2000) může sluneční záření hrát hlavní roli v termoregulaci hnízda nikoliv přímým zvyšováním teploty, nýbrž udržováním nízké vlhkosti hnízdního materiálu. Kupa dokáže, v závislosti na svém tvaru, pohlcovat 2 - 3krát více slunečního záření než horizontálně rovné plochy (ANDREWS 1927 in MARTIN 1987). ROMÉY (2002) poukazuje na fakt, že příkrý svah sice dokáže zachytit více přímého slunečního záření, nicméně ploché rozlehlé kupy mají větší povrch a tudíž mohou absorbovat celkově více radiční energie. Z toho usuzuje, že asymetrie hnízd může být adaptací k jejich rannímu zahřívání. Z důvodů účinnějšího zachycování slunečního záření dosahují hnízda vyskytující se na stinných stanovištích větších rozměrů a homolovitějšího tvaru, naopak hnízda nacházející se 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 (ROMÉY 2002, HORSTMANN, SCHMID 1986, HRUŠKA 1980). Negativní závislost velikosti, resp. počtu otvorů na výšce hnízda pozorovaná HORSTMANNEM, SCHMIDEM (1986) by mohla rovněž poukazovat na fakt, že vysoká hnízda jsou stavěna za účelem zvýšení jejich teploty.

Kromě přímé absorpce slunečního záření hnízdní kupou může být dosaženo zvýšení teploty v hnízdě také tzv. sluněním (obr. 3). HRUŠKA (1980) popisuje slunění jako děj, kdy dělnice brzy na jaře vylézají na povrch kupy, nechávají se nahřát sluncem a poté se vrací do nitra kupy, kde předávají teplo mraveništi. Slunění mravenců je běžným jevem a je popsáno mnoha autory nejen u lesních mravenců (např. HRUŠKA 1980, ROSENGREN et al. 1987, BARTON et al. 2002). Probíhá nejčastěji na jaře, pozorováno bylo i na podzim (DAĐOUREK 2002b). Dělnice při něm vyhledávají nejteplejší místa na povrchu kupy, pokud jejich teplota nepřesahuje 30 °C (MARTIN 1980b). Účinnost tohoto chování je možná díky vysoké tepelné kapacitě mravenců, způsobené vysokým obsahem vody v jejich tělech (FROUZ 2000). ROSENGREN et al. (1987) pozoroval častější výskyt slunění na hnízdech, jejichž okolí zůstává chladné dlouhou dobu po začátku aktivity mravenců. Slunění je doprovázeno zvýšeným metabolismem, zejména rozkladem tuků (MARTIN 1980b) a je tedy v úzkém vztahu s metabolickým zahříváním hnízda. Někteří autoři významný vliv slunění popírají z následujících důvodů. MARTIN (1980a) poukazuje na fakt, že v případě účinku slunění by musela teplota vzrůstat v povrchových vrstvách, kterými musí projít všechny dělnice cestou

do tepelného jádra, rychleji než v tepelném jádru. Vzhledem k pomalé výměně tepla mezi vodou resp. hemolymfou a okolím a vzhledem k rychlosti pohybu dělnic se zdá být tento argument pochybný. V tmavých lesních porostech je teplota na povrchu hnízda nižší než v místech vývoje plodu (MARTIN 1975 in MARTIN 1980a), stejně tak v chladných obdobích, kdy se více dělnic vyskytuje uvnitř hnízda, se nemohou dělnice nechat nahřívat sluneční energií (MARTIN 1980b). Pádým argumentem proti přeceňování vlivu slunění je ROSENGRENOVO et al. (1987) pozorování vzrůstu vnitřní teploty hnízd v době, kdy byla hnízda pokryta sněhem a žádní mravenci se na jejich povrchu nevyskytovali.



Obr. 3. Slunění mravenců na hnízdní kupě (RODLEN, jaro 1997; foto A. VÉLE)  
Sunbathing of ants on nest mound (RODLEN, spring 1997)

## (2) Metabolické teplo produkované mravenci

Řada autorů (BAUSCHABACH 1997, ROSENGREN et al. 1987, HORSTMANN, SCHMID 1986, MARTIN, MAAVARA 1985, COENEN-STASSS et al. 1980) se domnívá, že u sociálního hmyzu může být generátorem tepla v hnízdě metabolismus tisíců dělnic. Populace průměrně velkého hnízda čítá 110 000 jedinců, jejichž hmotnost se rovná přibližně 1,1 kg (LAMPRECHT 2003). HORSTMANN, SCHMID (1986) spočítali, že v 1 litru tepelného jádra se nachází přibližně 8 000 kulek a 2 000 dospělých dělnic, což odpovídá 8 % jeho objemu. LAMPRECHT (2003) připouští vliv mravenčího metabolismu na teplotu v hnízdech. Nicméně dospělí mravenci podle něho produkují pouze přibližně 15 % celkové tepelné produkce hnízda a kukly méně než 0,01 %. Naproti tomu ROSENGREN i GALLÉ (2003 – osobní sdělení) se shodují na faktu, že přítomnost kulek umístěných vedle sebe zřetelně zvyšuje teplotu dané části hnízda a to dvěma způsoby; (i) metabolickým teplem kulek a (ii) teplem dělnic starajících se o kukly. Rovněž podle výzkumů MARTINA (1983) obvykle znamená přesun kulek i přesun zdroje tepla. ROSENGREN et al. (1987) popisuje zvýšení teploty hnízd během snížení venkovní teploty a naopak. Tento jev může být vysvětlen vyšší přítomností dělnic v hnízdě při poklesu okolní teploty a následným zvyšováním teploty způsobeným jejich metabolismem. MARTIN (1985) naměřil zvýšení únorové teploty na hodnoty přesahující letní. Nezvykle vysokou teplotu hnízda připisuje právě vlivu metabolismu. Zvýšení metabolismu bylo podle něho dosaženo využitím sacharidů nacházejících se v hemolymfě při

současné nízké pohybové aktivitě dělnic (MARTIN, MAAVARA 1985). Naproti tomu GALLÉ (1973) se domnívá, že mravenci neovlivňují významně vývoj teploty jinak než budováním hnízda. Ke stejnému závěru došel i BANSCHBACH et al. (1997) zkoumajíce hnízda mravence *Myrmica punctiventris* ROGER, 1863. BRANDT (1980) poukazuje na nepravděpodobnost metabolismu mravenců jakožto důležitého zdroje tepla v malých hnízdech. Podobně i COENEN-STASSS et al. (1980) se domnívá, že zejména v jarním období při nástupu tepelného jádra hnízda je metabolismus mravenců nedostačující. Naopak MARTIN, MAAVARA (1985) dokázali, že s růstem početnosti hnízdního roje klesá závislost hnízda na okolní teplotě. Hnízda uměle zahřívání měla

