

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

Biologie sociálního hmyzu - náměty pro výuku

Diplomová práce

Autor: Bc. Magdaléna Kvášová

Studijní program: N 1501

Studijní obor: Učitelství biologie pro střední školy  
Učitelství pro střední školy- základy  
společenských věd

Vedoucí práce: RNDr. Pavel Pech, Ph.D.

Hradec Králové

červenec 2019

## **Prohlášení**

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

V Hradci Králové dne 15. 7. 2019

Magdaléna Kvášová

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala panu RNDr. Pavlu Pechovi, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a velkou vstřícnost při vypracovávání diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat Mgr. Barboře Svobodové za umožnění realizace pracovních listů ve výuce.

## **Anotace**

Kvášová, M. Hradec Králové, 2019. *Biologie sociálního hmyzu- náměty pro výuku*. Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. 82 s.

Diplomová práce se zabývá vývojem sociality u hmyzu. Blíže se zaměřuje na biologii mravenců. Teoretická část se zabývá základní charakteristikou sociality, vybraných skupin hmyzu a zejména mravenci. V praktické části se nachází soubor metodických materiálů pro výuku biologie sociálního hmyzu. Metodické materiály se zaměřují na význam sociálního chování a další aspekty biologie včetně významu pro ostatní organismy a člověka a jsou určeny pro žáky středních škol a příslušných ročníků gymnázií. V přílohové části diplomové práce jsou pracovní listy, které jsou využitelné při práci ve třídě, laboratoři nebo terénu.

### **Klíčová slova:**

Socialita hmyzu, mravenci, ekosystém, pracovní listy



## **Annotation**

Kvášová, M. Hradec Králové, 2019. *Biology of social insects - teaching topics*. Diploma Thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. 82 p.

The thesis deals with social insects with special focus on ants. Basic review of specific characters of selected social groups of insects as well as a set of teaching material is given. Teaching material is focused on the importance of social behaviour and social insects in natural processes including the importance for humans. It is intended for teachers and students of secondary school. Worksheets in the attachment can be used during the work in the school as well as in lab and in the field

### **Keywords:**

sociality in insects; ants, ecosystem, worksheets

# Obsah

Úvod.....	9
1 Socialita.....	10
1.1 Vývoj sociality u hmyzu a její typy .....	10
1.2 Organizace práce .....	12
1.3 Rozmnožování a péče o potomstvo .....	12
1.3.1 <i>Isoptera</i> (termiti).....	12
1.3.2 <i>Hymenoptera</i> (blanokřídlí).....	13
2 Vybrané skupiny žijící sociálně .....	14
2.1 <i>Heteroptera</i> (ploštice).....	14
2.2 <i>Dermaptera</i> (škvoři) .....	14
2.3 <i>Bombicinae a Vespidae</i> (čmeláci a vosy) .....	15
2.4 <i>Isoptera</i> (termiti).....	16
3 <i>Formicidae</i> (mravenci) .....	18
3.1 Morfologie a anatomie mravenčího těla .....	18
3.2 Rozmnožování.....	24
3.3 Hnízda mravenců .....	26
3.4 Hosté v hnízdě.....	27
3.5 Zajímaví mravenci světa.....	33
3.6 Mravenci v České republice .....	36
3.6.1 Podčeleď <i>Formicinae</i> .....	36
3.6.2 Podčeleď <i>Myrmicinae</i> .....	41
3.6.3 Podčeleď <i>Dolichoderinae</i> .....	42
3.6.4 Invazní druhy v České republice .....	43
4 Formy a metody práce ve výchovně vzdělávacím procesu .....	46
4.1 Aktivita č. 1: Mravenci všude kolem nás .....	50
4.2 Aktivita č. 2: Mraveniště v přírodě – terénní cvičení .....	53
4.3 Aktivita č. 3: Mravenci v přírodě – terénní cvičení .....	57
4.4 Aktivita č. 4: Části těla hmyzu – laboratorní práce .....	60
4.5 Aktivita č. 5: Mravenci našich lesů .....	63
4.6 Aktivita č. 6: Životní cykly.....	65
4.7 Aktivita č. 7: Exkurze do Zoo Hluboká nad Vltavou.....	67

4.8	Aktivita č. 8: Termiti .....	70
4.9	Aktivita č. 9: Didaktická hra .....	73
	Závěr.....	75
	Seznam použité literatury .....	76
	Seznam použitých obrázků.....	81

## Obsah přílohové části

Pracovní list č. 1 .....	I
Řešení k pracovnímu listu č. 1 .....	III
Pracovní list č. 2 .....	V
Řešení k pracovnímu listu č. 2 .....	VIII
Pracovní list č. 3 .....	X
Řešení k pracovnímu listu č. 3 – žákovské řešení .....	XIII
Pracovní list č. 4 .....	XVII
Řešení k pracovnímu listu č. 4 .....	XX
Pracovní list č. 5 .....	XXIII
Řešení k pracovnímu listu č. 5 .....	XXV
Pracovní list č. 6a .....	XXVII
Pracovní list č. 6b .....	XXIX
Řešení k pracovnímu listu č. 6a .....	XXXI
Řešení k pracovnímu listu č. 6b .....	XXXIII
Pracovní list č. 7 .....	XXXV
Řešení k pracovnímu listu č. 7 .....	XXXIX
Pracovní list č. 8 .....	XLII
Řešení k pracovnímu listu č. 8 .....	XLIV
Pracovní list č. 9 .....	XLVI
Řešení k pracovnímu listu č. 9 .....	XLVIII
Pracovní list č. 10 .....	L
Příloha č. 11: Seznam mravenců volně žijících v České republice .....	LXVIII
Seznam použité literatury .....	LXXI
Seznam použitých obrázků .....	LXXII

## Úvod

Socialita je jednou z nejúspěšnějších životních strategií. Sociálně žijící druhy lze nalézt napříč živočišnou říší. Mezi společensky žijící živočichy patří šelmy, primáti i člověk a mnoho bezobratlých a to zejména termity a mravenci, včely, vosy, čmeláci, ale také někteří pavouci, ploštice, škvoři, cvrčci a švábi. U různých organismů je společenský život uspořádán rozdílnými způsoby a odlišuje se i složitostí své organizace. Vzhledem k rozmanitosti a komplexnosti problematiky sociality se tato práce zabývá socialitou u hmyzu a blíže popisuje pouze některé skupiny.

V teoretické části práci je popsán vznik sociality u hmyzu. Dále jsou zde zmíněny vybrané skupiny hmyzu žijící sociálně s důrazem na mravence, se kterými se v běžném životě setkáváme velmi často a jedná se o velmi početnou a důležitou skupinu hmyzu.

V praktické části práce jsou popsány jednotlivé aktivity zahrnující metody a organizační formy, pomůcky, časovou náročnost, dále průběh samotné aktivity, metodická doporučení a reflexi. K aktivitám jsou vytvořeny pracovní listy a jejich autorské řešení případně příklad žakovského řešení. Oboje je umístěno v přílohové části diplomové práce. Všechny aktivity jsou primárně určeny pro žáky středních škol, ovšem mohou být použity také na druhém stupni základních škol. Jestliže budou tyto aktivity aplikovány v základních školách, žáci při plnění úkolů budou potřebovat větší míru podpory od učitele nebo zjednodušení úkolů. Pracovní listy lze využít při běžné výuce například v biologických seminářích nebo laboratorních činnostech. Dále je možné pracovní listy využít například v rámci projektového dne nebo dne Země, jelikož plnění některých úkolů je náročnější na čas i na vhodné podmínky. Rozsah využití pracovních listů lze přizpůsobit aktuálním požadavkům a potřebám školy a třídy, kdy se dají využít všechny pracovní listy, nebo jen některé. Cílem diplomové práce je vytvoření didaktických materiálů, které jsou využitelné při výuce a kladou důraz na činnost žáků.

# 1 Socialita

Jednou z nejdůležitějších výhod života ve skupině je zvýšená ochrana před predátory. Život ve skupině může ochranně působit tím, že zvyšuje obranu proti predátorům nebo ostražitost vůči nim. K nevýhodám tohoto způsobu života naopak patří zvýšené riziko nalezení predátory nebo parazity, nebo může podporovat kanibalismus (Mappes a kol., 1995). Konkrétním příkladem může být napadání hnízd včel, vos, všekazů nebo mravenců parazitickými houbami. Nákaza často postihuje všechny členy hnízda a nezřídka vede k zániku celého společenství, pokud se jedná například o druh entomofágní houby, který jedince usmrcuje. V případě napadení hnízda entomofilní houbou mohou být taktéž napadeni všichni jedinci hnízda, ale tyto houby nezpůsobují úhyn jedinců. Entomofilní houbou je například rod *Aegeritella*, který způsobuje vznik černých či hnědých bradaviček, které se vyskytují na nohách, hrudi nebo hlavě mravence. Mírné napadení houbou nezpůsobuje výraznější problémy, nicméně intenzivnější napadení pravděpodobně snižuje aktivitu dělnic a zkracuje délku života (Bezděčka, 1999). U sociálního hmyzu je dále zaznamenáno, že tito jedinci jsou obecně menší a stavba jejich těla méně komplexní než u příbuzných druhů, které žijí soliterně (Anderson a McShea, 2001). Ve společenstvích se také vyskytuje vnitrodruhová kompetice, která je často daleko silnější, než kompetice mezidruhová. Na druhou stranu se často ukazuje, že kompetice mezi jedinci nebo kastami může mít příznivý efekt na celou populaci (Petal, 1981).

## 1.1 Vývoj sociality u hmyzu a její typy

Problematikou vzniku sociality se zabývá mnoho teorií, které její vznik vysvětlují různými způsoby. Například genetika vysvětluje socialitu jako výhodnou strategii, při které příbuzní jedinci tím, že si navzájem pomáhají, ve větší míře šíří své vlastní geny. Přičemž u sociálně žijících živočichů dochází ke snižování variability genotypu, což zvyšuje předávání genů, které mají jedinci společné (Forman a Král, 2010).

U sociálně žijícího hmyzu lze definovat několik typů sociality. Prvním typem je soužití subsociální, kdy se rodičovský pár nebo samička stará o své nedospělé potomky po celou dobu jejich vývoje. Další typy se pak vyznačují tím, že jedinci z totožné generace žijí společně. Druhý typ soužití se nazývá komunální. Hmyz se shromažďuje ve větším společném hnízdě, ale jednotlivé samičky se starají pouze o své vlastní potomstvo. Třetím typem je kvazisociální společenství ve kterém samičky žijí společně, starají se o své potomstvo a navíc mohou pomáhat ostatním samičkám. Čtvrtým typem je semisociální společenství, ve kterém se již začíná projevovat rozlišování různých rolí, jelikož v jednom hnízdě žijí nejen členové jedné generace pohromadě a existuje vzájemná pomoc mezi samičkami při péči o potomstvo, ale existují zde i pomocní jedinci, kteří se sami nerozmnožují, ale pomáhají shánět potravu nebo brání hnízdo. Jedná se většinou o ještě ne zcela vyspělé jedince z předchozí generace. Všechny dosud zmiňované typy soužití jsou někdy souhrnně označovány jako presociální. Lze se setkat také s označením parasociální přičemž toto označení zahrnuje předchozí typy vyjma

subsociálního (Žďárek, 2013). Anderson a McShea (2001) označují takováto společenství společenstvími jednoduchými, jelikož jsou tvořeny monomorfními jedinci s pouze dočasnými typy specializovaného chování a s vysokou mírou konfliktů v rámci kolonie. Posledním typem sociálního soužití je soužití eusociální, tedy sociální v pravém slova smyslu (Žďárek, 2013). Tato společenství se dají také nazvat komplexními společenstvími (Anderson a McShea, 2001). Eusociální typ soužití se zaprvé vyznačuje tím, že ve společném hnízdě koexistuje více generací najednou, zadruhé mezi jedinci v hnízdě jsou přítomny rozdíly v morfologii (Depickère a kol, 2004; Anderson a McShea, 2001). Polymorfie mezi jedinci neznamena pouze rozdíly ve velikosti různých kast, ale může se projevovat odlišnými tvary částí těla, jako velmi zjevný příklad lze uvést neokřídlené dělnice mravenců a okřídlenou královskou kastu, možné rozdíly tvaru těla lze pozorovat i u některých vos, u kterých jsou královny stejně velké jako dělnice (Anderson a McShea, 2001). Produkce oplozených vajíček pouze královnou a nikoli dělnicemi je třetí charakteristikou eusociálního typu soužití (Depickère a kol, 2004). V takto složitém typu soužití mohou existovat různé pracovní kasty s propracovaným systémem vzájemné spolupráce při hledání potravy, péči o potomstvo, stavbě hnízda a jeho obraně (Depickère a kol., 2004). V eusociálních společenstvích se vyskytuje obrovská ztráta individuality, která se projevuje při obraně kolonie tím, že se jedinci svým chováním snaží zachránit existenci kolonie, nikoli primárně svůj život. Pro obranu užívají žihadlo, což lze vidět u včel, vos nebo často i mezi mravenci. U mravenců a termitů se lze setkat ještě s jedním typem obraného chování, které lze nazvat jako „chodící bomba“, které spočívá v tom, že mravenec nebo termít zvýšením hydrostatického tlaku uvnitř těla doslova exploduje před nepřítelem, přičemž ho potřísní lepkavou tekutinou z mandibulárních žláz. Takovýto způsob obrany má například mravenec *Camponotus saundersi* (Emery, 1889) nebo termít *Globitermes sulfureus* (Haviland, 1898) (Anderson a McShea, 2001).

Eusociální společenství lze dělit ještě na primitivně eusociální podtyp, kdy hmyz žije ve složitých společenstvech a splňuje charakteristiky platné pro eusocialitu, ale na podzim všichni jedinci v hnízdě až na mladé oplodněné samičky zahynou. Tyto samičky přezimují a poté na jaře budují nová hnízda a zakládají nová společenství. Primitivně eusociálními jsou například společenství čmeláků, vos a sršní v temperátní oblasti. Druhým podtypem je společenství vysoce sociální. U tohoto podtypu zimu přečkává celé společenstvo, nikoliv jen sama královna. Vysoce sociální eusociální společenství se nachází například u včely medonosné, mravenců a termitů. Nejstaršími eusociálně žijícími organismy na planetě jsou termít (Žďárek, 2013).

## 1.2 Organizace práce

V malých společenstvích se vyskytuje poměrně vysoká míra agresivity mezi jedinci. Společenství je řízeno a kontrolováno centrálně královnou. Naopak ve velkých společenstvích je míra agresivity mezi příslušníky menší. Řízení a celková kontrola kolonie se děje decentralizovaně, jelikož centrální řízení by kvůli množství jedinců v hnízdě bylo příliš složité až nemožné. Decentralizované řízení spočívá v tom, že jedinci reagují na lokálně vzniklé situace a jsou sebe-organizující. Decentralizovaná kontrola je velice spolehlivá a účinná, jelikož není závislá ani na velikosti kolonie a ani nevyžaduje komplexní schopnosti na úrovni jednotlivců.

V sociálním společenství jedinci řeší dva základní typy úkolů. Úkoly individuální, které řeší jedinec sám a poté úkoly skupinové, kdy se na řešení podílí více jedinců z hnízda. V jednoduchých společenstvích převažují individuální úkoly, zatímco ve společenstvích eusociálních lze pozorovat nejen individuální řešení úkolů, ale velmi často právě spolupráci na společném úkolu jakým je společná stavba částí hnízda nebo shánění potravy ve skupině. Jiným příkladem spolupráce je rozfázování úkolu na několik dílčích částí, při kterých dochází k přesunu materiálu od jedné dělnice k druhé. Příkladem může být péče o mšice, kdy menší dělnice shromažďují mšice na rostlině a předávají je větším dělnicím, které jsou přizpůsobeny k tomu, aby je odnesly na jinou rostlinu nebo zpátky do hnízda (Anderson a McShea, 2001); komplexní spolupráci různých kast vyžaduje manipulace a zpracování listů u mravenců rodů *Atta* a *Acromyrmex* (viz podkapitola 3.5).

## 1.3 Rozmnožování a péče o potomstvo

V rozmnožovacím procesu sociálního hmyzu hraje důležitou roli také hnízdní teplota. Vyšší teplota hnízda může urychlit vývoj nedospělých stadií i o několik týdnů. Proto jsou druhy, které dokázaly vytvořit v hnízdě vyšší teplotu, ve výhodě oproti druhům, které toho nejsou schopny. U sociálního hmyzu se vyvinuly v podstatě tři strategie, díky kterým zajišťují optimální teplotní podmínky pro vývoj nedospělých stadií. První strategie je založena na tom, že členové hnízda svým metabolismem produkují obrovské množství tepla. Tento způsob je možný ve velkých společenstvích, která jsou tvořena tisíci jedinci. Příkladem mohou být hnízda včely medonosné nebo tzv. lesních mravenců. Druhá strategie spočívá v přenášení potomstva z chladnějších částí hnízda do teplejších. Třetí strategie je založena na výběru vhodného, dobře izolovaného místa pro stavbu hnízda. Druhá a třetí strategie se uplatňuje zejména v chladnějším podnebí a u těch druhů sociálního hmyzu, jehož početnost je v řádu desítek jedinců. Příkladem mohou být hnízda vos nebo některých druhů mravenců (Banschbach a kol., 1997).

### 1.3.1 Isoptera (termity)

U termitů dochází v určitou roční dobu k synchronizovanému odletu mladých pohlavních jedinců z hnízd na místa, na kterých dochází k páření. Poté mladý královský pár odlétá zakládat hnízdo. Král s královnou se po založení kolonie dále páří do té doby, dokud jeden z nich nezemře. Přeživší člen královského páru se poté páří s vhodným



jedincem z hnízda a dochází tedy k příbuzenskému páření neboli inbreedingu. Tento jev není v přírodě příliš častý, nicméně u termitů probíhá, jelikož vede ke snižování genotypové variability, a tedy nastává podobná situace jako u mravenců, ve které jsou si sourozenci geneticky bližší mezi sebou než se svými potomky (Dawkins, 2003). U některých termitů je nižší genotypové variability dosahováno mechanismem stabilní translokační heterozygotnosti, která se vyskytuje u heterogametického pohlaví. V tomto mechanismu dochází při prvním meiotickém dělení k tvorbě multivalentu (řetězce, kruhu) a nikoli k tvorbě bivalentů. Do tohoto řetězce jsou začleněny i pohlavní chromozomy, které jsou následně zodpovědné za správný rozchod řetězců do dceřiných buněk. Do dceřiné buňky vždy přechází celá jedna strana řetězce (Forman a Král, 2010).

Vývoj u termitů probíhá jako proměna nedokonalá. To znamená, že ve vývojovém cyklu, který začíná stadiem vajíčka, chybí stadium kukly. Poté se z larev, které ještě nemají vyvinuté základy křídel, stávají nymfy, u kterých již jsou základy křídel vyvinuty. Následně z nich vznikají dospělí jedinci (imaga). Nymfy se již účastní práce v kolonii, čímž se výrazně odlišují od larev mravenců, které jsou zcela závislé na péči dospělých dělnic. Nymfy se starají o vejce a o symbiotické houby, nebo krmí ostatní členy hnízda (Žďárek, 2013).

### **1.3.2 Hymenoptera (blanokřídlí)**

U blanokřídlych se setkáváme s haplodiploidním systémem určení pohlaví. Samice jsou diploidní, což znamená, že jejich tělní buňky obsahují dvě sady chromozomů. Samci, kteří se rodí z neoplozených vajíček, jsou haploidní a jejich tělní buňky tedy obsahují pouze jednu sadu chromozomů. U samců tedy nemůže dojít při meioze k rekombinaci a náhodnému rozestupu homologických chromozomů, jako tomu je v případě diploidní sady chromozomů, ale předávají svým potomkům resp. dcerám celou svou genetickou výbavu. Díky tomu mají tyto dcery zhruba 75 % DNA společné (Forman a Král, 2010). Tento jev je známý jako Hamiltonova  $\frac{3}{4}$  hypotéza. Haplodiploidie v podstatě znamená, že sourozenci resp. sestry jsou si navzájem geneticky bližší než by byly se svými potomky. To má praktický důsledek v tom, že pro takovému jedince je výhodnější neopouštět hnízdo a starat se o své sourozence než hnízdo opustit a produkovat vlastní potomky, se kterými by však jedinec sdílel menší procento společných genů. (Dawkins, 2003)

Vývoj u blanokřídlych probíhá jako proměna dokonalá. Z vajíček se vylíhnou apodní (beznohé) larvy červovitého vzhledu. Larvy jsou zcela závislé na péči dospělců a je to jediné stádium ve vývoji, u kterého dochází k růstu. Larvy se také během vývoje několikrát svlékají a následně se přemění v nepohyblivé kukly, které již nerostou a nepřijímají potravu. Sociální blanokřídlí mají tzv. volnou kuklu (*pupa libera*), u které lze rozlišit všechny nově se vytvářející tělní přívěsky (Zahradník, 2004).

## 2 Vybrané skupiny žijící sociálně

### 2.1 *Heteroptera* (ploštice)

Ploštice jsou řádem, jehož zástupci osídlili prostředí vodní i suchozemské a využívají nejrůznější zdroje potravy (Kment a Vilímová, 2005). U některých ploštic můžeme pozorovat subsociální chování, kdy se zpravidla samice stará o své potomstvo. Je nutné ovšem uvést, že u některých dravých ploštic čeledi *Reduviidae* (zákeřnicovití) se o potomstvo stará samec. V České republice žije přes 800 druhů ploštic (Kment a Vilímová, 2005). Sociální ploštici, se kterou se běžně můžeme setkat v České republice, je *Elasmucha grisea* (Linnaeus, 1758) (kněžovka mateřská), která je šedozeleně zbarvená a najít ji můžeme na břízách (Žďárek, 2013). Samička klade v červnu svá vajíčka na spodní stranu březových listů (Mappes a Kaitala, 1995). Zde vajíčka a později i nymfy chrání proti predátorům (Mappes a Kaitala, 1994; Žďárek, 2013). Vajíčka a nymfy chrání vlastním tělem a proti nepříteli využívá agresivní chování, to spočívá v různém naklápění a otáčení těla směrem k dravci (Mappes a kol., 1995). Predace nejvíce ovlivňuje množství potomstva resp. je největším faktorem úmrtnosti (Mappes a Kaitala, 1994; Mappes a Kaitala, 1995). Bez mateřské ochrany reálně hrozí celému potomstvu zánik (Mappes a Kaitala, 1995) a i když samice snůšku hájí, tak zhruba 26% potomstva proti predátorům ubránit nedokáže (Mappes a kol., 1995). K hlavním predátorům patří zejména mravenci (Mappes a Kaitala, 1994, Mappes a kol., 1995) - například rodu *Formica* (Mappes a kol., 1995). Mappes a kol. (1995) dále uvádí, že mortalita potomstva u kněžovky mateřské značně koreluje s počtem mravenců na bříze. Snůška kněžovek se odvíjí od jejich velikosti. Menší samice jsou schopny ubránit pouze menší snůšky a naopak větší samice ochrání snůšku větší (Mappes a Kaitala, 1994). Samice naklade v průměru asi 50 vajec (Mappes a Kaitala, 1995). U kněžovky mateřské se může stát, že na jednom listu mají snůšky dvě samice. Tyto samice poté spolupracují při obraně, která se stává efektivnější (Mappes a kol., 1995).

### 2.2 *Dermaptera* (škvorí)

Sociální chování u škvorů je známé od první poloviny 18. století. V České republice žije sedm druhů škvorů, přičemž *Labidura riparia* (Pallas, 1773) (škvor velký) a *Anechura bipunctata* (Fabricius, 1781) (škvor dvojskvrnný) patří k ohroženým (Kočárek a Holuša, 2005). Nejznámějším druhem je *Forficula auricularia* (Linnaeus, 1758) (škvor obecný) (Žďárek, 2013). Život škvorů tohoto druhu se dá rozdělit do dvou fází. První volná fáze, ve které dochází i k páření a druhá hnízdní fáze, při které se samice stará o potomstvo (Lamb a Wellington, 1975). Samice buduje pro své potomstvo podzemní úkryt a s jeho stavbou mnohdy pomáhá samec. Před kladením vajec ale samice samce z úkrytu vyžene. Samice se o vajíčka stará - například je přenáší, aby jim zajistila optimální vlhkostní podmínky. Z vajec se na jaře líhnou nymfy, o které samice nadále pečuje a zajišťuje jim potravu (Žďárek, 2013). Nymfy mají zajištěny dva zdroje potravy. Prvním zdrojem je

drobný hmyz, který pro ně samice loví, a druhým zdrojem je regurgitace natrávené potravy přímo od samice (Staerke a Kölliker, 2008). Nymfy se osamostatňují asi po týdnu od vylíhnutí (Lamb a Wellington, 1975).

### **2.3 *Bombicinae a Vespidae* (čmeláci a vosy)**

Čmeláci a vosy patří do podřádu *Apocrita* (štíhlopasí). Čmeláci patří do čeledi *Apidae* (včelovití) a nachází se v mírném pásu severní polokoule a v horských oblastech subtropů a tropů. Nejvíce druhů žije v Asii. V české republice žije asi 30 druhů čmeláků (Valterová a Urbanová, 1997; Žďárek, 2013). Vosy patří do čeledi *Vespidae* (sršňovití). Do této čeledi jsou řazeny podčeledi *Vespinae* (pravé vosy a sršně) a *Polistinae* (vosíci).

Čmeláky řadíme k primitivně eusociálnímu hmyzu. A to primárně proto, že zimu přečkávají pouze mladé oplozené samičky. Čmeláci také nevykládají poplašné feromony a chybí jim schopnost vzájemného krmení z úst do úst. Hnízda si čmeláci budují většinou v zemi, případně v dutinách stromů nebo v ptačích budkách. V hnízdě si udržují stálou a poměrně vysokou teplotu. Teplo produkují křídelní svalovinou. Mikroklima v hnízdě jsou schopni regulovat. Čmeláci v přírodě plní funkci důležitých opylovačů. Čmeláci mají delší jazýček než včely a proto mohou opylovat i trubkovité květy, které včely opylovat nemohou. K opylovaným rostlinám patří například *Lathyrus* spp. (hrachor), *Impatiens* spp. (netýkavka), *Digitalis* spp. (náprstník) nebo *Aconitum* spp. (oměj).

U čmeláků rodu *Bombus* začíná budovat hnízdo mladá oplodněná královna, která musí nejprve nalézt místo vhodné pro zbudování hnízda a poté sama vytvoří plodové buňky, do kterých naklade vajíčka. Samička také musí sama larvy krmit, což je náročný úkol, a proto první dělnice bývají malé (Žďárek, 2013). Dospělé dělnice postupně přebírají tyto povinnosti. U čmeláků se setkáváme se třemi kastami dělnic, jejich diferenciaci řídí královna pomocí feromonů produkovaných mandibulární žlázou. Dělnice různých kast se liší způsobem chování, velikostí těla i složením feromonů, které jsou produkovány žlázami na jejich těle. První kastou jsou dělnice létavky, které do hnízda přinášejí pyl, který je zdrojem bílkovin a nektar, který je zdrojem energie. Druhou kastou jsou podřízené dělnice, které pomáhají s péčí o larvy, třetí kastou jsou dominantní dělnice, které také pomáhají s péčí o larvy, ovšem u těchto dělnic dochází, v době kdy královna produkuje méně inhibičního feromonu nebo je jinak oslabena, nejdříve k vývoji vaječnicků a produkci neoplozených vajec (Valterová a Urbanová, 1997). Když je v hnízdě dostatečný počet dělnic, neboli množství dospělých dělnic značně převyšuje množství larev, v kolonii ustává produkce dělnic a začíná produkce pohlavních jedinců. Tato změna je způsobena jednak tím, že larvy mají dostatek potravy, ale pouze dostatek péče a potravy nestačí k tomu, aby z larvy vznikla mladá královna a ne dělnice. Je zapotřebí ještě nízká koncentrace mateřského inhibičního feromonu, který produkuje královna. Pokud královna produkuje tohoto feromonu dostatek, brzdí vznik juvenilního hormonu v larvách a tím brání jejich vývinu v mladé královny. Mateřský inhibiční feromon působí i na dospělé dělnice, u kterých brání vývoji vaječnicků. Jak stárnoucí královna postupně produkuje méně a méně mateřského feromonu, začíná klást i neoplozená vajíčka, ze

kterých se líhnou trubci. Nízká koncentrace mateřího feromonu dále způsobuje vývoj vaječnicků u dělnic, které také začínají klást neoplozená vajíčka. (Valterová a Urbanová, 1997). Samečci a později i samičky vylétávají z hnízda a páří se. Na rozdíl od včel se mladá samička zpravidla páří pouze s jedním samečkem (Žďárek, 2013).

Trochu jiná situace je u pačmeláků rodu *Psithyrus*, jelikož se jedná o rod parazitující na rodu *Bombus*. Samičky pačmeláků nebudují žádná hnízda, ale kladou vajíčka do obsazených čmeláčích hnízd. Z těchto vajíček nevznikají dělnice, ale pouze pohlavní jedinci, kteří jsou odkázaní na péči hostitelských dělnic (Valterová a Urbanová, 1997).

Hnízda vos jsou jednoletá a zimní období přečkávají jen mladé oplodněné královny, proto patří stejně jako čmeláci k primitivně eusociálním společenstvím. Vosy si budují svá hnízda z hmoty podobné papíru, která je velmi odolná a po vyschnutí i tvrdá. Tato hmota vzniká smícháním vláken dřeva se slinami. Hnízda si vosy budují na chráněných místech například v dutinách stromů, pod střechami domů a chat (Kosmeier, 2018). Zatímco vosíci si budují otevřená hnízda, která nezakrývají ochranou z papíroviny, pravé vosy a sršně si budují hnízda chráněná před okolím vrstvou papíroviny. Díky tomu mohou udržovat vysokou hnízdní teplotu kolem 30°C. Navíc systém vzduchových kapes umožňuje hnízdo klimatizovat. U pravých vos a sršní hnízdo zakládá královna sama, na rozdíl od vosíků, kde hnízdo sice také zakládá královna, ale ve většině případů jí následně pomáhají další samičky, které po odchovu prvních dělnic, dobrovolně či nedobrovolně hnízdo opouštějí. V hnízdě pravých vos a sršní existuje dělba práce, ovšem nesetkáme se zde s pracovními kastami. Každá dělnice zastává určitou funkci v závislosti na jejím stáří. Během života se dělnice stará o potomstvo a krmí ho, poté se podílí na stavbě hnízda, následně loví kořist. Ke konci života sbírá nektar a hlídá vstup do hnízda (Žďárek, 2013). Jedinci mezi sebou komunikují různými způsoby, přičemž nejdůležitější je komunikace pomocí chemických signálů-feromonů.

Vosy loví pestrá škála kořisti, nejčastěji hmyz z řádu *Diptera* (dvoukřídlí) nebo *Hymenoptera* (blanokřídlí), případně *Aranea* (pavouci). U ulovené kořisti dělnice odstraní nepotřebné nevyživné části – křídla, končetiny, hlavu - poté kořist odnáší do hnízda. Zde je kořist dále rozporcována a využita jako potrava pro larvy. Dospělé dělnice se živí sladkými šťávami, například mízou stromů, šťávou ze zralého ovoce atd. Za špatného počasí se mohou dělnice živit i sladkými výměšky larev (Kosmeier, 2018). Vosy díky své dravosti brání přemnožení hmyzu a udržují tím rovnováhu v ekosystémech (Žďárek, 2013).

## **2.4 Isoptera (termiti)**

Termiti neboli všekazi žijí ve vysoce sociálních eusociálních společenstvích, ve kterých funguje kastovní systém. V příslušníka jaké kasty se nový jedince vyvine, záleží na celé řadě faktorů, například na teplotě, potravě, hormonech a působení feromonů, které působí na vajíčko i na larvy v různém stupni vývoje. Celý systém je velmi složitý. U termitů se můžeme setkat se třemi kastami, které se odlišují nejen postavením a funkcemi, ale také stavbou těla. První kastou jsou vojáci, ti zajišťují obranu kolonie,

ovšem jejich produkce začíná až druhý nebo třetí rok po vzniku kolonie. Úkolem vojáků je bránit hnízdo. Velikost jejich těla je výrazně větší než velikost dělnic. Od dělnic se liší i výrazně zvětšenými kusadly a silně sklerotizovanou hlavou. Zvětšená kusadla, která slouží k zabítí protivníka, jim však znemožňují získávat potravu, jsou tak odkázáni na krmení od ostatních dělníků. Vojáci jsou navíc vybaveni chemickými látkami různého složení a funkce sloužící k boji s nepřáteli. Tyto látky jsou v boji s nepřítelem často účinnější než kusadla. Druhou kastou jsou dělníci, kteří se starají o nedospělá stadia a shání potravu. Na rozdíl od mravenců jsou dělníky jak samci, tak samice a dokonce i vyšší instary larev. Poslední a nejvýše postavenou kastou je tzv. královský pár tvořený královnou, která klade vajíčka a samečkem. Oba se nachází v královské komoře, v podzemní části hnízda, kde jsou téměř zazděni a tudíž dobře chráněni. U královny dochází po založení hnízda a odchovu prvních dělníků k výraznému zvětšování zadečku, což je důsledkem zvětšování vaječnicků. Díky tomu královna vyprodukuje tisíce vajíček denně (Žďárek, 2013).

Termiti, kterých je známo kolem 2000 druhů, žijí v subtropích a tropech světa (Zahradník, 2004; Bezzera-Gusmão a kol., 2011). V subtropických oblastech je jejich biomasa srovnatelná s biomasou velkých kopytníků a v tropických oblastech je hmotnost jejich biomasy zhruba 750 kg/ha. V ekosystémech subtropů a tropů hrají termiti i díky své početnosti velmi důležitou roli při koloběhu látek zejména pak uhlíku. V subtropických savanách dokáží zpracovat polovinu travní hmoty, v tropických oblastech polovinu stromového opadu a až 90% odumřelého dřeva. Toto je velmi významné pro navrácení živin do ekosystému. Termitům slouží část rozložené hmoty jako potrava (Bezzera-Gusmão a kol., 2011), jelikož ve svém trávicím traktu mají střevní bičíkovce-brvitky nebo bakterie, díky nimž jsou schopni trávit celulózu (Zahradník, 2004, Žďárek, 2013), nebo si termiti pěstují na tzv. houbových plástech, tvořených nestrávenou potravou a výkaly, symbiotické houby. Termiti se živí jak podhoubím, tak částmi houbového plástu. Ve střevě termitů jsou ještě nitrifikační bakterie, které podobně jako hlízkové bakterie u *Fabaceae* (bobovité) vážou vzdušný dusík. Tento dusík poté mohou termiti využívat, jelikož jinak by měli tohoto prvku nedostatek (Žďárek, 2013).

Organická hmota, jež se nevyužije jako potrava, slouží ke stavbě hnízd (Noirot a Darlington, 2000). Termiti potřebují pro svůj život i pro optimální růst symbiotických hub stabilní teplotu kolem 30°C a velmi vysokou vzdušnou vlhkost. Proto jsou jejich hnízda vystavěna jako spleť systémů komor, chodeb a ventilačních systémů. Jsou známy tři základní typy hnízd termitů. Prvním typem je hnízdo zbudované přímo v odumřelých stromech nebo v odumřelých částech živých stromů (Hůrka a Čepická, 1978; Noirot a Darlington, 2000). Odumřelé dřevo tedy slouží zároveň jako hnízdo a zároveň jako zdroj potravy. Toto sebou nese značné omezení velikosti, růstu a životnosti kolonie v závislosti na velikosti dřeva, které kolonie nemůže opustit. Někteří termiti však budují podzemní chodby, jenž jim umožňují osídlování nových odumřelých stromů vhodných k založení hnízda (Noirot a Darlington, 2000). Asi nejznámější je druhý typ, který představuje velká hnízda s nápadnou i několik metrů vysokou

nadzemní stavbou (obr. č. 1), kterou termity budují z trusu, slin a hlíny, a je velmi odolná a pevná. Na nadzemní část navazuje podzemní hnízdo se systémem podzemních chodeb sloužících k obstarávání potravy (Hůrka a Čepická, 1978). Příkladem druhu, který tato hnízda vytváří je *Microhodotermes viator* (Latreille, 1804), žijící v jižní Africe a jeho nadzemní část hnízda může dosahovat výšky až 17 metrů přičemž četnost těchto hnízd je 1 až 7 na hektar plochy (Bezzera-Gusmão a kol., 2011).



Obr. č. 1: Nadzemní část hnízda termitů

(R. Norris, 2005, cs.wikipedia.org)

Třetím typem hnízda je hnízdo podzemní. Velikost a početnost hnízd na jednotku plochy se liší v závislosti na druhu a také na okolních podmínkách prostředí. Velká hnízda mívají menší četnost na jednotku plochy, naopak hnízda s velkou četností na plochu bývají malá (Bezzera-Gusmão a kol., 2011). Hnízda mohou být polykalická, propojená sítí podzemních chodeb (Bezzera-Gusmão, 2009).

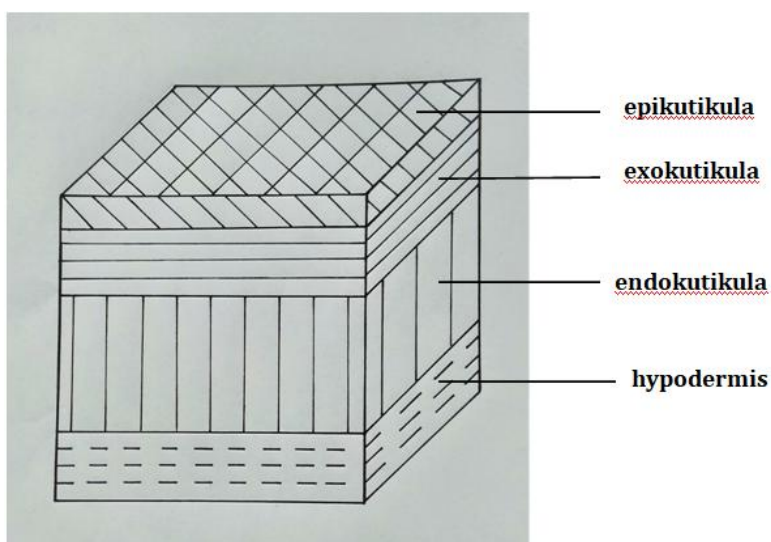
### 3 *Formicidae* (mravenci)

Mravenci patří do podřádu *Apocrita* (štíhlopasí) a do čeledi *Formicidae* (mravencovití). Čeleď mravencovití je tvořena 17 žijícími podčeleděmi, z nichž se v České republice vyskytují *Formicinae*, *Myrmicinae*, *Dolichoderinae*, *Ponerinae* a *Proceratiinae*. Do této čeledi dále patří i tři již vyhynulé podčeledi: *Sphecomyrminae*, *Brownimeciinae* a *Formiciinae*. V současné době je známo 39 tribů, 334 rodů a 13 473 druhů mravenců (Bolton, 2018).

#### 3.1 Morfologie a anatomie mravenčího těla

Tělo mravence je kryto vnější kostrou - exoskeletem, která je pevná a pružná a chrání především před únikem vody z těla a vlivy vnějšího prostředí. Základem vnější kostry je epidermis u hmyzu častěji označována jako hypodermis, ta produkuje kutikulu. Kutikula

nejen že se nachází na povrchu těla, kde je také nejsilnější, ale vystýlá i vzdušnice nebo začátek a konec trávicí soustavy. Kutikula je tvořena třemi částmi (obr. č. 2). Nejspodnější a nejmohutnější částí odpovídající za pružnost těla je endokutikula tvořená zejména chitinem, což je dusíkatý polysacharid. Na endokutikulu navazuje exokutikula, obsahující chitin, pigmenty a bílkoviny. Z bílkovin zejména tvrdý sklerotin, jenž je nejdůležitější součástí této vrstvy, dále pak resilin, který je velmi pružný a ve větší míře se vyskytuje například na kloubních spojích a zadečkových člácích (Kodřík, 2004). Pigmenty dávají mravencům typické zbarvení, přičemž mladí jedinci jsou téměř bez pigmentu a konečné zbarvení získávají až po několika měsících (Radchenko a Elmes, 2010). Nejsvrchnější částí kutikuly neobsahující chitin je epikutikula. Nejdůležitější součástí epikutikuly je bílkovina kutikulín, která zajišťuje mechanickou odolnost proti vlivům vnějšího prostředí. Dále tato vrstva obsahuje voskovité látky bránící odpařování vody (Kodřík, 2004).