stejný chod teplot jako hnízda se silným rojem. COENEN-STASSS et al. (1980) se přiklání k názoru, že metabolismus mravenců může být signifikantním tepelným zdrojem pouze tehdy, když se shromažďují na jednom místě. Podle MARTINA (1980b, 1983) může být metabolismus mravenců významným zdrojem tepla zejména při jarním nástupu tepelného jádra. Podmínkou však je tělní teplota mravenců vyšší než 10 °C, protože při nižších teplotách nedochází k přeměně tuků spojené s uvolňováním tepla. Podle MARTINA (1980b) se sluncem prohřátí mravenci obvykle večer vracejí do hnízd, soustřeďují se kolem jejich středu a neustále se mírně pohybují, čímž podstatně zvyšují teplotu hnízda. V tepelném jádře mravenci aktivují do té doby inaktivní zásobní dělnice, pomocí nichž udržují jeho teplotu. Zásobní mravenci mají 3 - 4krát více tuků a ve středně a velkých rojích jsou schopni najednou rozehrávat vystydlé kupy (MARTIN 1983, MARTIN, MAAVARA 1985). Větší přeměna látek souvisí s větší svalovou aktivitou. Zásobní látky se mění v pohybovou a samozřejmě i tepelnou energii. Prohřátí mravenci se snaží dostat k tepelnému jádru a vytěsňují ostatní mravence do okrajových částí hnízda. Vytěsnění mravenci se snaží dostat zpět k jádru atd. Díky tomuto neustálému pohybu,

při kterém pracují svaly s vysokou rychlostí oxidací, dochází ke zvyšování teploty (MARTIN 1980b).

## (3) Teplo vznikající rozkladem organického materiálu

Mezi teplotou a vlhkostí hnízdní kupy existuje úzký vztah. Celkové teplo vystupující z hnízda se pohybuje mezi 9 - 17 W (LAMPRECHT 2003), což převyšuje produkci tepla mravenci, jež produkují 2 - 8 W (HORSTMANN 1990). LAMPRECHT (2003) uvádí teoretickou možnost vzrůstu teploty vlivem samozahřívacích procesů hnízdního materiálu až na 80 °C. Až 85 % tepla vystupujícího z hnízda je podle něho produkováno rozkladem hnízdního materiálu. To je umožněno bohatým substrátem a intenzivní mikrobiální aktivitou v tepelném jádře. Důležitou vlastností, podporující rozklad materiálu mikroorganismy, je rychlost akumulace vody a velikost povrchu daného materiálu vůči jeho objemu, ten ovlivňuje výpar a tedy i množství vody obsažené v materiálu (BODDY 1983). Rychlou mineralizaci organických látek v hnízdech mravenců popisují i další autoři (DAUBER, WOLTERS 2000, FROUZ et al. 1997). Tepelná produkce dostatečně zabezpečuje příhodnou teplotu i v případě dramatického snížení radiace a evaporace (LAMPRECHT 2003). Tomu nasvědčuje i nocování dělnic během léta vně hnízda, pozorované ROSENGEREM (1987). Mikrobiální aktivita je větší v hnízdech mravenců žijících se po celou sezónu živočišnou stravou (DAUBER, WOLTERS 2000). FROUZ (1996) poukazuje na skutečnost, že hnízda, která využívají

jako zdroj tepla metabolismus mikroorganismů, dosahují nižších průměrných teplot. Naproti tomu u termitů KORB, LINSÉNMAIR (2000) popírají významný vliv aktivity mikroorganismů na teplotu hnízda. Podle jejich výzkumů aktivita termitů a hub způsobila vzrůst teploty o pouhé 3 °C. Mezi metabolickou aktivitou v hnízdech lesních mravenců a termitů může být značný rozdíl způsobený rozdílným materiálem použitým na stavbu hnízd.

Mikrobiální metabolismus je z velké části aerobní, proto musí být vnitřek hnízda dostatečně zásobený kyslíkem (COENEN-STASS et al. 1980). KLEINEIDAM, ROCES (2000) zjistili velmi dobrou ventilaci hnízd mravenců *Atta vollenweideri* FOREL 1893 zajišťovanou pohybem vzduchu v okolí hnízd. U zastíněných hnízd byla takto indukovaná ventilace účinnější. Podle týchž autorů koncentrace CO<sub>2</sub> prudce stoupá během deštivého počasí, kdy jsou uzavírány otvory ve hníždě. V zimě, když mravenci zalezou do podzemních částí a kupa sesedne, sníží se i populace mikrobiální flóry. Navíc je metabolická aktivita utlumena nižší teplotou uvnitř hnízda v tomto období. Na jaře stavební aktivita mravenců roste, díky čemuž jsou části čerstvých rostlin přimíchávány do starého hnízdního materiálu a mikrobiální metabolismus vzrůstá (COENEN-STASS et al. 1980). S tímto vysvětlením 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. Podle ZAHNA (ZAHN 1958 in FROUZ 2000) je možné, že iniciace mikrobiální produkce tepla zvýšenou teplotou v hníždě může být způsobena i metabolickou aktivitou mravenců nebo jejich sluněním.