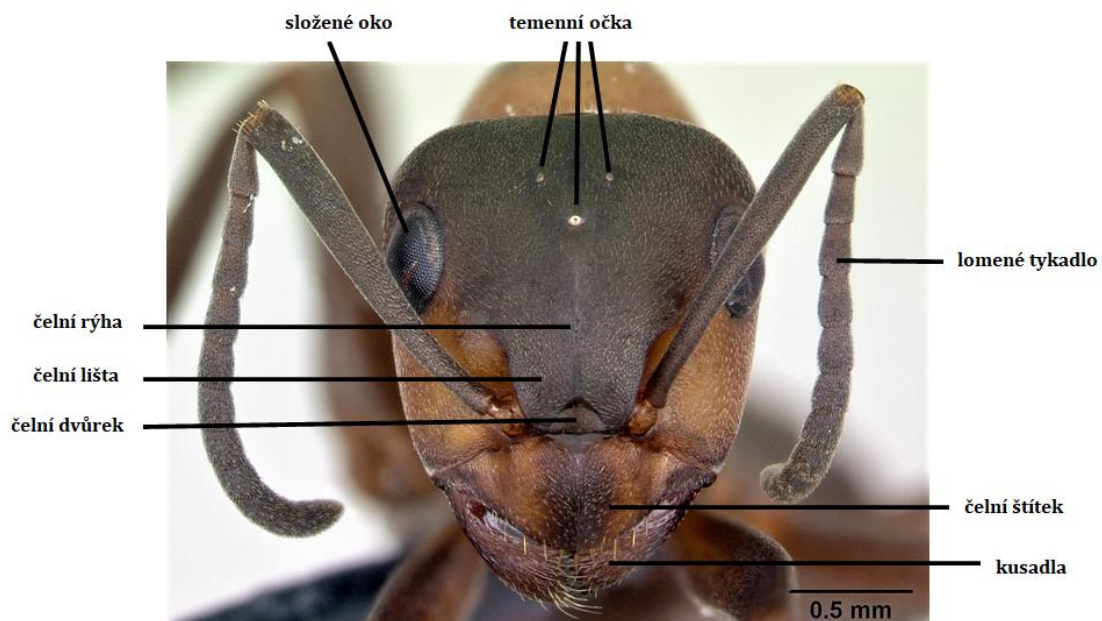


Obr. č. 2: Stavba kutikuly (Upraveno dle Kodřík, 2004, s. 9)

Tělo mravence lze rozdělit na tři hlavní části a to na hlavu (*caput*), hruď (*thorax*) a zadeček (*abdomen*). Tvar hlavy se liší podle pohlaví, kdy jiný tvar hlavy mají samci, samičky i dělnice, samozřejmě i podle jednotlivých druhů. Hlavu (obr. č. 3) lze dále rozdělit na několik morfologických částí, z nichž mnohé jsou, společně s celkovým tvarem hlavy, důležité při určování jednotlivých rodů a druhů. Zmíním například čelní rýhu, čelní lišty, čelní dvůrek a čelní štítek. Na hlavě jsou umístěny dva důležité smyslové orgány. Prvním z nich jsou lomená tykadla, která hrají důležitou roli jako senzory čichu, chuti a hmatu, a jsou pokryta jemnými chloupky různého typu a funkce (Seifert, 2018). Tykadla se nazývají lomená z toho důvodu, že první článek, který je tvoří, je dlouhý a ostatní články jsou krátké. Lomená tykadla jsou jedním z charakteristických znaků mravenců (LaPolla a kol. 2013; Pech, 2014). Jsou tak důležitým zdrojem informací, že by bez nich mravenec nedokázal přežít (Seifert, 2018). Druhým smyslovým orgánem jsou oči. Všichni mravenci mají na hlavě jeden pár složených očí, které jsou složeny z různého



množství drobných oček (*ommatidií*) – z několika až z několika set. Samci a samice mravenců mají na hlavě ještě tři jednoduchá temenní očka (*ocelli*) (Seifert, 2018), umístěna mezi složenými očima a jsou uspořádána do trojúhelníku. Tato očka se někdy nachází i u dělnic. (Sadil, 1955; Seifert, 2007). Dalším důležitým hlavovým orgánem je kousací ústní ústrojí tvořené nepárovým svrchním pyskem (*labrum*), dále svrchními pevnými kusadly (*mandibulae*), která většinou bývají ozubena. Mravenci kusadla používají k různým účelům. Například k prvotnímu rozměňování potravy, ukusování, uchopování předmětů nebo jako zbraň proti nepříteli (Sadil, 1955, Žďárek, 2013). Za svrchními kusadly se nachází jemná spodní kusadla (*maxillae*), sloužící k dalšímu zpracování potravy a také k čištění tykadel nebo končetin. Srůstem druhého páru čelistí vznikl spodní pysk (*labium*), který kryje ústní ústrojí zezadu (Sadil, 1955).

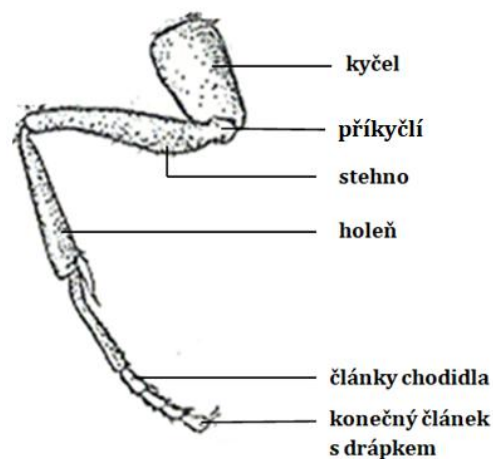


Obr. č. 3: Morfologické části hlavy s nejdůležitějšími smyslovými orgány mravence *Formica polyctena* (A. Nobile, www.antweb.org- upraveno)

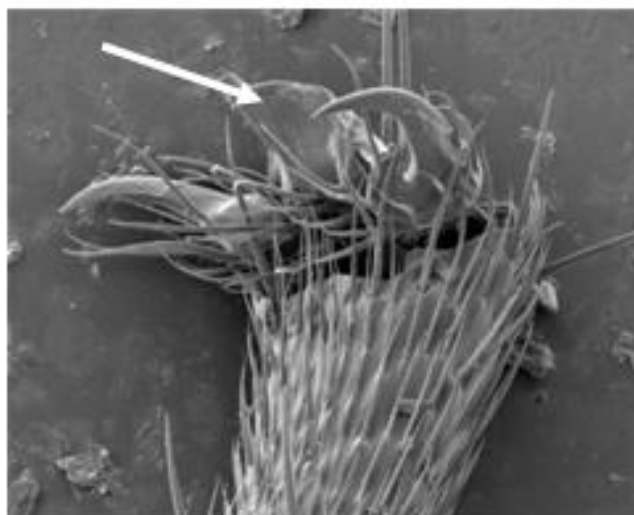
Prostřední část mravenčího těla tvoří hrud' (*thorax*), složena z několika článků: předohrud' (*prothorax*), středohrud' (*mesothorax*), zadohrud' (*metathorax*). Každou tuto část lze dále dělit na části menší, které jsou u různých druhů mravenců různě vyvinuté a zřetelné, někdy mohou i chybět Každý z těchto tří článků nese jeden pár končetin. Končetinu (obr. č. 4) u mravenců tvoří kyčel (*coxa*), na kterou navazuje příkyčlí (*trochanter*) a stehno (femur). Na stehno se upíná holeň (*tibia*) a celá končetina je zakončena článkovaným chodidlem (*tarsus*) na jehož konci jsou dva malé drápky, které mravencům umožňují obratné šplhání například po kmenu stromů. (Sadil, 1955; Seifert, 2007). K pohybu po hladkém povrchu, například listech, slouží mravencům arolium „podložka“ (obr. č. 5) umístěné mezi drápky (Federle a kol., 2001). U samců a samic středohrud' a zadohrud' ještě nese po jednom páru blanitých křídel (Seifert, 2007).



Křídla jsou protkány žilkami a příčkami, které vytváří žilnatinu. Mezi hrudí a zadečkem se nachází tělní stopka, která je pro mravence charakteristická. Tělní stopka vznikla postupnou přeměnou a oddalováním druhého zadečkového článku od ostatních zadečkových článků (Seifert, 2007). Tělní stopka velmi zlepšuje pohyblivost zadečku a umožňuje mravenci velmi efektivní nasměrování jedové žlázy nebo žihadla proti protivníkovi. Tělní stopka může být jednočlenná nebo dvoučlenná, přičemž první článek se označuje jako *petiolus* a druhý článek, pokud je přítomen, jako *postpetiolus*. U středoevropských podčeledí *Formicinae*, *Dolichoderinae*, *Ponerinae* a *Proceratiinae* je tělní stopka jednočlenná, naopak u podčeledi *Myrmicinae* je tělní stopka dvoučlenná. U jednotlivých druhů mravenců má tělní stopka různý tvar, velikost a nachází se na ní různé výrůstky, které mají ochrannou funkci a brání poškození tělní stopky tím, že regulují její maximální zakřivení (Seifert, 2007).



Obr. č. 4: Nejdůležitější části nohy mravence (Sadil, 1955 s. 23)



Obr. č. 5: Arolium mravence *Technomyrmex vitiensis*, SEM, zvětšeno 1200x (orig. P. Pech)

Zadeček (*abdomen*) má u většiny mravenců oválný tvar a je místem, kde je uložena většina důležitých orgánů. Zadeček je tvořen pláty tvrdé kutikuly, mezi nimiž se nachází intersegmentální membrána nažloutlé barvy, která umožňuje velkou roztažnost zadečku. Roztažitelnost zadečku je velmi důležitá jak pro dělnice, které díky tomu mohou mít v žaludku velké množství tekuté potravy, tak pro královnu, které roztažitelný zadeček umožňuje, aby se v jejím těle vytvářelo velké množství vajíček (Sadil 1955; Seifert 2007). Velké rozšíření zadečku po vydatném krmení je velmi dobře pozorovatelné například u mravenců z podčeledi *Formicinae*, kteří žijí v trofobióze se mšicemi. V zadečku se nachází jedový aparát, který je buď zakončen žihadlem jako například u podčeledi *Myrmicinae* a *Ponerinae*, nebo žihadlo chybí a jedová tekutina se uvolňuje na konci zadečku. Žihadlo chybí například mravencům z podčeledi *Formicinae* a *Dolichoderinae* (Seifert, 2007). Je však nutné dodat, že u sameček se žihadlo nevyskytuje nikdy, jsou u nich však přítomny kopulační přívěsky. Povrch zadečku může být holý nebo může být kryt chlupy (Sadil, 1955).

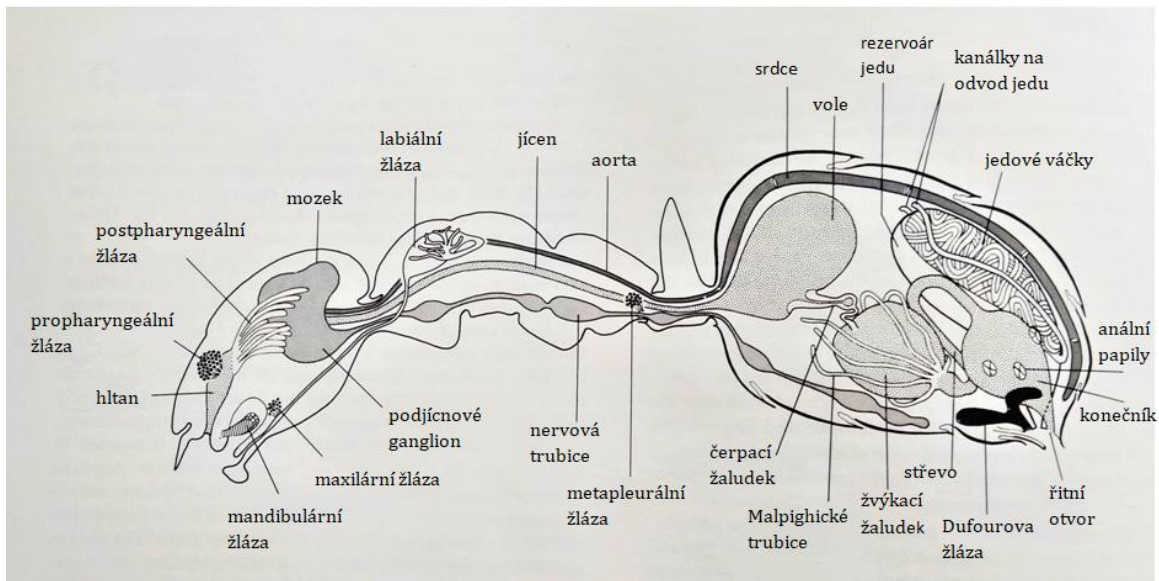
Dýchací soustava je u mravenců tvořena systémem vzdušnic (trachejí). Vzdušnice vznikají jako vchlípeniny pokožky a mají podobu trubic různého průměru, které rozvádí dýchací plyny po těle až k jednotlivým buňkám. Na povrch vzdušnice ústí průduchy (stigmaty), které svým otevíráním a zavíráním zajišťují výměnu plynů mezi jedincem a okolím. Průduchy jsou opatřeny chloupky, které brání pronikání nečistot zejména prachu a pylu do vzdušnic a mravenec nahromaděné nečistoty pravidelně odstraňuje. Vzdušnice jsou vystlány kutikulou, přičemž exokutikula má podobu vlákna stočeného do šroubovice (*taenidium*), která udržuje vzdušnice napnuté. Dýchací plyny se ve vzdušnicích pohybují zejména díky dvoufázové difúzi z míst s vyšší koncentrací do míst s nižší koncentrací. Kyslík se při vzdušné difúzi, která je první fází, pohybuje směrem dovnitř ke tkáním, kde je jeho koncentrace nižší, a oxid uhličitý se pohybuje opačným směrem. Druhou navazující fází je tkáňová difúze, tedy pohyb kyslíku v cytoplazmě k mitochondriím. V této fázi je pohyb kyslíku podstatně pomalejší než v první fázi (Kodrík, 2004).

Nervová soustava umístěná na břišní straně těla (obr. č. 6) je gangliová s výrazným hlavovým gangliem - mozkiem, které koordinuje aktivitu celého těla, jelikož může přijímat signály z jiných ganglií a smyslových orgánů hlavy. Cévní soustava je otevřená a nezajišťuje okysličování orgánů, ale rozvádí pouze živiny, hormony a odvádí odpadní látky. Tekutina, která transport zprostředkovává, se nazývá hemolymfa. Hemolymfu uvádí do pohybu dorzální céva, která se nachází na hřbetní části mravenčího zadečku. Lze tedy říci, že dorzální céva má funkci „srdce“. Oběh hemolymfy je následující: dorzální céva svými stahy nasává hemolymfu dovnitř a následně ji tlačí do aorty, která na dorzální cévu navazuje v hrudní části mravenčího těla. Hemolymfa se tak dostává do hlavové části a odtud se rozlévá do zbytku těla a postupně se vrací zpět do zadečku (Sadil, 1955; Kodrík, 2004).

Trávicí soustava (obr. č. 6) je tvořena třemi oddíly, kdy přední a zadní střevo (*stomodeum* a *proctodeum*) je vystláno kutikulou (*intima*). Trávicí soustava začíná

dutinou ústní, pokračuje hltanem a jícnem. Dále potrava putuje do volete, které je u mravenců označováno jako tzv. sociální žaludek, jelikož jeho obsah může mravenec poskytnout trofalaxí (obr. č. 7) jinému jedinci z hnízda. Z volete se potrava dostává přes čerpací žaludek do žaludku žvýkacího. Střední střevo (*mesenteron*) je hlavním místem chemického trávení a vstřebávání živin. V zadním střevě (*proctodeum*) se dokončuje trávení a dochází ke vstřebávání solí a vody. Zadní střevo je ukončeno řitním otvorem. Do počáteční části zadního střeva také ústní vylučovací soustava tvořená Malpighickými trubicemi (obr. č. 6). V horní (distální) části Malpighických trubic se filtrací hemolymfy vytváří primární moč obsahující vodu, cukry, kyselinu močovou a řadu iontů. Primární moč dále putuje dolní (distální) částí, ve které dochází ke vstřebávání cukrů, velkého množství vody a iontů. Výsledkem je definitivní moč, ve které je kyselina močová vysrážena do drobných krystalků (Kodrík, 2004).

Součástí mravenčího těla je přes 70 žláz, které vylučují sekrety různého chemického složení a plní rozmanité funkce například antibakteriální, stopovací, poplašné aj. Výměšky některých žláz – feromony – jsou také důležité pro vzájemnou komunikaci mezi mravenci a rozpoznávání členů vlastní kolonie. Na hlavě je nejnápadnější žlázou žláza mandibulární (obr. č. 6), která je párová a jejíž sekrety mají poplašný účinek. Další žlázou, jejíž výměšky pomáhají s rozpoznáváním jedinců vlastní kolonie, je žláza postpharyngeální (Nocarová, 2017). Metapleurální žláza (obr. č. 6) se vyskytuje výlučně pouze u mravenců a má ochrannou funkci proti parazitickým houbám a mikroorganismům, a také může vylučovat poplašný feromon. Nachází se na hrudi. (Hölldobler a Engel-Siegel, 1984; Yek a Mueller, 2010; Nocarová, 2017). Na zadečku se také nachází řada důležitých žláz. Největší žlázou je žláza jedová (obr. č. 6). Jed touto žlázou produkováný obsahuje kyselinu mravenčí, mnohdy i ve velmi vysokých koncentracích a dle obsahu dalších látek má na protivníka buď cytotoxické nebo neurotoxické účinky (Nocarová, 2017). Dále zde lze nalézt Dufourovu žlázu (obr. č. 6), kterou otrokářští mravenci využívají při napadání cizích hnízd, jelikož její sekrety obsahují látky, které vyvolávají zmatenost mezi napadanými dělnicemi (Pech, 2008). Mezi její další funkce zřejmě patří i zvyšování účinnosti látek produkováných jedovou žlázou. Na spodní straně zadečku jsou umístěny žlázy, které produkují stopovací feromony. Tyto látky mravenci zadečkem otírají do substrátu a tím vyznačují trasy, které při hledání potravy využívají ostatní dělnice. Jednou z těchto žláz je žláza pygidální. I na končetinách se nachází asi 20 žláz, produkující zejména zvláčňující látky pro kloubní spoje, případně také stopovací feromony (Nocarová, 2017).



Obr. č. 6: Hlavní vnitřní orgány a exokrinní žlázy mravence rodu *Formica*.  
(Hölldobler a Wilson, 1990 s. 230)



Obr. č. 7: Trofalaxe- K- sociální žaludek, M- střední střevo, R- rektum.  
(Hölldobler a Wilson, 1990 s. 292)

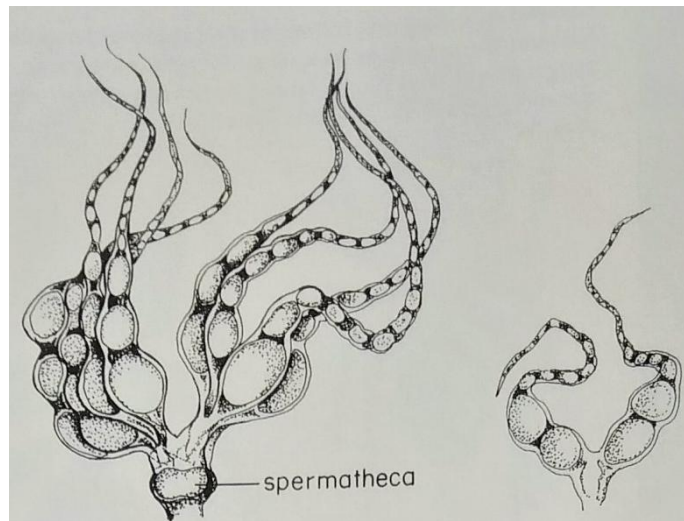
### 3.2 Rozmnožování

U mravenců se můžeme setkat se třemi kastami, které tvoří základ mravenčího společenství. První z nich jsou samci, většinou okřídlení jedinci, jejichž úkolem je ve vhodném období oplodnit mladé samičky - budoucí královny. Úkolem královen je plodit co možná největší množství potomstva. Třetí neméně důležitou kastou jsou dělnice, které se starají o běžný život kolonie (obr. č. 8). Dělnice se od královny může lišit svou menší velikostí a mohutností hrudi, ovšem nikoli vždy a u všech mravenčích druhů. Existují mravenčí královny, které se na pohled nijak výrazně od dělnic neliší. Důležitým a určujícím rozdílem je proto skutečnost, že dělnicím chybí spermatéka (obr. č. 9). Z toho

vyplývá, že dělnice díky vyvinutým vaječnícům sice mohou za jistých okolností produkovat neoplozená vajíčka, ale v žádném případě nemohou produkovat vajíčka oplodněná (Seifert, 2018). Je však vhodné poznamenat, že královna se snaží dělnicím v produkci vajíček bránit pomocí feromonů, které tlumí aktivitu jejich vaječníků (Nocarová, 2017).



Obr. č. 8: Dělnice *Myrmica sabuleti* pečující o kukly (Orig. P. Šípek).



Obr. č. 9: Vaječníciny mravence rodu *Leptothorax*. Vaječníciny královny se spermatékou - vlevo-; vaječníciny dělnice - vpravo (Hölldobler a Wilson, 1990 s. 304)

Před vznikem nové kolonie se samice-mladá královna musí spářit se samcem a jeho spermie si uložit do spermatéky, kde jí vydrží po zbytek jejího života (Hölldobler a Wilson, 1997), což znamená několik let (Gotoh a kol., 2009). Ke spáření může dojít při

zásnubním letu nebo samci přilétají za samicí, jako například u mravenců legionářů (*Ecitoninae*) (Žďárek, 2013). Královna klade oplodněná vajíčka, ze kterých vznikají dělnice a později a v menší míře nové mladé královny (Radchenko a Elmes, 2010). Vliv na vývoj oplozeného vajíčka, buď v dělnici nebo v královnu, má genetická výbava, výživa a faktory prostředí (Leppänen, 2012). Královna dále klade vajíčka neoplozená, ze kterých vznikají samci a v malém množství produkuje i vajíčka trofická, která jsou dělnicemi používána jako potrava pro larvy (Radchenko a Elmes, 2010). O potomstvo, královnu a ostatní dělnice se zpravidla starají mladé jednorocní dělnice, zatímco starší dělnice se podílí na stavbě hnízda nebo se vydávají do okolí hnízda hledat potravu (Petal, 1980).

### 3.3 Hnízda mravenců

Hnízda mravencům slouží jako úkryt před nepříznivým počasím, predátory, umožňuje také vývoj nových generací při optimální teplotě a vlhkosti pro daný druh. Existuje více typů hnízd, které se liší materiálovým složením, tvarem, velikostí (Miles, 2000b). Hnízda se dají velmi zjednodušeně rozdělit na dva typy. První typ jsou hnízda, která mravencům neumožňují udržovat stálou hnízdní teplotu, proto musí být mravenci přizpůsobeni kolísání hnízdních teplot. Na druhou stranu na vybudování takového hnízda mravenci nepotřebují vynakládat velké množství energie, navíc mohou často a bez problémů měnit stanoviště (Seifert, 2018). Tato hnízda mohou být vytvářena uvnitř větví, žaludů či oříšků (Banschbach a kol., 1997, Seifert 2018), nebo v opuštěných ulitách, pod kameny, v dutinách stromů nebo v pařezech apod. Hnízda tohoto typu si budují například rody *Temnothorax* a *Leptothorax* (Seifert, 2018).