#### Vlhkost v hnízdech

Mezi zdroje vody v hnízdech lesních mravenců patří kondenzace páry, déšť, mlha a metabolická voda mravenců (FROUZ 2000). Vlhkost hnízda závisí na početnosti rojů, materiálu, z něhož jsou hnízda postavena, a na mikroklimatických podmínkách dané lokality (MARTIN 1980b). Vyšší obsah vody v mravenčích hnízdech způsobuje vyšší tepelnou konduktivitu hnízdního materiálu a tedy nižší izolační schopnost hnízd (FROUZ 1996). MARTIN (1980b) tvrdí, že vlhký hnízdní vzduch a materiál s velkou tepelnou vodivostí zabraňují kolísání teploty ve středu kupy. Pravděpodobnější vysvětlení stabilnější teploty ve více zvlhčených hnízdech je FROUZEM (1996) popsána mikrobiální tepelná produkce. Regulace teploty a vlhkosti probíhá zároveň (HORSTMANN, SCHMID 1986). Dokladem může být MARTINOVO (1980b) pozorování snížení vzdušné vlhkosti hnízda z 90 - 95 % na 85 % při vzrůstu teploty z 25 na 32 - 34 °C. Tentýž autor se domnívá, že při setkání teplého vnitřního a studeného vnějšího vzduchu se zvyšuje jeho vlhkost. V nočních hodinách dochází při poklesu teploty na 8 °C ke kondenzaci vody, její evaporace nastává po začátku slunečního záření (MAAVARA 1985, BRANDT 1980). FROUZ (1996) poukazuje na fakt, že stabilní vlhkost udržovaná po dobu hnízdní aktivity dokazuje, že hnízdní vlhkost může být mravenci kontrolována. Vzhledem k rozdílnému množství vody v hnízdním materiálu rozlišuje hnízda suchá a vlhká. Termoregulace suchých hnízd je založena na metabolické aktivitě mravenců, izolační schopnosti hnízdního materiálu a slunečním záření. Tento způsob termoregulace je u mravenců *F. polyctena* častější. Termoregulace vlhkých hnízd je založena na mravenčí a mikrobiální tepelné metabolické produkci (FROUZ 2000). Ke kompenzaci špatných izolačních vlastností vlhkého hnízdního materiálu stavějí mravenci hnízda rozlehlejší, navíc s rostoucí vlhkostí roste mikrobiální produkce tepla. Vlhkost hníz-

dního 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 1989). DAĐOUREK (1998) se domnívá, že vlhkost hnízd může být jedním ze základních faktorů pro zarůstání a přežívání hnízd.

#### Vliv na půdu

V mravenčích hnízdech dochází ke koncentraci organických zbytků, k promíchávání půdy a následným změnám v jejím mechanickém i chemickém složení (KRISTIANSEN, AMELUNG 2001, ZACHAROV 1984). Svoji činností snižují mravenci půdní vlhkost, zvyšují abundance mikroflórních organismů a enzymatickou aktivitu (PÉTAL 1998), mění zastoupení vybraných prvků (LENOIR et al. 2001, FROUZ et al. 1997), upravují půdní pH (FROUZ et al. 2005). Ještě po 20 letech od opuštění hnízda je půda pod mravenišťem značně odlišná od půdy, na níž mraveniště nestálo (KRISTIANSEN, AMELUNG 2001). GREEN et al. (1998) dokonce označují půdu uvnitř a pod hnízdy jako „formicarius pedons“.

#### Vliv na rostlinstvo

Vegetace je ovlivněna již samotnou stavbou hnízda, při níž je přeneseno velké množství rostlinného materiálu, zejména jehličí (CULVER, BEATTIE 1983). Aktivně přemísťována jsou i semena rostlin (DOSTÁL 2005). Ta jsou donášena jako potrava, ale slouží i ke stavbě hnízda (GORB, GORB 1999, GORB et al. 1997). Velké množství semen mravenci ztratí na území hnízdního teritoria. Na 1 m dráhy ztratí při přenosu 8 - 10 % velkých semen či 20 - 100 % malých semen. Nezáleží jen na velikosti semen, nýbrž také na jejich tvaru (GORB et al. 2000). Neatraktivnější jsou pro mravence velká, osamocená semena (GORB, GORB 2000). Tímto způsobem jsou semena odnesena od mateřské rostliny a roztroušena po teritoriu (GORB, 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 mravenců jako ochrany před býložravci, mravenci promíchávají jejich semena s půdou, pro rostliny je výhodný vyšší obsah živin v hnízdech a vyšší vlhkost v době klíčení (GORB, GORB 1999, GORB et al. 1997). Na mraveništích rostou rostliny otevřených a narušovaných stanovišť (CULVER, BEATTIE 1983). Naopak většina nemyrmekochorních druhů v hnízdech nevyklíčí kvůli odlišným podmínkám, jež zde panují (GORB, 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, BEATTIE 1983, GORB et al. 2000). Navíc mravenci okusují kořinky rostlinám, které rostou na hníždě (GORB, GORB 1999). Nejvyšší počet rostlin neroste na hníždě 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, BEATTIE 1983). GORB, 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 et al. 2000). Rostliny žijících v dosahu lesních mravenců jsou zvýhodňovány odháněním jejich konzumentů (KARHU, NEUVONEN 1998). Prokazatelné je i zvýšení jejich reprodukční úspěšnosti (ATLEGRIM 2005).

Zastoupení herbivorů v potravě mravenců se mění během sezony (MOONEY, TILBERG 2005). Navíc BONTE et al. (2003) poukazují na fakt, že stavbou hnízd stimuluje mravenci klíčení vybraných druhů rostlin. Naopak příliš vysoká teplota v hníždě může bránit vývoji vegetace na hníždě a v jeho okolí (GALLÉ 1973). Mšice chované mravenci mohou oslabovat rostliny odsáváním šťáv. Tento negativní vliv je dostatečně kompenzován ochranou rostlin před herbivory (PUNTTILA et al. 2004).

## INTERAKCE S OSTATNÍMI ŽIVOČICHY

### Mravenci jako kořist

Lesní mravenci tvoří významnou součást potravních řetězců (HORSTMAN 1974 in FOLGARAIT 1998). V kritických obdobích se mohou stát potravní základnou pro mláďata i dospělé mnoha druhů živočichů. Patří mezi ně zejména žáby (BARUŠ et al. 1992a), ještěrky (BARUŠ et al. 1992b), ptáci (datlovití, hrabaví, pěvci; HUDEC 2005) i savci (krtek obecný (*Talpa europea*) LINNAEUS, 1758, liška obecná (*Vulpes vulpes*) LINNAEUS 1758, jezevec lesní (*Meles meles*) LINNAEUS 1758, medvěd hnědý (*Ursus arctos*) LINNAEUS, 1758 (SWENSON et al. 1999, ZACHAROV 1984). Mravenci jsou nejdůležitější částí (až 95 %) potravy krutihlava obecného (*Jynx torquilla*) LINNAEUS, 1758 (FREITAG 2000). Rovněž tvoří důležitou složku potravy pavouků rodu *Zodarion* (PEKÁR 2005).

Stromy, na nichž hnízdí pěvci, jsou mravenci navštěvovány méně často (HAEMIG 1999). Negativně mohou působit nejen ptáci na mravence, nýbrž i mravenci na ptáky. Sýkora koňadra (*Parus major*) LINNAEUS, 1758 navštěvuje stromy s mravenci s nižší frekvencí a zdržuje se na nich kratší dobu než na stromech bez výskytu mravenců (HAEMIG 1996).