Hnízda druhého typu umožňují udržovat (relativně) stálou hnízdní teplotu. Mohou být zcela v zemi nebo mohou mít podzemní i nadzemní část. Jsou budována z rostlinného materiálu, minerálních částic, dále ze zbytků potravy nebo koncových produktů metabolismu. Všechny tyto materiály jsou spojovány sekrety z mandibulárních žláz mravenců. Hnízda jsou tvořena sítí chodeb a komůrek. Tato architektonika pomáhá mravencům udržovat v hnízdě požadovanou teplotu a vlhkost (Petal, 1980), která je v různých částech mraveniště liší. Dělnice proto například přenáší jednotlivá vývojová stadia do různých částí hnízda tak, aby byly splněny jejich odlišné nároky na teplotu. V půdních hnízdech nelze ještě tak dobře regulovat hnízdní teplotu, ovšem mravenci se díky systému chodeb mohou v hnízdě přesunovat tak, aby se stále nacházeli v jejich teplotním optimu (Seifert, 2018). Mravenci budující tato hnízda také, vzhledem k velké tepelné kapacitě půdy a její vysoké vodivosti, ještě neudržují vyšší hnízdní teplotu (Frouz, 2005). Tato hnízda si například budují některé druhy mravenců patřících do rodů *Myrmica*, *Lasius* nebo *Tetramorium*, kteří sice většinou nadzemní stavbu budují, ale pouze malou a zhotovenou z minerálních částí. To znamená, že je zahřívána pouze od Slunce a nikoli z mikrobiálních pochodů. Mravenci budující hnízda s větší nadzemní stavbou si během vegetační sezóny v těchto částech hnízda udržují vyšší teploty než je teplota okolního prostředí. K nastolení a udržování vyšších teplot jim pomáhají zejména příznivé vlastnosti materiálů, ze kterých je tato část hnízda vybudována. Větvičky, jehličí



apod. jsou skvělými izolanty, jelikož mají malou tepelnou vodivost a nízkou tepelnou kapacitu. Navíc samotná kupa může zachycovat velké množství slunečního záření. Vyšší teplotu uvnitř hnízda mají také mravenci, jejichž hnízda se nacházejí v dutinách stromů (Frouz, 2005). Hlavním důvodem pro udržování vyšší teploty uvnitř hnízda je rychlejší vývoj nedospělých stadií, který následně umožňuje vznik více generací dělnic i pohlavních jedinců (Banschbach a kol, 1997; Frouz, 2005). Hnízda s výraznou nadzemní stavbou najdeme například u některých mravenců rodu *Formica* (*F. polyctena* (Foerster, 1850) (mravenec pospolitý), *F. rufa* (Linnaeus, 1761) (mravenec lesní) atd.), hnízda zbudovaná ve stromech jsou typická pro mravence rodu *Camponotus* (Seifert, 2018).

Početnost jedinců v hnízdě se v první řadě odvíjí od konkrétních druhů. I v rámci téhož druhu však existují často i výrazné rozdíly v množství mravenců v hnízdě, které závisí především na charakteristikách prostředí, dostupnosti potravy a stáří kolonie, kdy starší kolonie zpravidla mívají více jedinců než kolonie mladé. Množství mravenců v hnízdě není statické, nýbrž se během roku mění v závislosti na mortalitě zejména dělnic, které hledají potravu mimo hnízdo. Dynamický je i věkový profil hnízda (Petal, 1980).

### 3.4 Hosté v hnízdě

V mraveništi se velmi často vyskytují i jiní živočichové, kteří jsou s mravenci v různých vztazích. Tyto vztahy fungují jak mezi mravenci samotnými, tak mezi mravenci a jinými skupinami bezobratlých. Mezi mravenci se nachází řada sociálních parazitů (Pech, 2008), přičemž sociální parazitismus lze definovat jako vztah, ve kterém jeden druh využívá jiný eusociální druh při získávání potravy, péči o potomstvo atd. a to buď trvale, nebo dočasně. Sociální parazit v podstatě zneužívá mechanismy fungující v eusociálním společenství (Seifert, 2007; Leppänen, 2012) a zvyšuje své fitness na úkor hostitele, přičemž sociálními parazity mohou být živočichové žijící sociálně podobně jako hostitel, nebo solitérně (Leppänen, 2012).

Příkladem dočasného parazitismu mezi mravenci mohou být některé mladé královny rodu *Formica* s. str. (např. *Formica rufa* (mravenec lesní), *F. polyctena* (mravenec pospolitý)), které zakládají nové hnízdo tak, že vniknou do hnízda jiného druhu mravence zejména *Formica fusca* (Linnaeus, 1758) (mravenec otročící) náležícího do podrodu *Serviformica*, a dalších druhů tohoto podrodu, a zabijí tamější královnu. Dělnice zabité královny se poté starají jak o původní potomstvo, tak o potomstvo nové královny. Původních dělnic *Formica fusca* postupně ubývá a hnízdo se postupně promění v hnízdo *F. rufa* nebo *F. polyctena*. Dočasný sociální parazitismus lze dále pozorovat u některých mravenců rodu *Lasius* (Czechowski a kol., 2002). Mladé královny trvale sociálně parazitických mravenců taktéž pronikají do hnízda, kde zabijí královnu. Odlišují se však v tom, že dělnice těchto druhů již nejsou schopny obstarávat potravu a pečovat o potomstvo, proto musí k těmto účelům využívat dělnice jiného druhu, které získávají loupáním larev a kulek v okolních hnízdech. Typickým příkladem tohoto chování je

*Polyergus rufescens* (Latreille, 1798) (mravenec otrokář), jehož dělnice loupí larvy a kukly mravenců z podrodu *Serviformica*. U některých mravenců sociální parazitismus postoupil ještě dále. Mladé královny v tomto případě nezabíjí hostitelskou královnu, mohou však snižovat její plodnost. Hostitelská královna produkuje dělnice, které opečovávají potomstvo parazitické královny, která produkuje zejména pohlavní generace. Dělnice z jejích vajíček nevznikají téměř vůbec, a i když vzniknou, nejsou schopny plnit žádné významnější funkce (Pech, 2008).

V hnízdech mravenců se také vyskytují příslušníci jiných skupin členovců. Může se jednat o mutualisty, komenzály, predátory nebo sociální parazity. Příkladem sociálního parazita v hnízdech mravenců je brouk z čeledi *Staphylinidae* (drabčíkovití) *Lomechusoides strumosus* (Fabricius, 1792), který svými morfologickými strukturami a chováním napodobuje mravence a ze svých žláz vylučuje sekrety, které mravenci olizují. Tím tlumí agresivitu mravenců, ti si ho následně odnáší do hnízda. Zde mravenci o brouka a následně i o jeho vajíčka a larvy pečují jako o vlastní potomstvo. Výměšky brouků jsou pro mravence natolik atraktivní, že brouky v hnízdě tolerují i přes to, že kolonii přináší jejich přítomnost značné škody (Hölldobler a kol., 2018). Také *Myrmecophilus acervorum* (Panzer, 1799) (cvrčík mravenčí) (obr. č. 10) těží se své schopnosti kontaktem získat a napodobit pach mravenců, a tím je oklamat. V hnízdě pak tykadly stimuluje mravence k tomu, aby ho krmili, případně požírá jejich larvy bez toho, aby na něj mravenci reagovali agresivně (Seifert, 2018).

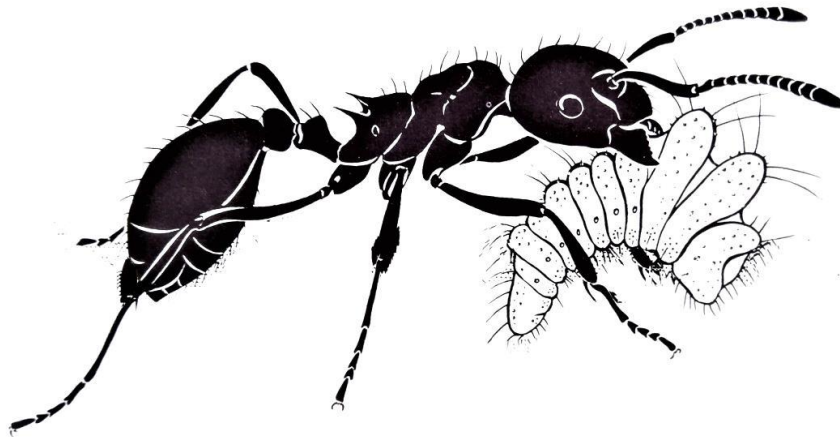


Obr. č. 10: Cvrčík mravenčí-*Myrmecophilus acervorum*  
(Gunter Tschuch, commons.wikimedia.org.)

Velmi známý je také vztah s modrásky čeledi *Lycaenidae*. Tato čeleď celosvětově zahrnuje asi 5000 druhů, přičemž většina z nich je ve vztahu s mravenci. V Palearktu má 98 druhů modrásek vztah s mravenci, kteří patří do některé z podčeledí *Formicinae*, *Myrmicinae* nebo *Dolichoderinae* (Fiedler, 2006). Housenky v tomto vztahu zpravidla produkují sladké výměšky ze žláz na svém těle, které mravence lákají. Mravenci svojí



přítomností housenky chrání před predátory na živných rostlinách po celou dobu larválního vývoje nebo je v určité fázi vývoje mohou přemístit do svého hnízda, kde dojde k jejich zakuklení (Beneš a kol., 2002). Vztah mezi mravenci a modrásky může být různě těsný (fakultativní až obligátní). V případě fakultativního vztahu dokáží larvy modrásků přežít i bez ochrany od mravenců, i když se dospělosti dožije menší množství jedinců. Pro fakultativní mutualismus je typické, že larvy modrásků mohou být ve vztahu s různými rody nebo druhy mravenců. K obligátním mutualismům patří například *Cupido minimus* (Fuessly, 1775) (modrásek nejmenší), který může být ve vztahu s mravenci *Lasius niger* (Linnaeus, 1758) (mravenec obecný), *Formica fusca* (mravenec otročící), *Myrmica rubra* (Linnaeus, 1758) (mravenec žahavý) aj. Nebo *Celastrina argiolus* (Linnaeus, 1758) (modrásek krušinový), o jehož larvy a kukly se mohou starat mravenci *Myrmica spp.*, *Lasius fuliginosus* (Latreille, 1798) (mravenec černošedý), *Lasius niger*, *Formica truncorum* (Fabricius, 1804) (mravenec pařezový) aj. Naopak v obligátním vztahu jsou již larvy modrásků plně odkázány na péči a ochranu mravenců a bez nich nedokáží přežít. Larvy modrásků, jsou v tomto vztahu specializované na péči jednoho konkrétního druhu nebo rodu mravenců. Většina obligátních vztahů mezi mravenci a modrásky je mutualistická, ale modrásci rodu *Phengaris* jsou obligátními sociálními parazity mravenců (Fiedler, 2006). Housenky těchto modrásků (obr. č. 11) napodobují před odnesením do hnízda mravenčí larvy jak tvarem těla, tak pachem. V hnízdě se pak housenky živí buď mravenčími larvami, jako tomu je u housenek *Phengaris arion* (Linnaeus, 1758) (modrásek černoskvrnný), nebo mravenci sami housenky krmí a opečovávají, s tím se lze setkat například u *Phengaris alcon* (Denis & Schiffermüller, 1775) (modrásek hořcový) (Beneš a kol., 2002).



Obr. č. 11: Dělnice rodu *Myrmica* odnášející larvu modráška do hnízda.

(Hölldobler a Wilson, 1990 s. 516)

### 3.4. Potrava mravenců a význam pro ekosystém

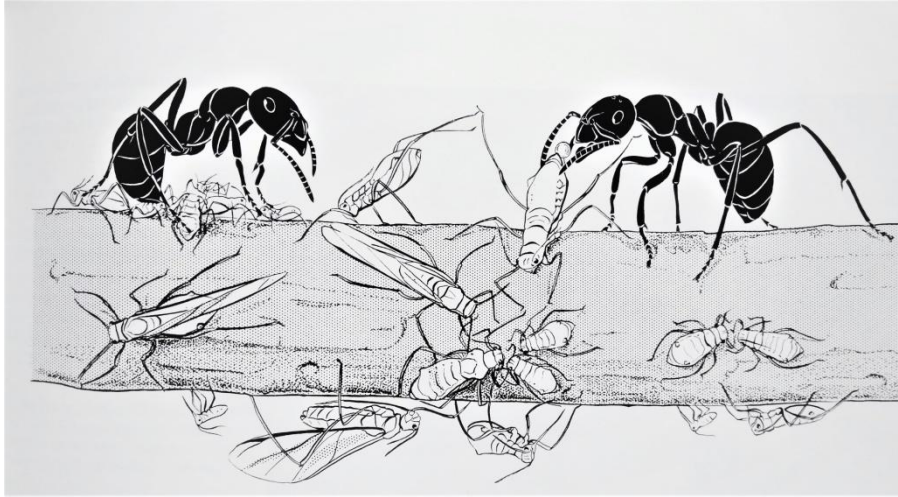
Mravenci díky své početnosti i celosvětovému rozšíření mají značný vliv na koloběh živin, udržování fungujících ekosystémů a zachovávání biodiverzity na planetě. Populace mravenců nelze nalézt pouze na Antarktidě, Grónsku, Islandu a některých izolovaných ostrovech. Druhová diverzita mravenců klesá s rostoucí nadmořskou výškou, zeměpisnou šířkou a méně častými srážkami. Na počet a druhovou diverzitu mravenců má v současnosti velký vliv člověk a jeho činnost. Negativně působí znečištění prostředí způsobené dopravou a průmyslem, a to i přesto, že mravenci jsou obecně odolnější ke znečištění než ostatní bezobratlí. Velmi negativně na množství mravenců dále působí zejména intenzivní zemědělství, spojené s umělým zavlažováním, odvodňováním, hnojením, hlubokou orbou, setím nevhodných plodin, a intenzivní pastva dobytka. I urbanizační činnost, výstavba silnic a těžba obnovitelných a neobnovitelných zdrojů může působit negativně na vitalitu a počet mravenců v dané lokalitě. Naopak tradiční - nemechanizované - zemědělské postupy využívající plodiny typické pro danou oblast a pastva nízkého počtu dobytka může diverzitu mravenců zvyšovat (Folgarait, 1998).

Velmi důležitými funkcemi mravenců v ekosystémech jsou změny fyzikálních a chemických vlastností půdy (Folgarait 1998; Dostál a kol., 2005). Mravenci půdu také promíchávají, provzdušňují a přenášejí půdní částice (Petal, 1980, Dostál a kol., 2005). Seifert (2018) uvádí, že běžný středoevropský mravenec *Lasius flavus* (Fabricius, 1782) (mravenec žlutý) při průměrné populační hustotě za rok přemístí z 1 hektaru průměrně 2 tuny zeminy a při vysoké populační hustotě až tun 7. V prostoru hnízda a v jeho bezprostředním okolí mravenci akumulují organický materiál. Na změněné vlastnosti půdy dále reagují rostliny. V blízkosti hnízda, nebo na opuštěných hnízdech, rostou druhy rostlin, které se značně liší od druhové skladby v okolí (Petal, 1980), v okolí hnízda roste větší množství myrmekofilních rostlin, jejichž semena s elaiosomem mravenci dále rozšiřují (Kovář a kol., 2001). Z toho vyplývá, že mravenci a jejich činnost zvyšují diverzitu rostlin v dané lokalitě, i když na samotných mravenišťích je druhová diverzita nižší (Folgarait, 1998). K druhům typicky rostoucím na mravenišťích patří *Festuca ovina* (Linné, 1753) (kostřava ovčí), *Rumex acetosella* (Linné, 1753) (šťovík menší), *Veronica officinalis* (Linné, 1753) (rozrazil lékařský) aj. (Kovář a kol., 2001). Na změněné půdní vlastnosti kromě rostlin reagují také půdní mikroorganismy a bezobratlí (Dostál a kol., 2005). Na našem území nejvýrazněji vlastnosti půd ovlivňuje *L. flavus* dále také *Formica* spp. a *Tetramorium caespitum* (Linnaeus, 1758) (mravenec drnový) (Kovář a kol., 2001).

Značný vliv na ekosystém má také velké množství potravy, které mravenci zkonsumují. Například průměrné hnízdo mravence *Formica polyctena* (mravenec pospolitý) na území 2700 m<sup>2</sup> během vegetační sezóny zkonsumuje 155 litrů medovice a uloví asi 6 milionů hmyzí kořisti (Folgarait, 1998). Jednotlivé druhy mravenců využívají různorodé zdroje potravy. Obecně lze říci, že za potravu mohou mravencům sloužit různí bezobratlí, semena, houby, medovice nebo nektar (Petal, 1980). Potravní spektrum mravenců je různě široké, přičemž mravenci žijící v Evropě mají potravní

spektrum spíše širší. Mravenci potravu hledají v širším okolí hnízda a při zajišťování potravy se pohybují po potravních cestách (Seifert, 2018).

Velkou skupinu mravenců tvoří mravenci živící se převážně lovem jiných bezobratlých. Lovem brání přemnožování těchto bezobratlých. Velmi patrné je to například u mravenců rodu *Formica*. Počty bezobratlých svým lovem regulují i mravenci z rodů *Myrmica*, *Leptothorax* nebo *Temnothorax*. Další velká skupina mravenců se místo lovu vydala jinou cestou. Trofobióza je důkazem provázanosti vztahů v živočišné říši. Jedná se o mutualistický vztah mezi mravenci a homopterním hmyzem (např. mšicemi a červci), který se vyvinul již nejméně před 15–20 miliony let (LaPolla a kol., 2013). Mšice v tomto vztahu mravencům poskytují sladké výměšky-medovici, která vzniká jako odpadní produkt trávení floémové šťávy rostlin v těle mšice a obsahuje směs cukrů, aminokyselin, vitamínů a minerálů. Jedná se tedy o velmi výživný a relativně stabilní zdroj potravy. Mravenci naopak konzumací medovice mšicím prospívají tím, že zabraňují zanášení povrchu rostlin sladkou hmotou, která by bránila rostlinám v respiraci a zároveň tím minimalizují hrozbu nákazy mšic houbovými chorobami. Navíc někteří mravenci mšice i chrání před predátory, umožňují přezimování vajíček mšic ve svých hnízdech a jinak o mšice pečují. Trofobióza může být vztah různě těsný. Někteří mravenci si medovicí pouze obohacují své potravní spektrum, jiní se na tento druh potravy specializovali více. Například *Lasius flavus* konzumuje výhradně medovicí produkovanou podzemními mšicemi, případně se ještě živí larvami těchto mšic (Czechowski a kol., 2002, Seifert, 2018). Populace některých mšic, například *Aphis fabae* (Scopoli, 1763) (mšice maková) nebo *Prociphilus fraxini* (Fabricius, 1777) (dutilka hnízdová), sice v přítomnosti mravenců prosperují více, ale jsou schopné života i bez přítomnosti mravenců a to neomezeně dlouhou dobu. Jedná se o fakultativní trofobionty. Jiné mšice, například *Lachnus roboris* (Linnaeus, 1758) (medovnice dubová) (obr. č. 12), *Cinara pini* (Linnaeus, 1758) (medovnice borová) nebo *Cinara piceicola* (Cholodkovsky, 1896) (medovnice malá), jsou již závislé na přítomnosti mravenců a jejich ochraně. Jedná se o obligátní trofobionty, kteří se již zcela přizpůsobili tomuto způsobu života. Například ukončení řitního otvoru mají roztřepené tak, aby lépe udrželo medovicí, navíc neprodukují voskovou vrstvu, která slouží k ochraně a kterou ostatní mšice produkují. Tyto mšice také neuvolňují medovicí náhodně, ale čekají na signál od mravence, který se tykadly dotkne jejich zadečku a až poté dojde k uvolnění medovicové kapky (Seifert, 2018).



Obr. č. 12: *Lachnus roboris* opečovávaná dělnicemi *Formica polyctena*  
(Hölldobler a Wilson, 1990 s. 523)

Další možností výživy je požívání mízy rostlin nebo šťáv sladkých plodů například slivoní (*Prunus spp.*), ostružiníků (*Rubus spp.*) nebo jahodníků (*Fragaria spp.*). Jedná se však spíše o doplňkovou výživu. Mnoho mravenců si svou výživu dále může zpestřovat sladkým nektarem z florálních nebo extraflorálních nektárií. Nektar je směsí cukrů a dalších látek, které jsou pro mravence velmi atraktivní. Nektar z florálních nektarií si snaží rostliny různými mechanismy bránit, jelikož je důležitým atraktantem pro opylovače, a přítomnost mravenců není žádoucí. Jiné rostliny si naopak přítomnost mravenců zajišťují a to vytvořením extraflorálních nektárií, která mravencům poskytují sladký nektar výměnou za ochranu, kterou rostlině poskytují před fytofágním hmyzem. Jedná se o mutualistický vztah mezi rostlinou a mravenci (Seifert, 2018). Dalším příkladem vztahu mezi rostlinami a mravenci je myrmekochorie, která je velmi rozšířená a rostlinám poskytuje celou řadu výhod, mezi které může patřit únik před predátory a zanesení na lokality s půdními podmínkami vhodnými ke klíčení (Andersen, 1988). Myrmekofilní rostliny, k tomu aby nalákaly mravence, produkují na svých semenech elaiosomy obsahující nutričně hodnotné látky zejména tuky, cukry a bílkoviny (Seifert, 2018). Mravenci tato atraktivní semena s elaiosomy odnáší do svého hnízda, kde elaiosomy slouží jako potrava pro larvy (Andersen, 1988). Vlastní semena zbavená elaiosomů již nemají pro mravence žádný význam, proto je vyhazují do blízkosti mraveniště. V našich zeměpisných šířkách hrají nejdůležitější roli při odnosu semen rody *Lasius*, *Formica*, *Leptothorax* a *Temnothorax*. K myrmekofilním rostlinám patří například některé prvosenky, violky, vlašovičnický, hluchavky nebo dymnivky (Seifert, 2018). Mravenci se také mohou semeny rostlin, která jsou bohatá na živiny, přímo živit a tím ovlivňovat druhovou diverzitu rostlin, jak kladně, tak i záporně. V našich podmínkách však není tento typ výživy příliš častý avšak u rodu *Tetramorium* tvoří značnou část výživy (Seifert, 2018). Podobně i mravenci rodu *Messor*, se živí převážně semeny (Žďárek, 2013). Někteří mravenci například rody *Formica*, *Myrmica* a *Lasius* jsou schopni konzumovat i pyl a to zejména na místech, na kterých by jinak nenašli

dostatek potravy. Pyl, který je bohatý na cukry, bílkoviny i tuky jim doplňuje deficit bezobratlých nebo medovice (Seifert, 2018).