### Využívání kolonií

Vybrané druhy ptáků provádějí na mravenčích hnízdech tzv. mravenčí koupel, jež působí jako obrana proti vnějším parazitům (ZACHAROV 1984). Suchá mravenčí hnízda jsou během zimy vyhledávána divokými prasaty k odpočinku, nocování v mraveništech bylo pozorováno i v létě (HRUŠKA 1982, 1990).

### Mravenci jako predátoři

Vysoká hustota mravenců dokáže změnit taxonomické složení společenstev živočichů (LAAKSO 1999). Obecně známým a významným faktorem je predací tlak lesních mravenců na ostatní bezobratlé živočichy (PUNTTILA et al. 2004). Při hustotě 4 až 6 hnízd na 1 ha lesa seberou mravenci denně z 1 ha až 1 kg živočišné potravy. Jakožto potravní oportunisté se mravenci rodu *Formica* orientují na nejdostupnější kořist, kterou se většina listožravého hmyzu stává při svém přemnožení (ZACHAROV 1984). Podle PUNTTILA et al. (2004) negativně ovlivňují zejména stejnořídlý hmyz (Hemiptera). Důležitou součástí potravy jsou mšice, patří zejména mezi nemyrmekofilní druhy (NOVGORODOVA 2005). Půdní fauna není mravenci příliš silně ovlivňována (LENOIR 2003, LENOIR et al. 2003). PUNTTILA et al. (2004) se domnívá, že početnost pavouků a brouků není početností mravenců ovlivňována. Rovněž BRUNING (1991) nezaznamenal rozdíly v hustotách pavouků v a mimo hnízdní teritoria. Naopak HAWES et al. (2002) zaznamenali snižující se abundance a druhovou bohatost stěvlíkovitých brouků v závislosti na rostoucí hustotě mravenců.

Od herbivorů jsou schopni ochránit stromy rostoucí v okolí hnízd (PUNTTILA et al. 2004). I když výsledky dřívějších pokusů s umělým rozšiřováním mravenců měly být úspěšné a dobře se osvědčily např. v borových porostech napadených *Bupalus piniarius* LINNAEUS, 1758, *Pannolis flammea* SCHIFFER, 1775, *Denrolimus pini* (WIŚNIEWSKI 1956, 1978 in ČAPEK 1985) (mravenci ochránili stromy před žírem uvedených škůdců v okruhu 15 - 18 m), v současnosti se od umělého rozšiřování upouští a důraz se klade právě na ochranu stávajících mravenišť. KOEHLER (1976) prokázal, že dělnice s oddělkem založeného hnízda snižují stavy kořisti až po třech letech od založení a to do vzdálenosti 20 m od hnízda. Mravenci jsou pravděpodobně obecně významnými predátory i housenic širopasých (CODELLA, RAFFA 1993), i když to neplatí bez výjimek (EISNER 1994). Pilatku smrkovou loví zejména mravenci skupiny *Formica rufa*, kteří se živí dospělými larvami spadlými ze stromů (BEIER-PETERSEN 1956, BEYER 1967, BRUNS 1954, KOLUBAJIV 1958a, RUPPERTSHOFEN 1958, SCHWERDTFEGER 1957, 1960, 1970, 1971). Dlouhodobé výzkumy v severním Německu na 2 oddělených lokalitách s hustotou 3,5, resp. 2,6 kolonií mravenců na ha, ukázaly, že účinek mravenců rodu *Formica* je nepřímo úměrný hustotě, protože za vyšších hustot housenic podíl ulovených individuí proporcionálně klesá (SCHWERDTFEGER 1971).

Mravenci *Formica polyctena* nejsou agresivní pouze na ostatní druhy živočichů, nýbrž také na ostatní druhy mravenců i na mravence stejného druhu pocházející z odlišné kolonie či dokonce hnízda. Předmětem války jsou zdroje potravy a obrana hnízdního teritoria (GERARD et al. 1984, MABELIS 1984). V jarních měsících, kdy je nedostatek proteinů, jsou nepřátelští mravenci zabíjí v boji donášení jako potrava do hnízda (DRIESSEN et al. 2004, MABELIS 1984).

### Ostatní živočichové v hníždě

V mraveništech se rovněž vyskytuje mnoho druhů bezobratlých živočichů a hub přímo vázaných na mravence. Jedná se o spoluobyvatele mravenčích hnízd. Podle způsobu života a jejich vztahu k mravencům je můžeme rozdělit do tří kategorií. Prvním vzájemným vztahem je synechtrie. Jedná se obvykle o mrchožrouty, parazity nebo predátory negativně působící na hostitelskou kolonii (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Mravenci je aktivně nevyhledávají, vyhánějí je pouze při náhodném setkání (BEZDĚČKA 2001) Patří sem brouci z čeledi drabčíkovití (*Staphylinidae*), vybrané druhy pavouků a stonožek (BEZDĚČKA 2001, SMETANA 1958). Synekie je způsob soužití, při kterém mají spoluobyvatelé na hostitelskou kolonii mravenců indiferentní vliv (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Nájemníci jsou v hnízdech trpění a přehlíženi. Velká část z nich žije většinu života mimo hnízda lesních mravenců. Synekeni v hnízdech likvidují odpady, výkaly, rozrůstající se nebezpečnou mikroflóru, plísně a podhoubí. Mravenci synekeny nijak nenapadají. Mezi velké množství synekenů patří např. drabčíkovití (*Staphylinidae*), někteří hmatavci (*Pselaphidae*), potěmníci (*Tenebrionidae*), mršníci (*Histeridae*), zástupci čeledi *Leiodidae*, *Scydmaenidae*, *Rhizophagidae* (BEZDĚČKA 2001, PARASCHIVESCU 1993, SMETANA 1958). LAAKSO, SETÄLÄ (1997) našli v hnízdech mravenců sedmkrát vyšší biomasu žížal než v okolní půdě. Vysokou početnost žížal vysvětlují příznivou teplotou, vlhkostí, pH a dostatkem vhodné potravy (mikroby, rozkládající se organický materiál). Před predací mravenci je chráněn vylučovaný hlen. Je možné, že žížaly svojí činností chrání hnízdo před růstem plísní. Část svého života v mraveništech tráví také larvy některých mandelínek rodu *Clytra* (*Chrysomelidae*; obr. 4),