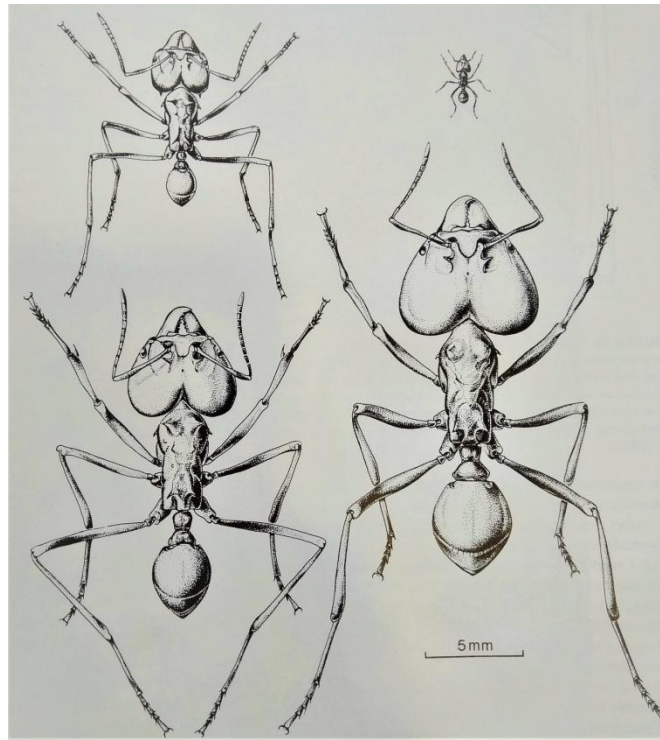
Mravenci zaujímají svou roli v ekosystému také jako potrava pro řadu dalších živočichů. Mezi druhy, kteří se mravenci živí, patří ptáci z řádu *Galliformes* (hrabaví), například *Tetrao urogallus* (Linnaeus, 1758) (tetřev hlušec), nebo *Tetrao tetrix* (Linnaeus, 1758) (tetřívka obecná), dále pak řád *Piciformes* (šplhavci), zejména pak žluny a datli. Tito ptáci se zaměřují zejména na větší druhy mravenců rodu *Formica* nebo *Camponotus* v případě *Dryocopus martius* (Linnaeus, 1758) (datel černý). Menší druhy mravenců například rodu *Lasius* loví *Jynx torquilla* (Linnaeus, 1758) (krutihlav obecný) (Miles, 2001). Mravence loví i někteří jiní bezobratlí u nás například *Cryptachaea riparia* (Blackwall, 1834) (snovačka břehová), která mravence lapá do sítí nastražených přes mravenčí potravní cesty. Nebo velmi specializovaní pavouci mravčáci (Žďárek, 2013; Kůrka a kol., 2015, Seifert, 2018), kteří svým vzhledem napodobují mravence. V České republice se vyskytují tři druhy *Zodarion germanicum* (C. L. Koch, 1837) (mravčík obecný), *Z. rubidum* (Simon, 1914) (m. skalní) a *Z. italicum* (Canestrini, 1868) (m. italský) (Kůrka a kol., 2015). Mezi predátory mravenců někdy patří i sami mravenci a možná patří mezi ty nejnebezpečnější. Může se jednat o příležitostnou predaci nebo o specializovanou potravní strategii. Vyskytovat se může i okrádání menších mravenčích druhů o kořist nesenou do hnízda většími druhy mravenců (Seifert, 2018).

### 3.5 Zajímaví mravenci světa

Zajímavou skupinou mravenců jsou mravenci legionáři podčeledi *Ecitoninae*, kteří patří k významným predátorům bezobratlých živočichů tropických a subtropických oblastí celého světa. Jedná se o mravence, kteří vždy loví v početných organizovaných skupinách a pravidelně se stěhují z místa na místo za potravou. Jejich matka je navíc trvale bezkřídlá a schopná vyprodukovat miliony vajíček za měsíc. Samci těchto mravenců jsou nápadně velcí s velkými zadečky a afričtí domorodci jim přezdívají jitrnicové mouchy. U mravenců rodu *Eciton* jsou křídla a oči vyvinuty pouze u samců, přičemž u dělnic a královen se nachází nefunkční zbytky očí. S mravenci rodu *Dorylus* se lze setkat v Africe. Kolonie těchto mravenců jsou tvořeny i několika miliony dělnic. Oči a křídla jsou vyvinuty taktéž pouze u samců.

Další zajímavou skupinou jsou mravenci rodu *Atta* a *Acromyrmex*, kteří si ve svých podzemních hnízdech na substrátu z listů pěstují za vysoké vlhkosti symbiotické houby, jejichž částmi – mycelii - se poté živí (Witte a Maschwitz, 2008; Žďárek, 2013). Mraveniště je tvořeno spleť sítí chodeb, které slouží k udržování optimální teploty a vlhkosti, která je v různých částech mraveniště odlišná. Tyto mravence najdeme v Americe, kde tvoří velmi početné kolonie čítající i několik milionů dělnic. V kolonii jsou dělnice různých velikostí (obr. č. 13), které jsou specializovány na svou funkci. Největší z nich jsou vojáci, kteří brání hnízdo. Dalšími jsou velké dělnice – stříhačky, které svými kusadly stříhají listy (obr. č. 14). Kusy listů poté odnáší jiné dělnice do hnízda. Ve hníždě jsou kusy listů menšími dělnicemi rozděleny na ještě menší kusy, kterých se ujímají

nejmenší dělnice. Ty listovou hmotu rozžvýkají a smíchají s výkaly. Vzniklá hmota poté slouží jako živný substrát pro symbiotickou houbu *Leucocoprinus gongylophora* (bělohnojník paličkonosný) (Žďárek, 2013). Mravenci rodu *Atta* mají na hrudi dokonce vytvořenou speciální propleurální žlázu, jejíž výměšky podporují přežití bakterií, které omezují výskyt nežádoucích patogenních hub, které by ohrožovaly pěstované symbiotické houby (Nocarová, 2017). Jedno hnízdo mravenců rodu *Atta* za rok zpracuje 1–2 tuny rostlinného materiálu (Folgarait, 1998).



Obr. č. 13: Velikostní rozptyl dělnic rodu *Atta* v závislosti na jejich funkci v hnízdě (Hölldobler a Wilson, 1990, s. 325)





Obr. č. 14: Mravenec rodu *Atta* stříhající listy (Hölldobler a Wilson, 1990, obrazová příloha)

Velmi zajímavým druhem mravence je *Euprenolepis procera* (Emery, 1900) (obr. č. 15), který žije v tropických deštných lesech jihovýchodní Asie. Tento druh mravence se specializoval na sběr a konzumaci nadzemních plodnic hub rostoucích volně v tropickém deštném lese. Tento způsob výživy je mezi zvířaty velmi neobvyklý, protože plodnice hub nejsou příliš výživné, navíc buňky obsahují chitinozní buněčné stěny, které většina živočichů nedokáže trávit. Velkou výhodnou této potravní strategie je nízká míra kompetice ze strany ostatních živočichů a mravenců, kteří využívají zcela jiné způsoby výživy. Mravenci druhu *Euprenolepis procera* plodnice zpracovávají tak, že dělnice ukusují části plodnic a smíchávají je s tekutinou ze žaludku. Vzniklá hmota poté v hnízdě fermentuje asi týden a poté slouží jako potrava pro dospělé i larvy. Mravenci jsou schopni za jednu noc zpracovat několik plodnic. Jelikož se tyto mravenci živí volně rostoucími druhy hub, musí se po jejich zpracování v určité lokalitě stěhovat, a to poměrně často, na lokalitu novou, proto si hnízda vytváří v různých dutinách a nebudují složitou hnízdní konstrukci (Witte a Maschwitz, 2008).



Obr. č. 15: Dělnice druhu *Euprenolepis procera*  
(M. Borowiec, [www.antweb.org](http://www.antweb.org)).

### 3.6 Mravenci v České republice

Na území České republiky se v současné době vyskytuje 111 druhů mravenců žijících ve volné přírodě a dále pak 5 druhů, které byly na území republiky zavlečeny (viz příloha č. 11) (Werner a kol., 2018). Mezi klíčové rody myrmekofauny pro temperátní Holarktickou oblast patří rody *Lasius*, *Formica*, *Myrmica*, *Temnothorax*, *Camponotus* a *Tetramorium* (Czechowski a kol., 2002; Werner a kol., 2018).

#### 3.6.1 Podčeleď *Formicinae*

Do této podčeledi řadíme rody *Lasius*, *Formica* a *Camponotus*. Do rodu *Lasius* patří asi 80 holarktických druhů. V palearktické oblasti z nich žije kolem 50 (Czechowki a kol., 2002). Přímo v České republice se vyskytuje 22 druhů (Werner a kol., 2018). Rod *Lasius* patří k běžným druhům mírného pásu. Jedná se o středně velké mravence o velikosti kolem 6 mm. V České republice se často můžeme setkat s mravenci druhů *Lasius niger* (mravenec obecný) a *Lasius flavus* (mravenec žlutý). *L. niger* (obr. č. 16) má nelesklé do černa zbarvené tělo, *L. flavus* (obr. č. 17) má taktéž nelesklé tělo, ale je zbarvený do žluta. *L. niger* patří mezi všežravé mravence naopak hlavní složku potravy mravenců druhu *L. flavus* tvoří medovice produkovaná kořenovými mšicemi.





Obr. č. 16: Dělnice druhu *Lasius niger*  
(A. Nobile, [www.antweb.org](http://www.antweb.org))



Obr. č. 17: Dělnice druhu *Lasius flavus*  
(A. Nobile, [www.antweb.org](http://www.antweb.org))

Dalším nápadným druhem žijícím na našem území je *Lasius fuliginosus* (mravenec černolesklý), jehož potravou je medovice, ale také bezobratlí. *L. fuliginosus* (obr. č. 18) má lesklé do černa zbarvené tělo a obývá listnaté a smíšené lesy, kde hnízdí v dutinách stromů, případně si buduje hnízda podzemní. Mladé královny zakládají hnízdo sociálně paraziticky v hnízdech mravence *Lasius umbratus* (Nylander, 1846), který taktéž žije na našem území. *Lasius umbratus* zakládá svá hnízda taktéž sociálně paraziticky a to v hnízdech *L. niger* (Czechowski a kol., 2002). *L. fuliginosus* je tedy vlastně sociální hyperparazit.



Obr. č. 18: Dělnice druhu *Lasius fuliginosus*  
(A. Nobile, www.antweb.org)

Rod *Formica* zahrnuje asi 170 druhů vyskytujících se v holarktické oblasti (Seifert, 2018). V Palearktu jich žije asi 50 (Bezděčka, 2000a) a v České republice se vyskytuje druhů 18 druhů (Werner a kol., 2018). Mravenci rodu *Formica* se živí převážně lovem bezobratlých, medovicí, příležitostně využívají i nektar. Do rodu *Formica* patří čtyři podrody. Jedná se o podrody *Serviformica*, *Raptiformica*, *Coptoformica* a *Formica s. str.* (Bezděčka, 2000a, Seifert, 2018). Mladé oplozené královny rodu *Formica* se nedokáží sami postarat o své larvy tak, jak to z počátku dělají královny některých jiných druhů například *Lasius niger* aj. Tyto královny mají tedy dvě možnosti. Buď naleznou hnízdo svého druhu, které je přijme, nebo založí novou kolonii pomocí dočasně sociálního parazitismu (Czechowski a kol., 2002). Výjimku tvoří mravenci podrodu *Serviformica*, kteří jsou schopni založit novou kolonii bez toho, aby dočasně sociálně parazitovali na jiných mravencích. Do podrodu *Serviformica* patří například *Formica fusca* (mravenec otročící), která si hnízda zakládá na slunných, sušších stanovištích zejména ve světlých lesích, nebo na okrajích lesů. Naopak se vyhýbá lesům s příliš zapojenou vegetací nebo velmi slunným loukám. V hnízdě obvykle žije 300 až 3000 dělnic. Hnízda jsou zpravidla polygynní s až 15 královnami. Dalším zástupcem je *Formica lemani* (Bondroit, 1917), která si ve střední Evropě zakládá hnízda od montánního do subalpínského stupně. Hnízda tohoto druhu zde lze nalézt na pastvinách, loukách, vřesovištích nebo také na místech, kde došlo k požáru, nebo pokácení lesa a tak k výrazné změně podmínek na lokalitě. Hnízda si *Formica lemani* buduje v zemi, pod kameny nebo ztrouchnivělou kůrou. Ve zpravidla polygynních hnízdech může žít 1000 až 9000 dělnic. Zajímavostí u tohoto druhu je, že je hlavním opylovačem *Chamorchis alpina* (Rich, 1818) (vstaváček alpský) z čeledi *Orchideaceae* (vstavačovitě) (Seifer, 2018). Do podrodu *Raptiformica* se řadí *Formica sanguinea* (Latreille, 1798) (mravenec loupeživý), která se vyskytuje na mnoha typech stanovišť a její hnízda mohou být monogynní až polygynní. Průměrně bývá v hnízdě 2000 až 7500 dělnic. Do podrodu *Coptoformica* patří například *Formica exsecta* (Nylander, 1846) (mravenec pastviný), která si hnízda buduje ve světlých

lesích, nebo na okrajích lesů, méně často pak na suchých loukách. Hnízda *F. exsecta* jsou zpravidla polygynní podobně jako hnízda *Formica foreli* (Bondroit, 1918) mravenec Forelův). *F. foreli* si buduje nadzemní část hnízda o polovinu menší než *F. exsecta* jen asi 25 cm vysokou.

Podrod *Formica s. str.* lze definovat i jako tzv. skupinu lesních mravenců. Tito mravenci se vyskytují v lesních porostech nebo v jejich blízkosti, přičemž každý druh má poněkud odlišné nároky na vlhkost a světlo. Dělnice lesních mravenců hledají potravu až 100m od hnízda (Miles, 1999) a hlavní součástí jejich potravy jsou bezobratlí a medovice. Světломilnými a zároveň suchomilnými druhy obtížně se vyrovnávajícími se zvýšenou vlhkostí jsou *Formica pratensis* (Retzius, 1783) (mravenec travní) a *Formica truncorum* (mravenec pařezový) (Miles, 1999). *Formica pratensis* si hnízda buduje na lesních okrajích (Miles, 2000b), ale i na pastvinách, loukách, železničních náspech (Miles, 2000a). Hnízda bývají plošší a převážně z hlíny, malých kamínků a rostlinného materiálu a jsou zpravidla monogynní. Hnízda dalšího zástupce *Formica lugubris* (Zetterstedt, 1838) (mravenec podhorní) mohou být taktéž monogynní, ale i polygynní. V Evropě se s tímto druhem můžeme setkat v montánním a subalpínském stupni, kde si buduje hnízda v lesních porostech (Seifert, 2018). *Formica truncorum* si zpravidla vytváří poměrně drobné hnízdní kupy v pařezech nebo u nich (Miles, 2000a). Na území naší republiky se vyskytuje vzácněji. Vzácně se na území České republiky vyskytuje i *Formica aquilonia* (Yarrow, 1955) (mravenec boreální) (Miles, 2000b).

K nejznámějším druhům lesních mravenců patří *Formica rufa* (mravenec lesní) a *Formica polyctena* (mravenec pospolitý). Tyto dva druhy jsou si velmi podobné a to jak vzhledem, tak svou biologií proto byly v odborné literatuře dlouhou dobu uváděny jako druh jeden. (Bezděčka, 2000a) nicméně jak ukázal výzkum mitochondriální DNA, tyto druhy se mezi sebou mohou křížit (Goropashnaya a kol., 2004). *Formica rufa* (obr. č. 19) a *Formica polyctena* se vyskytuje převážně v jehličnatých a smíšených lesích. Hnízda si budují na slunných místech uvnitř lesa nebo na lesních okrajích (Czechowski a kol., 2002). Hnízda obou druhů bývají velmi velká a čítají stovky tisíc dělnic. Mohou být polygynní s až 100 královnami a 500 000 dělnic nebo monogynní, kdy se počet dělnic pohybuje do 500 000 (Czechowski a kol., 2002). *F. rufa* častěji vytváří solitérní monogynní hnízda zatímco *F. polyctena* spíše hnízda polygynní (Miles, 2001; Seifert, 2018). Vzhledem ke své početnosti si *F. rufa* buduje velká hnízda s nápadnou nadzemní stavbou. Průměrná výška nadzemní stavby se pohybuje kolem půl metru, obvod bývá i několik metrů. Průměr základny je asi 1 metr. Nadzemní část hnízda je velmi často budována u kmene stromů, na tlejícím pařezu, který je postupně překryt jehličím a drobnými větvičkami, které tvoří hlavní stavební materiál pro tuto část hnízda. (Czechowski a kol., 2002), dalším materiálem mohou být drobné kameny nebo pupeny rostlin (Bezděčka, 2000b). Podzemní část hnízda může zasahovat i do hloubky 2 metrů (Miles, 2000b). *F. polyctena* si taktéž buduje velká hnízda, ale oproti *F. rufa* je materiál tvořící nadzemní část hnízda jemný a tvořený téměř výhradně z jehličí (Bezděčka, 2000a).



Obr. č. 19: Dělnice druhu *Formica rufa*  
(A. Nobile, [www.antweb.org](http://www.antweb.org))

Rod *Camponotus* se vyskytuje celosvětově a zahrnuje asi 1000 druhů (Czechowski a kol., 2002; Seifert, 2018). V palearktické oblasti žije asi 150 druhů (Seifert, 2018) a přímo v České republice se vyskytuje druhů 8 (Werner a kol., 2018). Mravenci tohoto rodu si mohou budovat hnízdo v zemi, ale typicky si vytváří hnízdo v kmenech nebo větvích stromů, ve shnilých pařezech apod. (Czechowski a kol., 2002). Typická pro tyto mravence je přítomnost bakteriálních symbiontů rodu *Blochmannia* ve střevě případně vaječnicích, kde produkují důležité aminokyseliny a pomáhají se zpracováním dusíku (Seifert, 2018). Mezi druhy žijící na našem území například patří *Camponotus herculeanus* (Linnaeus, 1758) (mravenec obrovský), který si hnízda buduje ve kmenech jehličnatých stromů ve vyšších nadmořských výškách. *Camponotus ligniperda* (Latreille, 1802) (mravenec dřevokaz) (obr. č. 20). Oba tyto mravenci jsou zároveň největšími mravenci na našem území (Seifert, 2018; Werner a kol., 2018).



Obr. č. 20: Dělnice druhu *Camponotus ligniperda*  
(A. Nobile, [www.antweb.cz](http://www.antweb.cz))



### 3.6.2 Podčeled' *Myrmicinae*

Tato podčeled' je zastoupena například rody *Myrmica*, *Temnothorax* a *Tetramorium* (Werner a kol., 2018). Rod *Myrmica* se vyskytuje v holarktické oblasti, kde je zastoupen asi 150 druhů (Czechowski a kol., 2002), přičemž v České republice se vyskytuje 16 druhů (Werner a kol., 2018). S mravenci rodu *Myrmica* se můžeme setkat na loukách, kde si budují hnízda buď s malou nadzemní stavbou, nebo bez ní v závislosti na výšce travního porostu. Dále se druhy rodu *Myrmica* vyskytují v lesích nížinných i horských oblastí. Zde si hnízda vytváří uvnitř spadlých větví, pod tlejícím dřevem nebo v žaludech. Hnízdní stanoviště se často během roku mění, ale na druhou stranu existují i druhy, které hnízdí řadu let na stejném místě. Počet dělnic v hníždě nebývá příliš vysoký – nejčastěji v hníždě žije asi 200 až 500 dělnic. Hnízda jsou zpravidla polygynní. Velikost dělnic je v průměru asi 5 mm a jejich zbarvení se pohybuje v odstínech hnědo-červené nebo hnědo-žluté. Mravenci rodu *Myrmica* se živí lovem bezobratlých živočichů. Potravní spektrum si doplňují medovicí nebo nektarem (Radchenko a Elmes, 2010). *Myrmica rubra* (mravenec žahavý) patří v České republice k běžným mravencům (Werner a kol., 2018), který má načervenalé zbarvené tělo (obr. č. 21) a svá podzemní hnízda si buduje na loukách nebo v zahradách. *Myrmica rubra* svou kořist loví nejen na zemi, ale také přímo na stromech a keřích (Radchenko a Elmes, 2010). Dalším druhem běžným v ČR je například *Myrmica sabuleti* (Meinert, 1860) (mravenec laločnatý) (Werner a kol., 2018). Tento mravenec je také hostitelem vzácného motýla *Phengaris arion* (modrásek černoskvrný) (Radchenko a Elmes, 2010).



Obr. č. 21: Dělnice druhu *Myrmica rubra*  
(A. Nobile, [www.antweb.org](http://www.antweb.org)).

Dalším rodem, který se vyskytuje v České republice je rod *Temnothorax*. V České republice se vyskytuje 11 druhů (Werner a kol., 2018), převážně v listnatých nebo jehličnatých lesích, případně v městských parcích. Tito velmi drobní mravenci se živí

lovem bezobratlých a také sbírají sladké výkaly mšic, ale se mšicemi nejsou v mutualistickém vztahu. Roznáší také drobná semena myrmekofilních rostlin. Hnízda těchto mravenců se nachází pod kameny, v zemi nebo prázdných žaludech. Hnízda jsou monogynní (Seifert, 2018). K zástupcům vyskytujících se na našem území například patří *Temnothorax crassispinus* (Karavaiev, 1926) (mravenec dlouhoostný), *T. parvulus* (Schenk, 1852) (m. maličký) nebo *T. nigriceps* (Mayr, 1855) (m. temnohlavý) (Werner a kol., 2018). *T. parvulus* a *T. nigriceps* se vyskytují na našem území vzácně například v národní přírodní rezervaci Mohelenská hadcová step, která je svými podmínkami a žijícími druhy rostlin i živočichů unikátní u nás i v Evropě (Bezděčková a Bezděčka, 2017). Do rodu *Tetramorium* patří více než 420 holarktických druhů převážně se vyskytujících v tropických a subtropických oblastech (Seifert, 2018). V České republice se vyskytuje sedm druhů (Werner a kol., 2018). Všechny druhy vyskytující se v Evropě jsou všežravé, i když výraznou část potravy tvoří semena (Radchenko a kol., 1998; Seifert, 2018). Hnízda si tyto mravenci budují pod kameny nebo v zemi. Hnízda mohou mít i nadzemní část. Na našem území byl poprvé objeven a popsán druh *Tetramorium moravicum* (Kratochvíl, 1914) (obr. č. 22), který se vyskytuje i v okolních středoevropských státech. Jedná se o teplomilný druh vyskytující se na suchých stanovištích s nízkou nezapojenou vegetací (Radchenko a kol., 1998).



Obr. č. 22: Dělnice druhu *Tetramorium moravicum*  
(E. Ortega, [www.antweb.org](http://www.antweb.org))

### 3.6.3 Podčeleď *Dolichoderinae*

Do této podčeledi patří mimo jiné rod *Dolichoderus*. Naším jediným zástupcem tohoto rodu je *Dolichoderus quadripunctatus* (Linnaeus, 1771) (mravenec čtyřtečný), jehož nápadným znakem jsou čtyři světlé skvrny na zadečku (obr. č. 23) (Seifert, 2018). Jedná se o druh žijící převážně ve střední a jižní Evropě. Hnízda si nejčastěji buduje v odumřelých kmenech stromů. Hnízda vytváří monogynní většinou se 150 až 200

dělnicemi. Dalším rodem patřícím do této podčeledi je rod *Tapinoma*, u kterého je známo asi 20 paleartických druhů. Ve střední Evropě je původní například druh *Tapinoma erraticum* (Latreille, 1798) (mravenec potulný), jehož hnízda, budovaná pod zemí výjimečně s malou hliněnou nadzemní stavbou, jsou polygynní s až 20 královnami a několika stovkami dělnic. (Czechowski a kol., 2002).



Obr. č. 23: Dělnice druhu *Dolichoderus quadripunctatus*  
(A. Nobile, [www.antweb.org](http://www.antweb.org))

### 3.6.4 Invazní druhy v České republice

Na naše území se dostali invazní druhy mravenců díky člověku a jeho aktivitám z tropických a subtropických oblastí světa. Kvůli tomu, že nejsou adaptováni na chladné počasí, nejsou schopni přežít ve volné přírodě. Na druhou stranu se velmi dobře přizpůsobili životu ve vytápěných budovách, domech, sklenících, kde jejich kolonie mohou být velmi početné a značně lidem znepríjemňovat užívání těchto prostor. Známým a rozšířeným invazním druhem je *Monomorium pharaonis* (Linnaeus, 1758) (mravenec faraon) (Klimeš, 2016), který byl do Evropy zavlečen ve 30. letech 19. století (Seifert, 2018) a v České republice se objevil v 1. polovině 20. století nejprve v Praze a poté i v dalších městech republiky. Tento 2 mm velký mravenec je rezavě zbarven (obr. č. 24). *Monomorium pharaonis* je všežravec, avšak preferuje potravu bílkovinnou. Kolonie tohoto mravence jsou silně polygynní a velmi početné (Klimeš, 2016). V jedné kolonii může být i 2000 královen. Každá během svého krátkého života 3–12 měsíců vyprodukuje zhruba 1000 vajíček, přičemž čím je počet královen v hníždě nižší, tím je jejich plodnost vyšší (Seifert, 2018).



Obr. č. 24: Dělnice druhu *Monomorium pharaonis*  
(E. Prado, [www.antweb.org](http://www.antweb.org)).

Dalším druhem mravence, který se na naše území rozšířil z tropických a subtropických oblastí, je *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius, 1793). Podobně jako *Monomorium pharaonis*, v našich podmínkách dokáže přežít chladné období pouze ve vytápěných prostorech. Tento mravenec velikostí těla nepřesahuje 1,5 mm a jeho končetiny a zadeček jsou průhledné. Zbytek těla je výrazně tmavší (obr. č. 25). Díky svému z velké části průhlednému tělu, malé velikosti a rychlému pohybu bývá tento druh označován jako „ghost ant“ „mravenec duch“. Kolonie tohoto druhu jsou polygynní.



Obr. č. 25: Dělnice druhu *Tapinoma melanocephalum*  
(A. Nobile, [www.antweb.org](http://www.antweb.org)).



Na území naší republiky žijí i dalšími zavlečenými druhy mravenců. Například ve sklenících s exotickými rostlinami se lze setkat s mravenci *Hypoponera ergatandria* (Forel, 1893), *Technomyrmex vitiensis* (Mann, 1921) nebo *Tetramorium insolens* (Smith, 1861) (Klimeš, 2016).

## 4 Formy a metody práce ve výchovně vzdělávacím procesu

Aktivity vycházejí z Rámcového vzdělávacího programu pro gymnázia (dále jen RVP G), který navazuje na Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání (dále jen RVP ZV). Vytvořený soubor aktivit patří do vzdělávací oblasti Člověk a příroda. Tato vzdělávací oblast se snaží žákům objasňovat komplexnost a provázanost procesů, které probíhají v přírodě a to na základě teoretických činností jakými je osvojování hypotéz či teorií, ale i empirických činností jakými jsou například pozorování nebo měření. Klade důraz na pravdivé poznání přírodních jevů a vede žáky k úctě k životu jako obecné hodnotě (Jeřábek a kol, 2007).

Dle RVP G jsou klíčové kompetence nedílnou součástí vzdělávání. Přičemž dle Jeřábka a kol. (2007, s. 8) *„klíčové kompetence představují soubor vědomostí, dovedností, schopností, postojů a hodnot, které jsou důležité pro osobní rozvoj jedince, jeho aktivní zapojení do společnosti a budoucí uplatnění v životě“*. Klíčové kompetence v RVP G navazují na klíčové kompetence RVP ZV, které dále rozvíjí. Úroveň klíčových kompetencí závisí na individuálních možnostech žáka, přičemž důraz je kladen na pokrok každého jednotlivého žáka (Jeřábek a kol. 2007; Hausenblas, 2008). V RVP G je uvedeno šest klíčových kompetencí a to kompetence kučení, k řešení problémů, kompetence komunikativní, kompetence sociální a personální, kompetence občanská a kompetence k podnikavosti. Mezi další cíle vzdělávání patří osvojení potřebných vědomostí na úrovni, kterou stanovuje RVP G, schopnost uplatňovat se v osobním, profesním a občanském životě. Vytvořené pracovní listy se tyto klíčové kompetence snaží rozvíjet u každého žáka. Pracovní listy mají přesah do některých průřezových témat, která jsou velmi důležitá při formování žákovských vlastností a názorů (Jeřábek a kol. 2007).

Pro efektivní vyučování je nutný předem stanovený cíl a v návaznosti na něj vhodné volené formy a metody práce, které aktivizují žáka a v maximální míře rozvíjí jeho potenciál. Výukové formy využití v této práci jsou frontální výuka, skupinová výuka a exkurze. Frontální výuka je u nás výukovou formou často využívanou, ale v současné době i kritizovanou. Podstatou frontální výuky je práce učitele se všemi žáky ve třídě (Čapek, 2015). Důležité je zvolení vhodných metod tak, aby byla minimalizována negativa, která jsou s touto výukovou formou spojena. Mezi negativa patří zejména pasivita žáků, nezohlednění jejich individuálních potřeb. Mezi pozitiva této metody patří zejména systematickosti a ucelenosti poznatků. Do frontální výuky je řazena i samostatná práce žáků v hodině na učitelem zadaných úkolech (Sitná, 2009). Skupinová výuka je naopak výukovou formou zaměřenou na žáka a jeho tvořivou práci v hodinách. Žáci při této práci rozvíjí řadu klíčových kompetencí. Učí se efektivně komunikovat, využívat potenciál každého člena skupiny a pracovat s časem. Vhodné je rozdělení dílčích rolí ve skupině tak, aby se zamezilo nevyváženému pracovnímu vytížení žáků. Každý žák by se měl zapojit do práce. Učitel má roli pozorovatele. Žákům může poskytnout doplňující informace nebo radu, případně žáky v práci povzbudit. Po

skončení skupinové práce žáci výsledky práce prezentují před ostatními. Vhodné je pokud žáci provedou i zhodnocení skupinové práce (Sitná, 2009). Exkurze patří dle Skalkové (2007) k moderním formám výuky, při které se vyučování neodehrává ve školním prostředí, ale realizuje se na nových a mnohdy pro žáky atraktivních místech. Dochází tedy ke spojení školy s reálným světem, kdy žáci poznatky získávají autenticky a tyto poznatky si poté často pamatují velice dobře, jelikož je mají spojené s emocemi a osobním prožitkem (Čapek, 2015). Učitel musí exkurzi dobře promyslet a naplánovat (Skalková, 2007). Při plánování si musí nejprve formulovat cíl, jehož má být dosaženo. Dále musí zvolit vhodné prostředí, které by navíc mělo být pro učitele známé, aby mohl zvolit vhodné metody práce, které budou při exkurzi aplikovány (Čapek, 2015). Po vlastní realizaci exkurze následuje reflexe, na níž by se nemělo zapomínat (Skalková, 2007; Čapek, 2015). Reflexi by měli provést jak žáci, tak i učitel (Čapek, 2015).

Prostřednictvím vyučovacích metod, které organizují práci žákům i učitelům, se dosahuje cílů ve vzdělávání. Metody učitel volí nejen v závislosti na cíli, ale také na učivu, znalostech žáků a situaci, jelikož stejného cíle může být dosaženo různými metodami. Velmi žádoucí je používání mnoha různých vyučovacích metod, které rozvíjí schopnosti a dovednosti žáků v různých oblastech. Vhodné je metody kombinovat a střídat, díky tomu dochází k rozvoji a hlubšímu pochopení poznatků a vztahů mezi nimi. Některé metody vedou žáky k efektivní skupinové a jiné k samostatné práci, přičemž dovednosti vzájemného učení i sebevzdělávání jsou pro člověka dnešní doby více než velmi důležité (Skalková, 2007). Vyučovací metody lze klasifikovat dle různých kritérií, přičemž autoři se v jejich klasifikaci v mnoha případech odlišují (Skalková, 2007).

V této práci jsou využívány následující vyučovací metody. Zaprvé brainstorming a myšlenková mapa. Brainstorming je metodou, která se dá využít na začátku práce pro aktivizaci a motivování žáků. Základním pravidlem je nehodnocení nápadů a dobrovolnost. Nápady žáci zapisují na tabuli nebo na velkou čtvrtku. Se zapsanými nápady lze dále pracovat dle potřeby. Modifikací brainstormingu je brainwriting, při kterém žáci své nápady a myšlenky zapisují individuálně na menší papír. Jednotlivé nápady se potom shromáždí na jedno místo. Metoda myšlenkové mapy umožňuje žákům dávat informace do souvislostí, hledat mezi nimi logické vazby (Zormanová, 2012). Metoda rozvíjí kompetenci k řešení problémů například tím, že žáci navrhnou tvůrčí řešení problémů. Dále rozvíjí kompetenci komunikativní, jelikož žáky vede k respektující komunikaci ve skupině a vzájemnému naslouchání. V neposlední řadě je rozvíjena kompetence sociální a personální, kdy u žáků dochází ke zvyšování sebedůvěry a pocitu sounáležitosti se skupinou (Sitná, 2009). Dále je v pracovních listech využita metoda volného psaní. Tato metoda působí na žáka aktivizačně, motivačně a rozvíjí jeho tvořivost, lze ji tedy použít na začátku k motivování žáků nebo na konci hodiny. Metoda umožňuje žákovi propojit poznatky s osobním prožitkem. K základním principům metody patří stanovení časového limitu, po který žáci píšou. Vhodné je nechat žáky pracovat 5–10 minut. Žáci své myšlenky zapisují ve větách a to po celé stanovené časové období bez přestávek. K zapsaným myšlenkám se zpětně nevracejí, neupravují je. Pokud by žáky nenapadaly myšlenky k tématu, mohou, po nezbytně nutnou dobu, zapisovat své

aktuální pocity. Po uplynutí časového limitu žáci mohou, pokud chtějí, své texty nebo jejich části přečíst před spolužáky (Zormanová, 2012). Metoda práce s textem je další metodou využívanou v pracovních listech. Při realizaci této metody mohou žáci pracovat samostatně nebo v menších skupinách. Velmi důležitá je volba textového materiálu například článek z novin, časopisu, úryvek z knihy apod., který by měl žáky upoutat a zaujmout, aby byli motivováni pro práci. S textem se dá pracovat řadou způsobů. Žáci mohou v textu vyhledávat odpovědi na zadané otázky, vybírat podstatné informace a zpracovat je schematicky, posuzovat text z několika hledisek a podrobit ho kritice. Žáci by po skončení práce měli výsledky prezentovat ostatním. Tato metoda rozvíjí kompetenci k učení a kompetenci sociální a personální. (Sitná, 2009).

Velmi důležitou metodou je metoda diskusní. Tato metoda je vhodná, pokud učitel považuje za důležité, aby žáci projevili své vlastní názory a dojmy. U této metody je důležité přesné stanovení pravidel, které je nutné důsledně dodržovat. Zvláště je nutné dbát na zásady komunikace, aby nedocházelo ke slovním útokům a aby si žáci neskákali do řeči. Podpurný charakter mohou mít různé předměty, např. míček, které označují právě hovořící žáky. Metodu diskuse lze užít samostatně, na začátku nebo na konci hodiny. Tato metoda rozvíjí kompetence k učení, komunikativní, sociální a personální. Diskusní metodu lze využít v mnoha různých modifikacích (Sitná, 2009). Další metodou je metoda sněhové koule, jejíž průběh je rozfázovaný. Nejprve se každý žák zamyslí nad daným tématem, následně probíhá rozhovor ve dvojicích, který může směřovat k zobrazení problematiky, případně společnému závěru a kontrole individuálního řešení. Poté se k dané dvojici připojí další dvojice a opět proběhne prodiskutování tématu. Takto se mohou skupiny zvětšovat, až může, ale nemusí, dojít ke spojení celé třídy (Sitná, 2009).

Metodou se silným motivujícím a aktivizujícím charakterem je didaktická hra, která zvyšuje zájem žáků o probíraná témata. Tuto metodu je vhodné zařazovat k zopakování látky. Do didaktických her patří různé kvízy, ve kterých soutěží skupiny případně jednotlivci mezi sebou, práce s kartičkami, kdy žáci přiřazují k pojmům jejich významy nebo k otázkám odpovědi. Možné je také přiřazování tří kartiček, které k sobě logicky patří. Další možností jsou deskové hry na dané téma nebo adaptace oblíbených televizních vědomostních soutěží (Sitná, 2009). Jak dodává Čapek (2015) deskové hry jsou u žáků velmi oblíbené, zejména pro možnost soupeření a spolupráce. Další možností jak působit na žáka motivačně, rozvíjet jeho schopnosti a dovednosti a zatraktivnit výuku je využívání filmů, dokumentů nebo jiných audiovizuálních materiálů. U této výukové metody lze pracovat s filmy dlouhými i kratšími nebo pouze s ukázkami filmů. Film lze s žáky shlédnout po částech nebo najednou. Obě varianty mají svá pozitiva i negativa. Velmi důležité, aby spuštění filmu nebylo samoučelné, je napojení aktivit a úkolů, které žáci plní buď před zahájením filmu, během projekce anebo po jejím skončení. Před spuštěním filmu se lze žáků ptát na obsah filmu, který budou odhadovat z názvu nebo z obalu DVD. Během filmu poté žáci mohou mít za úkol vytvářet otázky nebo naopak na otázky odpovídat. Po skončení filmu je možné klást otázky vedoucí k tomu, zda žáci pochopili to, co ve filmu viděli, nebo je možné nechat žáky formulovat

hlavní myšlenky filmu, které mohou zaznamenat do sešitu větami nebo jako myšlenkovou mapu. Velmi důležitá je také společná kontrola a závěrečné shrnutí (Čapek, 2015). Heuristická metoda vede žáky k samostatnému uvažování a objevování vazeb mezi prvky, podporuje jejich samostatnost a rozvíjí jejich myšlení.

Metoda experimentu spojuje teoretické poznatky s praxí a činností žáků. Žáci pracují s reálnými přírodními objekty, které pozorují, sledují jejich vývoj, měří apod. Žáci při této metodě mohou pracovat samostatně nebo v malých skupinách svým vlastním tempem. Žáci pracují dle instrukcí, které mají sepsány na tabuli nebo v pracovním listě. Žáci mohou experiment provádět ve školní laboratoři, třídě nebo i ve venkovním prostředí. Žáci na konci každého experimentu odevzdávají protokol, ve kterém formulují výsledky a závěry, ke kterým došli. Tato metoda díky své komplexnosti rozvíjí všechny klíčové kompetence. Výhodou této metody je její provázanost s reálným světem. Dále je u této metody prokázáno, že ji žáci většinou vnímají jako užitečnou, zajímavou a že si poznatky takto získané pamatují po dlouhou dobu (Čapek, 2015).

## **4.1 Aktivita č. 1: Mravenci všude kolem nás**

### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

### **Průřezové téma:**

Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech

### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Žijeme v Evropě

### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

Sociální a personální, Komunikační, K učení

### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák „*charakterizuje hlavní taxonomické jednotky živočichů a jejich významné zástupce. Dále žák popíše evoluci a adaptaci jednotlivých orgánových soustav*“ (Jeřábek a kol. 2007, s. 33). Žák jedná v souladu s etickými hodnotami. Uvažuje racionálně a ve svém jednání dbá na sociální spravedlnost a demokracii. Žák dává do souvislostí procesy a jevy. (Jeřábek a kol., 2007).

### **Cíl aktivity:**

Žák rozpozná a popíše části těla mravence, dokáže vysvětlit funkci a význam nejdůležitějších orgánů. Žák si uvědomuje provázanost přírody a kultury. Žák dává do souvislosti charakteristiky literárního díla s dobou, ve které vznikala. Dokáže vyvodit obecné závěry.

### **Metoda:**

Práce s textem, brainwriting, myšlenková mapa, diskuze

### **Organizační forma:**

Frontální/skupinová

### **Pomůcky:**

Viz příloha - pracovní list č. 1, 2, řešení k pracovnímu listu č. 1, 2

### **Čas:**

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 1 (viz příloha), na kterém budou samostatně pracovat. Na úkolech 1-3 budou pracovat 10 minut, a poté bude následovat společná kontrola trvající 10-15 min. Dále budou pracovat s literaturou na úkolech 4-5. Tato práce jim zabere zhruba 30 minut. Po ukončení práce bude následovat diskuze trvající asi 15 minut. Žáci dále dostanou pracovní list č. 2 (viz příloha), na kterém pracují 15-20 min. Poté následuje kontrola, která zabere zhruba 10 min.

### **Průběh:**

Na začátku aktivity žákům sdělíme, že se v následujících chvílích budeme věnovat mravencům. Vysvětlíme žákům, jaké typy úkolů je budou čekat, a také sdělíme, že budou v této chvíli pracovat samostatně. Následně jim rozdáme pracovní listy č. 1 a dáme jim čas na vypracování. Poté provedeme společnou kontrolu.

Pro kontrolu úkolů 1-3 lze zvolit metodu myšlenkové mapy. Díky přednostnímu vypracování pracovního listu je zapojen každý žák, jelikož má čas se nad úkoly zamyslet a myšlenková mapa následně umožní žákům dát informace do širších souvislostí. Žáci si vlepí pracovní list do sešitu a také si do sešitu zaznamenají myšlenkovou mapu, kterou společně vytvořili na tabuli. Úkoly 4 a 5 vyžadují od žáků práci se zdroji a literaturou a uvádí žáka do širších vědecko-společenských souvislostí. Kontrola těchto úkolů může proběhnout formou diskuze. Následuje rozdání pracovního listu č. 2, na kterém žáci taktéž pracují samostatně. Kontrola může proběhnout společně, nebo ve dvojicích.