zlatohlávků (*Scarabaeidae*), housenky některých motýlů (*Lepidoptera*), larvy některých druhů dvoukřídlého hmyzu (*Diptera*), např. pestřenek rodu *Microdon*. V hnízdech se rovněž vyskytují pavoučci rodu *Walkenaeria*, zástupci roztočů (rod *Laelaps*, *Cilibanus*), stejno-nožec *Platyarthus hoffmannseggii* BRANDT, 1883 a rybenka mravenčí (*Atelura formicaria* HEYDEN, 1855), (BEZDĚČKA 2001, FRANKENBERGER 1959). Symfilní (myrmekofilní organismy) jsou hnízdní kolonií přátelsky přijímány. Mnoho z nich je mravenci olizováno, krmeno či přenášeno (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Symfilní druhy živočichů nejsou schopny života mimo mravenišť. Symfilové jsou mravenci opatrováni, neboť vylučují zvláštní sekrety, jež mravenci olizují. V hnízdech mravenců rodu *Formica* se jedná nejčastěji o drabčíky rodů *Lomechusa* a *Lomechusoides* (HLAVAC 2005, BEZDĚČKA 2001, SMETANA 1958). Mezi symbionty patří i mravec *Formicoxenus nitidulus* NYLANDER, 1846 (BOER et al. 1995).



Obr. 4. Vrbař čtyřtečný (*Clytra quadripunctata* LINNAEUS, 1758) z čeledi mandelinkovití (*Chrysomelidae*) na povrchu hnízda mravenců *Formica polycтена* (RODLEN, jaro 2005; foto A. Véle)  
*Clytra quadripunctata* LINNAEUS, 1758 from *Chrysomelidae* family on the surface of *Formica polycтена* nest (RODLEN, spring 2005)

#### Trofobióza

Velmi zajímavým vztahem je trofobióza se mšicemi. Trofobiózou nazýváme vztah, kdy mravenci získávají od mšic (a ostatních homopter) jejich výměšky (medovice) a na oplátku chrání mravenci mšice před jejich predátory a parasitoidy (HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Početná kolonie *F. rufa* dokáže za jeden rok nasbírat až 500 kg medovice (ZOEBELEIN 1956 in HÖLLDOBLER, WILSON 1990). Přítomnost mšic v okolí hnízda je důležitá v období uchycování oddělků (KOEHLER 1976). Symbiotický vztah je pouze dočasný, poraněné mšice, které pravděpodobně nejsou zdrojem medovice (pozn. autoři), slouží jako potrava (NOVGORODOVA 2005).

#### Poděkování:

Práce vznikla za podpory grantu MZE č. 0002070201 „Druhová diverzita, populační struktura a vliv živočichů a hub na funkce lesa v antropogenně ovlivněných biotopech“. Za pomoc s úpravou fotografií děkujeme Bc. Evě Stebelské.

## LITERATURA

- ATLEGRIM, O.: Indirect effects of ant predation (Hymenoptera: Formicidae) on bilberry *Vaccinium myrtillus*. Eur. J. Entomology, 102, 2, 2005, s. 175-180
- BANSCHBACH, V. S., LEVIT, N., HERBERS, J. M.: Nest temperatures and thermal preferences of a forest ant species: is seasonal polydomy a thermoregulatory mechanism? Insectes Sociaux, 44, 1997, s. 109-122
- BARTON, K. E., SANDERS, N. J., GORDON, D. M.: The effect of proximity and colony age on interspecific competition between the desert ants *Pogonomyrmex barbatus* and *Aphaenogaster cockerelli*. American Midland Naturalist, 148, 2002, s. 376-382
- BARUŠ, V., OLIVA, O. (eds.): Obojživelníci. Praha: Academia 1992a. 340 s.
- BARUŠ, V., OLIVA, O. (eds.): Plazi. Praha: Academia 1992b. 224 s.
- BEIER-PETERSEN, B.: Bladhvespen *Lygaeonematus* Christ. som skadedyr paa rødgran i Sønderjylland. Forstl. Fors.-Vaes. Danm., 22, 1956, s. 275-355
- BEYER, K.: Bericht über den Ansiedlungsversuch der kleinen roten Waldameise im Forstamt Diepholz. Waldhygiene, 7, 1967, s. 99-105
- BEZDĚČKA, P.: Biologie lesních mravenců a inventarizace jejich hnízd. Akce *Formica* Metodická příručka č. 1. Prachatice: OV ČSOP 1982b. 31 s.
- BEZDĚČKA, P.: Lesní mravenci – Hnízda lesních mravenců. Lesnická práce, 60, 1984, s. 326-328
- BEZDĚČKA, P.: Lesní mravenci skupiny *Formica rufa* v ČSSR. Zprávy Československé společnosti entomologické při ČSAV (Klíče k určování hmyzu 3), 1982a, č. 4, s. 139-144.
- BEZDĚČKA, P.: Mravenčí hosté. *Formica* - zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 4, 2001, s. 22-25
- BEZDĚČKA, P.: Naši mravenci rodu *Formica*. *Formica* – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 3, 2000, s. 19-24
- BEZDĚČKA, P., KOČÁREK, P., ŠUHAI, J.: Rozšíření cvrčika *Myrmecophilus acervorum* (Orthoptera: Myrmecophilidae) na Moravě a ve Slezsku a poznámky k jeho biologii. Klapalekiana, 36, 2000, s. 7-17.
- BODDY, L.: Microclimate and moisture dynamics of wood decomposing in terrestrial ecosystems. Soil Biology and Biochemistry, 15, 1983, s. 149-157
- BOER, P., BOTING, P., DIJKSTRA, P., VALLENDUUK, H.: *Formicoxenus nitidulus* in the Netherlands as guest in *Formica*-nests (Hymenoptera: Formicidae, Myrmicinae). Entomologische-Berichten, 55, 1995, č. 1, s. 1-3
- BOLTON, B.: A new general catalogue of the ants of the world. Cambridge: Harvard University Press, 1995, 504 s.
- BONTE, D., DEKONINCK, W., PROVOOST, S., COSIJNS, E., HOFFMANN, M.: Microgeographical distribution of ants and their relation to the soil structure and vegetation. Animal Biology, 53, 2003, s. 367-377