### **Metodická doporučení:**

Doporučuji žákům nejprve vysvětlit, jaký úkol je bude čekat a kolik času mají na vypracování. Po rozdání pracovního listu č. 1 je vhodné žákům poskytnout čas na přečtení zadání a pro případné dotazy. Aktivita je vhodná zejména na úvodní hodinu, jako motivační prvek, který probudí zvědavost u žáků. Společná kontrola v závěru zároveň učiteli ukáže, jaké znalosti žáci o problematice mají. Úkoly 4 a 5 mají rozšiřující charakter. Žákům lze dopředu říci, aby si na hodinu přinesli knihy, se kterými budou pracovat, nebo tyto knihy zajistí učitel. Zejména na úkol č. 5 je dobré navázat diskuzí, jelikož ta žáky rozvíjí v argumentačních dovednostech, dále žáky učí reagovat na myšlenky ostatních. Práce na pracovním listu č. 2 může následovat po splnění pracovního listu č. 1 nebo mohou žáci vyplňovat oba pracovní listy současně a společná kontrola může následovat až po vypracování obou pracovních listů.

## **Reflexe:**

Tato aktivita se nesešla s negativní zpětnou vazbou od žáků, zároveň však nepatřila mezi aktivity, které žáky zaujaly nejvíce. Aktivitu jsem realizovala ve dvou vyučovacích hodinách, přičemž nejprve žáci vypracovali pracovní list č. 1 a poté pracovní list č. 2. U prvního úkolu, ve kterém měli sepsat své znalosti o mravencích, žáci často psali: žijí v mraveništi, sociální, mají šest nohou, jsou v lese, mají kusadla atd. Některým žákům dělalo zpočátku problémy vybavit si knihy, filmy apod., ve kterých se vyskytují mravenci, ale při společné kontrole se ukázalo, že žáci vymysleli velké množství příkladů a byli tím překvapeni. Třetí úkol žáci zvládli vyřešit ve většině případů správně. Někteří si zavzpomínali, že již knihy o Ferdovi četli. Při vypracování čtvrtého úkolu žáci vyhledávali informace na internetu bez větších potíží. Dokázali formulovat odpovědi na otázky a našli i další zajímavé informace. Na pátý úkol jsem měla s sebou knihy z různých období tvorby Ondřeje Sekory a žáci s nimi mohli pracovat. Žáci poměrně dobře dokázali využít poznatky získané z jiných předmětů a aplikovat je na knižní texty. Kontrolu úkolů jsme provedli společně. Společně jsme provedli i zobecnění a závěry. Pracovní list č. 2 žáci vypracovávali den po vypracování pracovního listu č. 1. Žákům se dařilo pracovní list vyplňovat samostatně a nepotřebovali příliš velkou podporu.



## **4.2 Aktivita č. 2: Mraveniště v přírodě – terénní cvičení**

### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

### **Průřezové téma:**

Environmentální výchova

### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Problematika vztahů organismů a prostředí

### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

Sociální a personální, K řešení problémů, K učení, Komunikační, K podnikavosti

### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák „charakterizuje základní typy chování živočichů“ (Jeřábek a kol. 2007, s. 33). Žák „pozná a pojmenuje (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné rostlinné druhy a uvede jejich ekologické nároky.“ (Jeřábek a kol. 2007, s. 32).

### **Cíl aktivity:**

Žák dokáže nakreslit mravenčí hnízdo, změřit jeho výšku a obvod, vypočítat průměr a objem. Žák umí vyhledat informace a aplikovat je v nových souvislostech. Žák umí pozorovat děje v přírodě a umí z nich vyvodit závěr.

### **Metoda:**

Heuristická, experiment, brainwriting

### **Organizační forma:**

Skupinová

## Pomůcky:

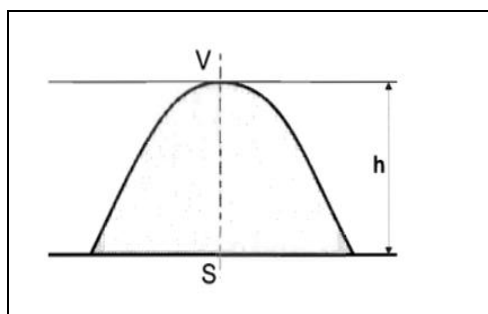
Viz příloha - pracovní list č. 3, řešení k pracovnímu listu č. 3

## Čas:

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 3 (viz příloha), na kterém začnou pracovat. Čas na vypracování pracovního listu je asi 120 min. Kontrola pracovních listů bude trvat asi 15 minut.

## Průběh:

Tato aktivita je terénním cvičením. Žáci se při ní blíže seznámí s mraveništěm a mravenci v reálném přírodním prostředí. Žákům rozdáme pracovní list. Do připravené tabulky žáci zaznamenají údaje o lokalitě, ve které se hnízdo nachází (kraj, okres, GPS souřadnice apod.) Také byliny a dřeviny v okolí, díky tomu získají představu, v jakých prostředích si mravenci hnízda budují a také si uvědomí propojenost fauny a flory. Žáci při určování mohou používat botanické klíče. Dále žáci zaznamenají výšku, obvod a průměr hnízdní kupy. Bezděčka (2000b) uvádí, že výška kupy se měří po kolmici vedené z vrcholu hnízda do středu základny. Ovšem Kůsová (2001) definici zpřesňuje a říká, že výška ( $h$ ) kupy je vzdálenost mezi dvěma vodorovnými rovinami přičemž jedna pomyslně vede vrcholem ( $V$ ) a druhá středem ( $S$ ) hnízdní kupy (obr. č. 26). K měření obvodu kupy Daňo (2002) doporučuje měřidlo o délce 5 metrů. Lze využít silnější provázek (lano), který pak lze změřit posuvným metrem. Přičemž žáci nejprve změří obvod hnízdní kupy, ze kterého dle vzorce  $o = 2\pi r$  dopočítají průměr hnízdní kupy.



Obr. č. 26: Ideální tvar hnízdní kupy  
(Kůsová 2001, s. 13)

Ve druhém úkolu žáci vypočítají objem hnízdní kupy. K výpočtu použijí vzorec  $V = 1/6\pi h(3r^2 + h^2)$  pro kulovou úseč dle Dlusskyho, nicméně Dad'ourek (2002) říká, že se mnohdy hodnoty takto vypočítané velmi liší od reálného objemu kupy. Proto žáci vypočítají objem hnízdní kupy dle vzorce  $V = 1/2\pi r^2 h$  pro rotační paraboloid, kde  $r^2$  je poloměr hnízdní kupy a  $h$  je výška hnízdní kupy. Objemy takto vypočítané se více blíží skutečným objemům, jelikož lépe ilustrují skutečný tvar nadzemní části hnízda. Žáci se dále zamyslí nad problematikou práce s daty při vědecké práci a své myšlenky sepíší. Součástí protokolu je také nákres hnízdní kupy a fotografie. Fotografie žáci zhotoví

pomocí školního fotoaparátu (pokud je škola má k dispozici) nebo vlastním fotoaparátem nebo po domluvě s vyučujícím i pomocí mobilního telefonu. Pracovní list žáci vypracovávají v průběhu terénního cvičení. Ovšem úkoly č. 2, č. 3 a č. 4 je možné vypracovat dodatečně ve škole. Žáci nakonec napíší závěr. Kontrola pracovních listů může proběhnout na konci terénního cvičení v přírodě, kdy se žáci shromáždí a sdělí si výsledky práce nebo je možné provést kontrolu až po příchodu do školy. Je možné provést kontrolu dílčích úkolů resp. úkolů 1. a 5., po které následuje další práce žáků na úkolech č. 2, č. 3 a č. 4. Nebo je možné nechat žáky vypracovat všechny úkoly a provést kontrolu až poté.

### **Metodická doporučení:**

Vzhledem k již zmíněné časové náročnosti je tato aktivita vhodná například pro projektové dny, dny Země, vícedenní biologické exkurze, školy v přírodě. V případě výskytu mravenišť v blízkosti školy je možné rozdělit zpracování terénního listu do několika vyučovacích hodin.

Žáci mohou pracovat ve dvojicích nebo menších skupinách. Doporučuji žáky předem upozornit zejména na vhodnou obuv a oblečení. Nejsou vhodné boty typu sandály, pantofle, z oblečení pak šortky. Doporučuji uzavřenou pevnou obuv a přiléhavé dlouhé kalhoty. Také je možné se nastříkat se odpuzujícími repelentními přípravky. Při měření výšky a obvodu je možné použít ochranné pracovní rukavice z důvodu minimalizace poštipání od mravenců zejména v případě, že se žáci budou pohybovat u vitálního hnízda s velkou aktivitou mravenců. Předem žáky upozorníme na to, že budou pracovat s živými zvířaty a je tedy nutná ohleduplnost a opatrnost. V žádném případě nesmí při vypracovávání úkolů dojít k jakémukoli poškození mraveniště nebo úmyslnému zabíjení mravenců. Totéž platí o rostlinách a jiných živých tvorech.

### **Reflexe:**

Lokalita, kterou jsem pro uskutečnění tohoto terénního cvičení zvolila, se nacházela zhruba 2,5 kilometru od budovy gymnázia. Byla to lokalita nejbližší, která byla ideální v tom, že se poměrně blízko sebe nacházelo více mravenčích hnízd a každá skupina žáků, tak mohla plnit úkoly u jiného mraveniště. Také vzdálenost od školy byla přiměřená a s žáky jsme zvládli na lokalitu přijít asi za půl hodiny.

Žáky jsem předem informovala o změně v rozvrhu, a o nutnosti vhodného oblečení, sdělila jim, co budou potřebovat. Žáci ocenili, že nemuseli být ve škole a mohli jít ven do přírody. Při příchodu na lokalitu jsem žáky rozdělila do skupin po čtyřech. Každému jsem rozdala pracovní list k terénnímu cvičení a prošla s žáky jednotlivé body, poté žáci pracovali ve skupinách s tím, že jsem jednotlivé skupiny průběžně kontrolovala. Výhodou bylo, že byla přítomná i jejich vyučující, takže s otázkami se mohli obracet i na ní. Žáci na stanovišti pracovali na úkolech č. 1 a 5. Žáci v úkolu č. 1 pořizovali fotografie pomocí mobilních telefonů, jelikož školní fotoaparáty nebyly k dispozici. Po vypracování stanovených úkolů se žáci shromáždili a následovala společná kontrola úkolů č. 1 a 5

přímo na stanovišti. Úkoly č. 2, 3, 4 žáci plnili následující den. Po vypracování opět následovala společná kontrola, porovnání výsledků a diskuze nad nimi. Žáků jsem se také ptala, jak je práce zaujala a zda jim přišla přínosná. Žáci sdělovali, že s podobnou aktivitou doteď neměli zkušenost, že bylo poměrně náročné změřit výšku i obvod mravenčí kupy. Některé překvapila i bojovnost mravenců a rychlost s jakou prozkoumávali cizí předměty (lano) v blízkosti hnízda.

### **4.3 Aktivita č. 3: Mravenci v přírodě – terénní cvičení**

#### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

#### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

#### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

#### **Průřezové téma:**

Environmentální výchova

#### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Problematika vztahů organismů a prostředí

#### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

Sociální a personální, K řešení problémů, K učení, Komunikační, K podnikavosti

#### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

#### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák „*charakterizuje základní typy chování živočichů*“ (Jeřábek a kol. 2007, s. 33). Žák chápe vzájemnou provázanost ekosystému a vzájemné ovlivňování jeho složek (Jeřábek a kol., 2007). Dále žák „*posoudí význam živočichů v přírodě a v různých odvětvích lidské činnosti*“ (Jeřábek a kol., 2007, s. 33).

#### **Cíl aktivity:**

Žák se umí orientovat v přírodě pomocí přírodních jevů. Žák pozoruje chování živočichů a je schopen toto chování vysvětlit. Žák se učí vzájemně spolupracovat.

#### **Metoda:**

Experiment, heuristická

#### **Organizační forma:**

Skupinová

### **Pomůcky:**

Viz příloha - pracovní list č. 4, řešení k pracovnímu listu č. 4

### **Čas:**

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 4 (viz příloha), na kterém budou pracovat. Čas na vypracování pracovního listu je asi 60 min. Kontrola pracovních listů bude trvat asi 15 minut.

### **Průběh:**

Tato aktivita je terénním cvičením. Žáci získají zkušenost s prací biologa v terénu a s prací s živým biologickým materiálem. Na začátku aktivity žákům rozdáme pracovní listy a necháme jim čas na přečtení. A následně jim umožníme zeptat se na nejasnosti. Poté žáci začnou pracovat, přičemž pracují ve dvojicích. V prvním úkolu žáci hledají a pozorují mraveniště a zkoušejí dle jeho tvaru určit sever. Ve druhém úkolu žáci provedou odchyt mravenců. Do epruvety žáci nalijí líc a poté provedou odchyt. Vzorek řádně uzavřou a popíší datem a místem nálezu a svým jménem. Ve třetím úkolu pozorují chování mravence. U čtvrtého úkolu žáci pozorují chování mravenců při běžném shánění potravy. Mohou vidět, jak se mravenci putující za potravou pohybují po tzv. potravních cestách. Je možné také pozorovat, že potravní cesty vedou k tzv. potravním stromům, na kterých mravenci hledají potravu (Daňo, 2002). V pátém úkolu se žáci zamyslí nad orientací mravenců v přírodě. Na konci terénního cvičení žáci odevzdají podepsané vzorky vyučujícímu. Také provedeme kontrolu pracovního listu.

### **Metodická doporučení:**

Pro tuto práci doporučuji práci ve dvojicích případně v menších skupinách. Práce ve dvojicích nebo malých skupinách je vhodná proto, že žáky učí vzájemné spolupráci a je pro ně jednodušší plnit zadané úkoly. Velké skupiny nedoporučuji, protože by se na práci nepodíleli všichni členové skupiny. Žáky upozorníme na to, že budou pracovat s živými zvířaty a je tedy nutná ohleduplnost a opatrnost. Musíme zamezit trápení nebo necitlivému zacházení s mravenci. Mravenci se sbírají pomocí pinzety s úzkou nikoli však ostrou špičkou. Konce pinzety je bezprostředně před sběrem nejlepší namočit v alkoholu. Sebrané exempláře mravenců se ihned ukládají do připravených entomologických epruvet, ve kterých je nalitý alkohol (Hölldobler a Wilson, 1997). Vzorek je nutné řádně uzavřít a popsat datem a místem nálezu a jménem. (Daňo, 2002). Pro školní účely lze využít i jiné typy zkumavek než epruvety, případně i malou sklenici s víčkem. Neodchytáváme zbytečně velký počet mravenců. Pro spolehlivou determinaci mravenčích druhů se doporučuje vzorek deseti až dvaceti mravenců z hnízda (Seifert, 2018). Pro potřeby terénního cvičení však doporučuji odchyt tří až čtyř mravenců, jelikož určování druhů a dalších menších taxonomických jednotek mravenců je velmi složité a náročné a žádá si zkušeného odborníka (Miles, 2000b). Při určování je nutné užívat lupu či mikroskop, který zajistí potřebné zvětšení, přičemž Miles (2000b) doporučuje zvětšení alespoň 15 krát. Při určování mravenců je nutné brát v úvahu

velikost a zbarvení mravence, tvar jeho hlavy, tvar tykadel a počet článků, které je tvoří. Dále pak charakteristiky tělní stopky a mnoho dalších faktorů (Seifert, 2018). Pro účely výuky lze žáky seznámit s čeleděmi a jejich typickými zástupci. Je možné vyzkoušet si určovat dělnici, královnu a samce. Bližší určování vzhledem k velké náročnosti a nutnosti odborných znalostí není vhodné, a tedy není potřebné odchyťovat tak velký počet mravenců.

Vzniklé vzorky mravenců po skončení terénního cvičení doporučuji vybrat a uchovat. Dají se využít při laboratorních cvičeních, kdy si žáci mohou prohlédnout morfologii mravenčího těla pod lupou, nebo využít vzorky pro přípravu trvalých preparátů viz pracovní list č. 5.

### **Reflexe:**

Tato aktivita byla druhým terénním cvičením. Terénní cvičení bylo realizováno na stejné lokalitě jako terénní cvičení předchozí a to zejména pro dobrou dostupnost a příznivou vzdálenost od budovy školy. Žáci na tomto úkolu pracovali ve dvojicích. Každý z dvojice si vyzkoušel odchyt dvou mravenců, dle návodu v pracovním listu. Po ukončení odchyty žáci pracovali na dalších úkolech. Žáci u tohoto terénního cvičení opět ocenili, že mohli být venku v přírodě. Některým žákům ovšem přišel úkol. č. 2, tedy odchyt mravenců, obtížný, jelikož jim mravenci neustále utíkali. Několika žákům nebylo příjemné mravence chytat a smrtit, proto jsem je k tomu nenutila. Tito žáci se místo toho věnovali dalším úkolům v pracovním listu a pozorování aktivit mravenců.

## **4.4 Aktivita č. 4: Části těla hmyzu – laboratorní práce**

### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

### **Průřezové téma:**

Osobnostní a sociální výchova

### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Seberegulace, organizační dovednosti a efektivní řešení problémů

### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

K učení, K řešení problémů, Komunikační

### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák „charakterizuje hlavní taxonomické jednotky živočichů a jejich významné zástupce. Popíše evoluci a adaptaci jednotlivých orgánových soustav“(Jeřábek a kol., 2007, s. 33). Žák rozvíjí schopnost spolupráce. Žák dokáže přijímat konstruktivní kritiku a dokáže se poučit ze svých chyb (Jeřábek a kol., 2007).

### **Cíl aktivity:**

Žák zhotoví trvalý preparát biologického objektu, zakreslí ho. Žák zvládá organizaci své práce a umí svou práci plánovat.

### **Metoda:**

Experiment

### **Organizační forma:**

Frontální



**Pomůcky:**

Viz příloha - pracovní list č. 5, řešení k pracovnímu listu č. 5

**Čas:**

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 5 (viz příloha), dle kterého pracují. Čas na vypracování pracovního listu resp. příprava trvalých preparátů je asi 90 minut. Dalších 45 minut zabere pozorování preparátů.

**Průběh:**

Na začátku laboratorního cvičení vyučující zkontroluje, zda všichni žáci mají laboratorní plášť, zda mají dívky sepnuté dlouhé vlasy. Dále je vhodné stručně zopakovat zásady bezpečné práce v laboratoři. Poté žákům rozdáme pracovní list a dáme jim čas na pročtení instrukcí a prostor na dotazy. Následuje práce dle pracovního listu č. 5. Žáci pracují dle instrukcí, učitel má roli rádce, kontroluje práci žáků. Výstupem laboratorní práce jsou v první fázi trvalé preparáty zhotovené žáky spolu s jejich nákresem a závěrem. Ve druhé fázi laboratorní práce je výstupem nákres, popis pozorovaných objektů a závěr.

Kanadský balzám lze velmi dobře využít k výrobě trvalých preparátů, které vydrží mnoho let. Jeho výhodou je, že se takto připravené preparáty nemusí rámovat tmelem, nevýhodou může být nutnost skladovat tyto preparáty ve vodorovné poloze. Při zhotovování trvalého preparátu je nejprve nutné připravit si objekt pozorování. Pokud je k přípravě použit čerstvý hmyz je nutné ho odvodnit alkoholem a to nejprve 70%, poté 80% a následně 96%. V každé koncentraci se objekt ponechá 10 minut. Pro lepší viditelnost je vhodné následně objekt vložit do malé Petriho misky s hřebíčkovou silicí na zhruba 10 minut. V případě, že jsou použity suché části hmyzu -křídla- není nutné je odvodňovat v alkoholu. Pokud je objekt pozorování připraven může být entomologickou pinzetou vložen do kapky kanadského balzámu, která byla na podložní sklo kápnuta skleněnou tyčinkou, a přiklopen krycím sklem. Preparát je nyní nutné usušit buď v termostatu na 30°C, nebo při pokojové teplotě ve vodorovné poloze. Pro zhotovení trvalého preparátu lze použít i glycerol želatinu. Takto vytvořený preparát je ovšem nutné orámovat du Noyerovým tmelem a je nutné použít rámovačku. Výhodou takto připraveného trvalého preparátu je možnost skladování ve svislé poloze (Wolf, 1954; Jírovec a kol. 1958).

**Metodická doporučení:**

Žáci by při práci měli mít laboratorní plášť, aby nedošlo ke zničení oblečení. Učitel by také měl dbát na dodržování bezpečnosti práce v laboratoři. Žákům je možné rozdat návod k laboratornímu cvičení na začátku hodiny a nechat jim čas na pročtení a dotazy nebo je možné dát žákům návod s předstihem a v hodině se ihned věnovat dotazům, zmínit nejdůležitější body, které je možné sepsat na tabuli a následně se věnovat realizaci. Druhá varianta ušetří čas v hodině, vyžaduje však domácí přípravu od žáků.

Kanadský balzám lze zakoupit v obchodech s laboratorními potřebami. V nabídce je i ředěná forma pod názvem Entellan. Hřebíčkovou silici je možno koupit v drogerii, nebo lékárně. Ve školním prostředí je velmi pravděpodobné, že, vzhledem k absenci termostatu, budou preparáty sušeny při pokojové teplotě. V tomto případě je nutné počítat s tím, že schnutí kanadského balzámu potrvá delší dobu. S tím souvisí i nutnost vymezit pro sušící se preparáty bezpečné místo, aby nedošlo k jejich poškození či zničení. K přípravě trvalých preparátů lze dle potřeby využít i další drobné živočichy například vodní bezobratlé, ale také rostlinný pyl, vlasy a chlupy (Wolf, 1954; Jírovec a kol., 1958). Při zakreslování preparátů dbáme na to, aby ho žáci prováděli ořezanou obyčejnou tužkou.