- BRANDT, D., CH: 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, 30, 1980, s. 326-344
- BRUNING, A.: The effect of a single colony of the red wood ant, *Formica polyctena*, on the spider fauna (Aranea) of a beech forest floor. Oecologia, 86, 1991, č. 4, s. 478-483
- BUCHAR, J., DUCHÁČ, V., HŮRKA, K., LELLÁK, J.: Klíč k určování bezobratlých. Praha: Scientia 1995. 85 + 64 s.
- CODELLA, G. S., RAFLA, K. F.: Defence strategies of folivorous sawflies, pp. 261-294. In: Wagner, M. R., Raffa, K. F. (eds.): Sawfly Life History Adaptations to Woody Plants. Academic Press Inc., San Diego, London, 1993. 581 s.
- COENEN-STASS, D., SCHAARSCHMIDT, B., LAMPRECHT, INGOLF, L.: Temperature distribution and calorimetric determination of heat production in the nest of the wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera, Formicidae). Ecology, 61, 1980, s. 238-244
- CULVER, D. C., BEATTIE, A.: Effects of ant mounds on soil chemistry and vegetation patterns in a Colorado montane meadow. Ecology, 64, 1983, s. 485-492
- CZECHOWSKI, W., RADCHENKO, A., CZECHOWSKA, W.: The ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland. Warszawa: Museum and Institute of Zoology PAS, 2002, 200 s.
- ČAPEK, M.: Využitie nepriateľských organizmov v biologickom boji proti živočíšným škodcom, s. 374-389. In: Stolina, M. (ed.): Ochrana lesa. Príroda, Bratislava 1985. 480 s.
- DAĐOUREK, M.: Slunění na podzim? *Formica* – zpravodaj pro aplikovaný výzkum a ochranu lesních mravenců, 5, 2002b, s. 34-35
- DAĐOUREK, M.: Faktory ovlivňující přežívání mravenišť *Formica polyctena* na lokalitě Rodlen. In: Bryja, J., Zukal, J. (eds.) Zoologické dny. Brno 2002. Abstrakta referátů z konference 14. - 15. února 2002. Brno: Ústav biologie obratlovců AV ČR 2002a, s. 47
- DAĐOUREK, M.: Výzkum populační dynamiky mravence *Formica polyctena* na lokalitě Rodlen. Diplomová práce. Olomouc: Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého, Katedra ekologie, 1998. 112 + 15 s.
- DAUBER, J., WOLTERS, V.: Microbial activity and functional diversity in the mounds of three different ant species. Soil Biology and Biochemistry, 32, 2000, s. 93-99
- DOSTÁL, P.: Effects of three mound building species on the formation of soil seed bank in mountain grassland. Flora, 200, 2005, s. 1-11
- DRIESSEN, G. J. J., VAN RAALTE, A. T., DE BRUYN, G. J.: Cannibalism in the red wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae). Oecologia, 63, 1984, č. 1, s. 13-22
- EISNER, T.: Integumental slime and wax secretion: defensive adaptations of sawfly larvae. J. Chem. Ecol., 20, 1994, s. 2743-2749
- FOLGARAIT, P. J.: Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. Biology and Conservation, 7, 1998, s. 1221-1244
- FRANKENBERGER, Z.: Stejnonožci suchozemští – Oniscoidea. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd 1959. 212 s.
- FREITAG, A.: Photographic monitoring of feeding: A new technique to study the diet of Wryneck *Jynx torquilla* chicks. Alauda, 68, 2000, č. 2, s. 81-93
- FROUZ, J., KALČÍK, J., CUDLÍN, P.: Accumulation of phosphorus in nests of red wood ants *Formica* s. str. Ann. Zool. Fennici, 42, 2005, s. 269-275
- FROUZ, J., ŠANTRŮČKOVÁ, H., KALČÍK, J.: The effect of wood ants (*Formica polyctena* FOERST) on the transformation on phosphorous in a spruce plantation. Pedobiologia, 41, 1997, s. 437-447
- FROUZ, J.: The effect of nest moisture on daily temperature regime in the nest of *Formica polyctena* wood ants. Insectes Sociaux, 47, 2000, s. 229-235
- FROUZ, J.: The role of nest moisture in thermoregulation of ant (*Formica polyctena*, Hymenoptera, Formicidae) nest. Biologia, 51, 1996, s. 541-547
- GALLÉ, L.: Thermoregulation in the nest of *Formica pratensis* RETZ. (Hymenoptera: Formicidae). Acta Biologica, 19, 1973, s. 139-141
- GERARD, D., RAALTE, A., BRUYN, J.: Cannibalism in the red wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae). Oecologia, 63, 1984, s. 13-22
- GORB, E., GORB, S., PUNTTILA, P.: Effect of redispersal of seeds by ants on the vegetation pattern in a deciduous forest: A case study. Acta Oecologica, 21, 2000, s. 293-301
- GORB, E., GORB, S.: 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, 2000, s. 197-192
- GORB, S., GORB, E., SINDAROVSKAYA, Y.: Interaction between the non-myrmecochorous herb *Galium aparine* and the ant *Formica polyctena*. Plant Ecology, 131, 1997, s. 215-221
- GORB, S., GORB, E.: Dropping rates of elaiosome-bearing seeds during transport by ants (*Formica polyctena* FOERST.): Implications for distance dispersal. Acta Oecologica, 20, 1999, s. 509-518
- GOSSWALD, K.: Die Waldameise. Band 1. Biologische Grundlagen, Oekologie und Verhalten. Wiesbaden: Aula 1989. 660 s.
- GREEN, W. P., PETTERY, D. E., SWITZER, R. E.: Formicarius pedons, the initial effect of mound-building ants on soils. Soil Survey Horizons, 39, 1998, s. 31-60
- HAEMIG, P.: Interference from ants alters foraging ecology of great tits. Behav. Ecol. Sociobiol., 38, 1996, s. 25-29
- HAEMIG, P.: Predation risk alters interactions among species: competition and facilitation between ants and nesting birds in a boreal forest. Ecology Letters, 2, 1999, s. 178-184
- HAVES, C., STEWART, A. J., A., EVANS, H. F.: The impact of the ants (*Formica rufa*) on distribution and the abundance of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in a Scots pine plantation. Oecologia, 131, 2002, č. 4, s. 612-619
- HLAVAC, P.: Revision of the myrmecophilous genus *Lomechusa* (Coleoptera: Staphylinidae: Aleocharinae). Sociobiology, 46, 2005, č. 2, s. 203-250
- HÖLLDOBLER, B., WILSON, E. O.: The Ants. Berlin: Springer Verlag 1990. 732 s.
- HORÁČEK, J.: Výskyt a ekologie mravence *Formica polyctena* FOERST. na lokalitě Černá hora v Krkonoších. Diplomová práce. Brno: LDF MZLU 2000.
- HORSTMANN, K., SCHMID, H.: Temperature regulation in nests of the wood ant, *Formica polyctena* (Hymenoptera: Formicidae). Entomologia Generalis, 11, 1986, s. 229-236
- HORSTMANN, K.: Regulation der Temperatur in Waldameisen-Nestern (*Formica polyctena* FÖRSTER). Ztschr. für Naturforschung C-A Journal of Biosciences, 38c, 1983, s. 508-510

- HORSTMANN, K.: Zur Entstehung des Wärmezentrums in Waldameisennestern (*Formica polyctena* FÖRSTER, Hymenoptera, Formicidae). Zoologische Beiträge. N. F., 33, 1990, s. 105-124
- HRUŠKA, J.: Mravenci rodu *Formica*. In: Anonymus. Ochrana živočichů v ČR. Praha: ČSOP, ČÚOP, 1992, s. 21-29
- HRUŠKA, J.: Lesní mravenci. Ústí nad Labem: Krajské středisko státní památkové péče a ochrany přírody 1980. 34 s.
- HRUŠKA, J.: Ochrana a racionální využití mravenců rodu *Formica*. Prachatice: OV ČSOP 1982. 37 s.
- HRUŠKA, J.: Program *Formica*. In: Rolčík, J.: Program *Formica*. Sekretariát Praha: MV ČSOP 1990, s. 2-10.
- HRUŠKA, J.: 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, 1999, s. 27-34
- HUDEC, K. (ed.): Ptáci 2/I., 2/II. Praha: Academia 2005. 1203 s.
- HUDEC, K. (ed.): Ptáci 3/I., 3/II. Praha: Academia 1983. 1234 s.
- KARHU, K. J., NEUVONEN, S.: Wood ants and a geometrid defoliator of birch: predation outweighs beneficial effects through the host plant. *Oecologia*, 113, 1998, s. 509-516
- KLEINEIDAM, C., ROCES, F.: Carbon dioxide concentrations and nest ventilation in nests of the leaf-cutting ant *Atta vollenweideri*. *Insectes Sociaux*, 47, 2000, s. 241-248
- KOEHLER W.: Kształtowanie się stosunków trofobiotycznych przy sztucznej kolonizacji *Formica polyctena*. *Prace Instytutu Badawczego leśnictwa*, 499, 1976, s. 57-68
- KOLUBAJIV, S.: Příspěvek k bionomii, ekologii a gradologii smrkových pilatek skupiny *Nematini*. *Sborník ČAZV (Lesn.)*, 4, 1958, s. 123-150
- KORB, J., LINSEMAIR, K. E.: Thermoregulation of termite mounds: what role does ambient temperature and metabolism of the colony play? *Insectes Sociaux*, 47, 2000, s. 357-363
- KORB, J., LINSEMAIR, K. E.: The effects of temperature on the architecture and distribution of *Macrotermes bellicosus* (Isoptera, Macrotermitinae) mounds in different habitats of a West African Guinea savanna. *Insectes Sociaux*, 45, 1998, s. 51-65
- KRISTIANSEN, S. M., AMELUNG W.: Abandoned anthills of *Formica polyctena* and soil heterogeneity in a temperate deciduous forest: morphology and organic matter composition. *Eur. J. Soil Sci.*, 52, 2001, s. 355-363
- LAAKSO, J., SETÄLÄ, H.: Nest mounds of red wood ants (*Formica aquilonia*): hot spots for litter-dwelling earthworms. *Oecologia*, 111, 1997, s. 565-569
- LAAKSO, J.: Short-term effects of wood ants (*Formica aquilonia* YARR.) on soil animal community structure. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 1999, s. 337-343
- LAMPRECHT, I.: Calorimetry and thermodynamics of living systems. *Termochimica Acta*, 405, 2003, s. 1-13
- LENOIR, L., BENGTTSSON, J., PERSSON, T.: Effects of *Formica* ants on soil fauna-results from a short-term exclusion and a long-term natural experiment. *Oecologia*, 134, 2003, s. 423-430
- LENOIR, L., PERSSON, T., BENGTTSSON, J.: Wood ant nests as potential hot spots for carbon and nitrogen mineralisation. *Biol. Fertil. Soils*, 34, 2001, s. 235-240
- LENOIR, L.: Response of the foraging behaviour of red wood ants (*Formica rufa* group) to exclusion from trees. *Agricultural and Forestry Entomology*, 5, 2003, č. 3, s. 183-189
- MAAVARA, V., MARTIN, A.-J., NUORTEVA, P., OJA, A.: Sampling of different social categories of red wood ants (*Formica* s. str.) for biomonitoring. In: Markert, B. (ed.): *Environmental Sampling for Trace Analysis*. Tokyo: New-York. Cambridge: John Wiley & Sons. Weinheim 1994, s. 465-489
- MAAVARA, V.: Cold-hardiness of red wood ant of *Formica aquilonia*. In: Dokdadov, T. (ed.): *Methodology and result of insect physiology*. Tarhy: Institute of Zoology and Botany, Academy of Sciences of the Estonian Soviet Republic 1985, s. 50-54
- MABELIS, A. A.: Aggression in wood ants (*Formica polyctena* FÖRST., Hymenoptera, Formicidae). *Aggressive behavior*, 10, 1984, s. 47-53
- MABELIS, A. A.: Wood ant wars: The relationship between aggression and predation in the red wood ant (*Formica polyctena* FÖRST.). *Netherlands Journal of Zoology*, 29, 1979, s. 451-620
- MARTIN, A.-J., MAAVARA, V.: The effect of artificial heating of ant nest for the colony life of the red wood ant of *Formica aquilonia*. In: Dokdadov, T. (ed.): *Methodology and result of insect physiology*. Tarhy: Institute of Zoology and Botany, Academy of Sciences of the Estonian Soviet Republic, 1985, s. 55-60
- MARTIN, A.-J.: Ants and forest protection. In: Ljervij, T. (ed.): *Eighth Soviet Myrmecologist Symposium*. Novosibirsk: Biological Institut of Soviet Academy of Sciences 1987, s. 127-132
- MARTIN, A.-J.: Mechanisms of behaviour. Materials of third Soviet conference about ethology. Moscow: Soviet Academy of Science 1983, s. 102-105.
- MARTIN, A.-J.: Vernal thermoregulation in the nest mounds of the red wood ant *Formica aquilonia* YARROW. I. Passive warming of the nest. *Eesti NSV Teaduste Akademia Toimetised. Biologia*, 29, 1980a, s. 103-107
- MARTIN, A.-J.: 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, 1980b, s. 188-197
- MOONEY, K. A., TILLBERG, C. V.: Temporal and spatial variation to ant omnivory in pine forests. *Ecology*, 86, 2005, č. 5, s. 1225-1235
- NOVGORODOVA, T. A.: Ant-aphid interactions in multispecies ant communities: Some ecological and ethological aspects. *Eur. J. Entomology*, 102, 2005, č. 3, s. 495-501
- O'DONNELL, S., FOSTER, R. L.: Thresholds of response in nest thermoregulation by worker bumble bees, *Bombus bifarius nearcticus* (Hymenoptera: Apidae). *Ethology*, 107, 2001, s. 387-399
- PARASCHIVESCU, D.: Studies on ants and their commensal insects. *Tiscia*, 27, 1993, s. 29-31
- PEKÁR, S.: Predatory characteristics of ant-eating *Zodarion* spiders (Araneae: Zodariidae): Potential biological control agents. *Biological Control*, 34, 2005, č. 2, s. 196-203
- PETAL, J.: The influence of ants on carbon and nitrogen mineralization in drained fen soils. *Applied Soil Ecology*, 9, 1998, s. 271-275
- PRANSCHKE, A. M., HOOPER-BÚI, L. M.: Influence of abiotic factors on red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) mound population ratings in Louisiana. *Environmental Entomology*, 32, 2003, s. 204-207

- PUNTTILA, P., NIEMELÄ, P., KARHU, K.: The impact of wood ants (Hymenoptera: Formicidae) on the structure of the invertebrate community on mountain birch (*Betula pubescens* spp. *czerepanovii*). Anl. Zool. Fennici, 41, 2004, s. 429-446
- ROMEY, W. L.: Does harvester ant, *Pogonomyrmex occidentalis*, shape its mound to catch the morning sun? The Southwestern Naturalist, 47, 2002, s. 175-181
- ROSENGREN, R., FORTELIUS, W., LINDSTRÖM, K., LUTHER, A.: 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, 1987, s. 147-155
- RUPPERTSHOFEN, H.: Erfahrungen über einen kombinierten biologischen Forstschutz durch die kleine rote Waldameise, waldbrütende Vögel, Fledermäuse und Walldspinnen. Waldhygiene, 2, 1958, s. 252-257
- SCHMOLZ, E., BRÜDERS, N., DAUM, R., LAMPRECHT, I.: Thermoanalytical investigations on paper cover of social wasps. Thermochimica Acta, 361, 2000, s. 121-129
- SCHWERDTFEGER, F.: Untersuchungen über die Wirkung von Ameisenansiedlungen auf die Dichte der kleinen Fichtenblattwespe. Z. angew. Ent., 66, 1970, s. 187-206
- SCHWERDTFEGER, F.: 6. Auswirkung der Ameisenansiedlung auf das Auftreten der kleinen Fichtenblattwespe im Forstamt Cloppenburg. Aus dem Walde, 4, 1960, s. 80-92
- SCHWERDTFEGER, F.: Die kleine Fichtenblattwespe in Niedersachsen. Aus dem Walde, 1, 1957, s. 75-87
- SCHWERDTFEGER, F.: Langfristige Untersuchungen zur Niederhaltung der kleinen Fichtenblattwespe durch Ansiedlung von Waldmeisen. Forstwirtschaft. Holzwirtschaft., 26, 1971, s. 69-71
- SMETANA, A.: Drabčíkovití - Staphylinidae. Díl 1. Staphylininae. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd 1958, 435 s.
- STARÝ, B.: Užitečný hmyz v ochraně lesa. Praha: Státní zemědělské nakladatelství 1987. 104 s.
- SWENSON, J., JANSSON, A., RIIG, R., SANDEGREN, F.: Bears and ants: myrmecophagy by brown bears in central Scandinavia. Can. J. Zool., 77, 1999, s. 551-561
- VYSOKÝ, V., ŠUTERA, V.: Mravenci severozápadních Čech (Hymenoptera: Formicidae). Ústí nad Labem: Albis international 2001. 211 s.
- WEIDENMULLER, A.: The control of nest climate in bumblebee (*Bombus terrestris*) colonies: interindividual variability and self reinforcement in fanning response. Behavioral Ecology, 15, 2004, s. 120-128
- WERNER, P.: *Formicoidea*. In: Šedivý, J. (ed.): Enumeratio Insectorum Bohemoslovakie III [Hymenoptera]. Acta Faun. Ent. Mus. Nat. Pragae, 1989, 19, s. 153-156
- WERNER, P.: Klíč k určování lesních mravenců rodu *Formica*. In: Hruška J.: Lesní mravenci. Ústí nad Labem: KSSPOPOP 1980, s. 25-30.
- ZACHAROV, A. A.: Sociální struktury mravenišť. Prachatice: OV ČSOP 1984. 107 s.

## Temporary knowledge of biology and ecology of red wood ants (Hymenoptera: Formicidae)

### Summary

This article presents current experiences from biology and ecology of wood ants. Wood ants are classified into subgenus *Formica* that is represented by six species: *Formica rufa*, *Formica polyctena*, *Formica lugubris*, *Formica aquilonia*, *Formica truncorum* and *Formica pratensis*. Nests of these ants are conical up to flat consisting of underground and aboveground parts. While underground part serves as the real nest, its upper part is built from organic material and regulates losses of warmth and moisture. Shape of nest mound depends on quality of building material, temperature, lighting, air and soil moisture in the locality. Nest mound maintains optimal temperature and moisture needed for foetal development. Warm sources inside the nest mound are sunshine, metabolic warmth produced by ants as well as warmth arisen from decomposition of organic matter. Water in nests is acquired from steam condensation, rain, fog and metabolic water of ants. Moisture of nest material plays an important role in nest thermoregulation.

Ants are highly organized social insect involving individuals of three morphologically different castes: workers, males and females. Sexual individuals are developing from winter clutch that is influenced by temperature inside a nest during egg-laying. Females are fertilized during the so-called swarming; afterwards they try to find a nest of its species or its own one. Wood ants can also regenerate by setting daughter nests apart, which means separation from partial mother nest swarm.

Ants of *Formica* genus have an important impact on their environment. They change both mechanically and chemically soil composition, influence occurrence and quantity of plant species, are a part of food supply for selected species of animals. Their predatory function is also of importance. Ant nests are a biotope for many other species of animals that can be divided on synecchtrients who are driven from the ant mound, synecchtrients tolerated in the nest and ants cared by symphilies. Interesting relationship is trophobiosis with aphids. Ants get excretes (honeydew) from aphids (and other homoptera) and in return protect aphids from their predators and parasitoides.

Recenzenti: Ing. Mgr. J. Frouz, CSc.  
RNDr. P. Kočárek, Ph.D.