### **Reflexe:**

Na začátku jsem žákům rozdala pracovní listy, nechala jim čas na přečtení. Poté jsme ústně shrnuli postup práce, nejdůležitější body jsem zapsala na tabuli. Žákům přišlo obtížné oddělit požadované části hmyzího těla. Ale nakonec se to všem žákům podařilo. Žáci pracovali samostatně. Ovšem kvůli šetření materiálem používalo několik žáků jednu sadu Petriho misek s alkoholem a hřebíčkovou silicí. Během práce jsem mezi žáky procházela a kontrolovala jejich práci, případně žákům poradila, pokud si nebyli jistí, jak dál postupovat. Vytvořený trvalý preparát žáci popsali. Následovalo zakreslení preparátu do pracovního listu obyčejnou tužkou. Poté žáci trvalý preparát uložili na domluvené místo. Konečnou fází bylo sepsání závěru.

Po čtrnácti dnech žáci pokračovali úkolem č. 3 a pozorovali vytvořené již zaschlé trvalé preparáty pod mikroskopem. Prohlédli si tělní struktury mravenců- končetina, tykadlo, někteří žáci vytvořili i trvalé preparáty jiného hmyzu, takže si prohlédli i tyto tělní struktury. Žáci pozorované části těla zakreslili obyčejnou tužkou a popsali. Poté sepsali závěr.

## **4.5 Aktivita č. 5: Mravenci našich lesů**

### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

### **Průřezové téma:**

Environmentální výchova

### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Problematika vztahů organismů a prostředí

### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

K řešení problémů, K učení, Komunikační

### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák: „pozná a pojmenuje (s možným využitím různých informačních zdrojů) významné živočišné druhy.“ (Jeřábek a kol., 2007, s. 33). Žák rozvíjí odpovědnost k životnímu prostředí (Jeřábek a kol., 2007).

### **Cíl aktivity:**

Žák pracuje s odborným textem, který se věnuje biologii mravenců *Formica rufa* a *Formica polyctena*. Na základě textu formuluje vlastní myšlenky.

### **Metoda:**

Práce s textem

### **Organizační forma:**

Frontální nebo skupinová

### **Pomůcky:**

Viz příloha - pracovní list č. 6, řešení k pracovnímu listu 6

**Čas:**

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 6 (viz příloha), na základě kterého pracují. Čas na vypracování pracovního listu je asi 30 minut. Dalších 15 minut zabere kontrola pracovních listů.

**Průběh:**

Žákům vysvětlíme, co je bude čekat v následujícím pracovním listu, rozdáme jim slovníky a pracovní list č. 6a nebo 6b. Následně necháme žáky samostatně pracovat. Po ukončení žákovské práce provedeme společnou kontrolu překladu a odpovědí na zadané otázky.

**Metodická doporučení:**

Žákům poskytneme překladové slovníky, nebo může vyučující povolit online slovník. Žákům lze rozdat pouze jeden z pracovních listů 6a nebo 6b nebo je možné rozdělit třídu na polovinu a jedné polovině rozdat pracovní list 6a a druhé pracovní list 6b. Žáci na textech mohou pracovat samostatně nebo mohou pracovat ve dvojicích v závislosti na jazykových schopnostech žáků a uvážení učitele. Texty pracovních listů pochází z knihy, která je určena středoškolským studentům, tudíž i náročnost a odbornost je nižší než u vědeckých článků a je úměrná schopnostem žáků. Texty žáci mají za úkol volně přeložit, nemusí text překládat doslovně. Na pracovní list je možné navázat rozhovorem o důležitosti a významu cizího jazyka pro odbornou práci a seberozvoj, jelikož většina odborných textů a knih je psána v německém nebo anglickém jazyce a znalost těchto jazyků je naprosto zásadní.

**Reflexe:**

Žáci se tohoto pracovního listu zpočátku obávali a nebyli z něj příliš nadšeni. Nechtělo se jim text překládat. Žáky jsem nechala pracovat samostatně s tím, že polovině třídy jsem rozdala pracovní list 6a a druhé polovině 6b. Žákům, kteří se německy učili, nepřišel text příliš obtížný, i když některé výrazy samozřejmě museli hledat ve slovnících. Žákům, kteří se německy neučili, přišel text samozřejmě velmi obtížný. Některým žákům, kteří si nevěděli rady, jsem umožnila pracovat ve dvojicích, abych jim úkol usnadnila. Také jsem mezi žáky procházela a vysvětlovala význam některých slov, který žáci nemohli najít ve slovníku nebo nerozuměli jejich významu. Po ukončení práce na pracovním listu byla provedena společná kontrola.

## **4.6 Aktivita č. 6: Životní cykly**

### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

### **Průřezové téma:**

Environmentální výchova

### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Problematika vztahů organismů a prostředí

### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

K řešení problémů, K učení, Komunikační

### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák: „*objasní principy základních způsobů rozmnožování a vývoj živočichů*“ (Jeřábek a kol., 2007, s. 33). Žák poznává: „*složitou propojenost přírodních systémů*“ (Jeřábek a kol., s. 76).

### **Cíl aktivity:**

Žák poznává a seřazuje vývoj vybraných organismů, chápe podobnosti a odlišnosti jejich vývoje.

### **Metoda:**

Práce s textem, sněhová koule

### **Organizační forma:**

Frontální, skupinová

### **Pomůcky:**

Viz příloha - pracovní list č. 7, řešení k pracovnímu listu č. 7.

**Čas:**

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 7 (viz příloha), dle kterého pracují. Čas na vypracování pracovního listu je 20 minut. Dalších 15–20 minut zabere kontrola pracovních listů.

**Průběh:**

Na začátku aktivity žákům sdělíme, jaké typy úkolů je budou čekat a také sdělíme, že budou pracovat samostatně. Následně jim rozdáme pracovní listy č. 7 a dáme jim čas na vypracování. Po ukončení práce na pracovním listu následuje kontrola metodou sněhové koule.

**Metodická doporučení:**

Doporučuji žákům nejprve vysvětlit, jaké úkoly je budou čekat a kolik času mají na vypracování. Po rozdání pracovního listu č. 7 je vhodné žákům poskytnout čas na přečtení zadání a pro případné dotazy. Po ukončení práce následuje kontrola metodou sněhové koule. Doporučuji, aby si výsledky zkontrolovali nejprve dva žáci v lavici a poté se spojily dvě nejbližší dvojice. Tím se omezí hlučnost ve třídě a zabrání se chaosu. Doporučuji, aby spojení do čtveřic určil vyučující dle určitého pravidla nebo na základě doplňující aktivity.

**Reflexe:**

Žákům doplňování životních cyklů přišlo poměrně snadné, obtížnější pro ně byla formulace vztahů mezi jednotlivými organismy. Největší problémy měli žáci s formulováním vztahů mezi mravenci a modrásky. Žáky bavila zejména forma kontroly, jelikož měli možnost si zkontrolovat své odpovědi postupně s menším počtem spolužáků a nemuseli odpovědi sdělovat celé třídě.

## **4.7 Aktivita č. 7: Exkurze do Zoo Hluboká nad Vltavou**

### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

### **Průřezové téma:**

Environmentální výchova

### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Člověk a životní prostředí

### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

Sociální a personální, K řešení problémů, K učení, Komunikační

### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák: „posoudí význam živočichů v přírodě a v různých odvětvích lidské činnosti. Zhodnotí problematiku ohrožených živočišných druhů a možnosti jejich ochrany“ (Jeřábek a kol., 2007, s. 33). Žák oceňuje hodnotu přírody a hodnotí odlišné postoje k postavení člověka v přírodě (Jeřábek a kol., 2007, s. 76).

### **Cíl aktivity:**

Žák umí vybrat potřebné informace a umí je vhodně aplikovat, umí roztřídit informace o původu vybraných mravenců. Žák dokáže formulovat své názory na zoologické zahrady a své názory umí obhájit.

### **Metoda:**

Volné psaní, práce s textem, diskuze

### **Organizační forma:**

Skupinová



### **Pomůcky:**

Viz příloha - pracovní list č. 8, řešení k pracovnímu listu č. 8

### **Čas:**

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 8 (viz příloha), vypracování bude žákům trvat asi 30 minut. 15 minut následně zabere kontrola pracovních listů.

### **Průběh:**

Tato exkurze je primárně zaměřena na poznání několika atraktivních mravenčích druhů. Expozice s názvem Mravenčí hnízdo se nalézají ve vzdělávacím centru zoologické zahrady Hluboká nad Vltavou a v současné době zde chovají 6 druhů mravenců a jeden druh (*Formica rufa*) hnízdí přirozeně v areálu.

Žáci dostanou pracovní listy. Dáme žákům čas na přečtení úkolů a na případné dotazy. V prvním úkolu mají žáci napsat souvislý text metodou volného psaní. Pokud žáci tuto metodu neznají, je nutné jim vysvětlit základní principy. Další úkoly v pracovním listu se již týkají vlastní expozice a při plnění úkolů lze najít odpovědi v informačních panelech umístěných u každého mravenčího hnízda a ve video projekcích, které jsou umístěny na stěnách. Některé dílčí úlohy pracují se znalostmi vycházejícími z běžné výuky. Žáci si v expozici mohou zblízka prohlédnout zajímavé mravenčí druhy a nahlédnout do uspořádání jejich hnízda. Po vyplnění pracovního listu následně dojde ke společné kontrole a na základě prvního úkolu lze rozvinout diskuzi na téma etické stránky zoologických zahrad.

### **Metodická doporučení:**

Žáci na prvním úkolu pracují samostatně. Na dalších úkolech mohou pracovat samostatně nebo ve dvojicích. Vzhledem k nepříliš velkým prostorům expozice doporučuji rozdělit třídu do menších skupin, aby zde nebylo příliš mnoho žáků najednou. S žáky, kteří již pracovní list mají vytvořený nebo na vstup do expozice ještě čekají, lze pracovat různými způsoby. Vyučující s nimi může projít část zoologické zahrady s ostatními zvířaty, nebo lze využít pracovní listy na jiná témata. Několik pracovních listů je přístupných i na stránkách zoologické zahrady. Využít také lze vzdělávací programy, zajišťované přímo pracovníky zoologické zahrady.

### **Reflexe:**

Při realizaci exkurze jsem zvolila variantu, při které část žáků byla s pedagogickým dozorem uvnitř expozice a s další částí jsem postupně procházela zoo. V případě, kdy část žáků již slyšela informace o nějakém zvířeti, tak měli za úkol sdělit ostatním informace, které si o něm zapamatovali.

Žáky nejvíce upoutal *Atta sexdens* (mravenec střihač) a *Dinomyrmex gigas* (velemravenec obrovský). Žáci byli překvapeni úctyhodnou velikostí tohoto mravence

a říkali, že zde český název velmi vystihuje vzhled zvířete. Žákům se také líbily detailní fotografie, které si mohli v expozici prohlédnout. Někteří však byli trochu zklamaní velikostí resp. malostí expozice, jelikož očekávali, že bude větší.

## **4.8 Aktivita č. 8: Termiti**

### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

### **Průřezové téma:**

Environmentální výchova; Výchova k myšlení v evropských a globálních souvislostech

### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Člověk a životní prostředí; Globální problémy, jejich příčiny a důsledky

### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

K učení, K řešení problémů, Komunikační

### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák „posoudí význam živočichů v přírodě“ (Jeřábek a kol., s. 33) a „zhodnotí problematiku ohrožených živočišných druhů a možnosti jejich ochrany“ (Jeřábek a kol., s. 33).

### **Cíl aktivity:**

Žák posoudí příčiny globálních problémů. Žáci rozvíjí kritické myšlení.

### **Metoda:**

Práce s textem, diskuze

### **Organizační forma:**

Frontální, skupinová

### **Pomůcky:**

Viz příloha - pracovní list č. 9, řešení k pracovnímu listu č. 9

Počítač, dataprojektor, reproduktory

Dokument: Svět podle termitů. Dostupné z: [www.ceskatelevize.cz/ivysilani/11565736341-svet-podle-termitu](http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/11565736341-svet-podle-termitu).

### **Čas:**

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 9 (viz příloha), na kterém budou pracovat. Čas na vypracování pracovního listu je 70 minut, přičemž délka videa je 52 minut. 20 minut následně zabere diskuze a kontrola pracovních listů.

### **Průběh:**

Na začátku žákům sdělíme, čeho se bude video týkat a rozdáme jim pracovní listy. Necháme jim čas na pročtení pracovního listu a na případné dotazy. Poté začneme promítat dokument. Po skončení promítání necháme žáky vypracovat zbývající úkoly. Žáky poté rozdělíme do skupin po 4–5 žácích. Skupiny budou mít za úkol prodiskutovat učitelem zadané otázky a domluvit se na společných odpovědích. Následně skupinky své odpovědi prezentují před ostatními skupinami, které si takto provedou kontrolu svých odpovědí. V případě chybné odpovědi mohou členové jiných skupin chybu opravit.

### **Metodická doporučení:**

Vzhledem k délce dokumentu (52 min) doporučuji promítání minimálně jednou přerušit. Provést dílčí kontrolu odpovědí, zeptat se žáků, zda zatím všemu porozuměli. Případně lze některé méně podstatné pasáže dokumentu vynechat, to ale příliš nedoporučuji. Po skončení dokumentu doporučuji rozdělit žáky do skupin na základě nějakého pravidla (losování barev, čísel apod.), aby se zamezilo ruchu a zmatku ve třídě.

Na pracovní list a dokument lze plynule navázat a to problematikou týkající se ničení pralesů. Žáci mohou pracovat ve skupinách, a mohou sepsat informace, které vědí například do myšlenkové mapy. Žáci poté mohou další informace vyhledávat v knihách, na internetu apod. Dále lze žáky upozornit a prodiskutovat s nimi Fair Trade obchodování, nebo najít aktivity na tato témata. Tímto u žáků naplníme některé z výstupů průřezového tématu výchovy k myšlení v evropských a globálních souvislostech.

### **Reflexe:**

K promítání dokumentu jsem měla vyhrazené dvě vyučovací hodiny, což bylo vzhledem k délce dokumentu ideální, jelikož jsem dokument nemusela přerušovat a žáci ho mohli shlédnout najednou. Tedy s jednou menší pauzou, ve které jsme shrnuli dosavadní děj v dokumentu. Žákům přišel dokument poměrně zajímavý, zejména z toho důvodu, že výzkum prováděli čeští vědci. Některé žáky překvapilo, že i takto může vypadat práce vědce. Zapisovat si odpovědi na otázky zvládla většina žáků bez problémů. Po ukončení promítání jsem nechala žákům chvíli času na psaní odpovědí a na vypracování zbývajících úkolů. Následně jsem žáky rozdělila do skupin po čtyřech a každé skupině zadala čísla otázek, na které po společné domluvě sdělili odpovědi celé třídě, která si

takto zkontrolovala a případně doplnila vlastní odpovědi. Ve zbývajícím čase jsem nechala skupiny pracovat na tématu problematiky ohrožení tropických deštných lesů.

## **4.9 Aktivita č. 9: Didaktická hra**

### **Vzdělávací oblast dle RVP G:**

Člověk a příroda

### **Vzdělávací obor dle RVP G:**

Biologie

### **Tematický okruh vzdělávacího oboru:**

Biologie živočichů

### **Průřezové téma:**

Environmentální výchova; Osobnostní a sociální výchova

### **Tematický okruh průřezového tématu:**

Problematika vztahů organismů a prostředí; Spolupráce a soutěž

### **Rozvíjené klíčové kompetence:**

Sociální a personální; K učení; K řešení problémů; Komunikační

### **Cílová skupina:**

Střední školy, čtyřletá gymnázia a vyšší stupně víceletých gymnázií

### **Očekávaný výstup dle RVP G:**

Žák: „*charakterizuje základní typy chování živočichů*“ (Jeřábek a kol., 2007, s. 33), dále si uvědomuje vzájemné vztahy mezi živočichy (Jeřábek a kol., 2007). Žák se učí: „*fungovat jako člen skupiny a komunity, jak prokazovat ochotu ke spolupráci s ostatními*“ (Jeřábek a kol., 2007, s. 69).

### **Cíl aktivity:**

Žák shrne poznatky z dané oblasti- biologie. Je schopen aplikovat získané poznatky v nových situacích. Aktivita vybízí žáka k volbě správné taktiky jednání a posiluje zvládnutí soutěžní atmosféry.

### **Metoda:**

Didaktická hra

### **Organizační forma:**

Skupinová

### **Pomůcky:**

Viz příloha -pracovní list č. 10

### **Čas:**

Žáci dostanou od vyučujícího pracovní list č. 10 (viz příloha). Následně se žáci začnou věnovat hře. Délka aktivity je asi 90 minut. Vlastní hra trvá zhruba 30 - 45 minut.

### **Průběh:**

Na začátku žákům vysvětlíme pravidla hry a dáme jim dostatečný prostor na dotazy. Dále žáky rozdělíme do skupin. Skupinám rozdáme hrací desky, figurky, kostky, kartičky s otázkami, listy se správnými odpověďmi a s významem polí. Necháme skupinám ještě čas na přečtení významu polí a případné dotazy. Poté necháme žáky pracovat. Skupiny postupně obcházíme, zjišťujeme, jestli se někde nevyskytl problém.

### **Metodická doporučení:**

Před realizací didaktické hry je nutné vytisknout si dostatečné množství kopií otázek, které je nutné předem rozstříhat. Doporučuji otázky vytisknout na tvrdý papír a ideálně zalaminovat pro delší trvanlivost. List s významem polí a list se správnými odpověďmi je nutné mít nakopírovaný pro každou skupinu. Oba listy také doporučuji vytisknout na tvrdý papír a zalaminovat. Také je nutné mít připravenou hrací desku pro každou skupinu.

Důležité je nejprve žákům vysvětlit aktivitu, její pravidla a průběh, ještě před tím, než žáky rozdělíme do skupin, neboť žáci budou více pozorní než by byli, kdyby již seděli po skupinách. Po vysvětlení pravidel žáky rozdělíme do skupin. Skupiny volíme dle počtu žáků ve třídě. Ideální počet hráčů je 3-4. Žáky do skupin může rozdělit vyučující nebo se mohou rozdělit žáci sami. Záleží na klimatu třídy a zvažení vyučujícího. Hra může trvat různým skupinám různě dlouhou dobu, je tedy vhodné mít připravenou doplňkovou aktivitu pro žáky, kteří by již měli hru dohranou nebo můžeme nechat žáky hrát druhé kolo.

### **Reflexe:**

Tuto aktivitu jsem zvolila úplně nakonec tématu. Žáky zaujala hrací deska. Na začátku jim přišlo trochu zdlouhavé vysvětlování pravidel, ale ve významech polí se poté orientovali velmi dobře. Žáci se hře samotné věnovali asi 45 minut, některé skupinky dohráli hrací kolo rychleji než jiné, takže si zahráli ještě druhé kolo. Po ukončení hry jsem s žáky hru vyhodnotila, a také jsem s nimi rozebrala předchozí aktivity. Jelikož tato hodina probíhala ke konci školního roku v odpoledních hodinách, žáci ocenili, že nemuseli psát zápis do sešitu nebo usilovně pracovat na nějakém jiném úkolu. Na hře oceňovali především to, že v ní působil i prvek náhody/štěstí a výhra nebyla ovlivněna pouze vědomostmi.

## Závěr

Diplomová práce se zabývá sociálním hmyzem s důrazem na mravence. Práce se zaměřuje zejména na biologii mravenců, jelikož se na Zemi vyskytují ve většině ekosystémů, které svou činností velmi ovlivňují. Zároveň je to skupina hmyzu, se kterou se lidé v životě běžně setkávají, ale většinou o ní nemají bližší povědomí.

V praktické části diplomové práce byl nabídnut soubor metodických námětů pro gymnázia a střední odborné školy. Metodické náměty se věnují zejména problematice mravenců. Pracovní listy společně s autorským řešením nebo s ukázkou žákovského řešení jsou v přílohouvé části diplomové práce. Pracovní listy se zaměřují jak na práci s textem a žákovské hledání souvislostí a odpovědí na otázky, tak na práci v terénu, dále na laboratorní práci. V minimální míře je také využito promítání. Ukázalo se, že nejlepší poznatky o životě mravenců si žáci osvojují samostatným zkoumáním v přírodě, kde si sami hledají odpovědi na otázky a zároveň si uvědomují propojenost organismů v přírodě. Samostatné zkoumání mají žáci spojené s větším emocionálním prožitkem, proto si poznatky takto získané uchovají déle v paměti, než když by jim byly sděleny učitelem v běžné výuce. Žáci nejvíce oceňovali právě aktivity v terénu, jelikož měli možnost pozorovat mravence v jejich přirozeném prostředí, a navíc nemuseli být v budově školy. Tyto aktivity byly pro žáky zajímavé, i přes jejich značnou časovou náročnost. Žáci také, i přes počáteční nechuť, ocenili tvorbu trvalých preparátů. Zejména proto, že po skončení práce viděli hmatatelné výsledky své práce, se kterými navíc mohli dále pracovat resp. pozorovat svůj vlastní trvalý preparát pod mikroskopem.

Pracovní listy jsou úzce specificky zaměřené na biologii mravenců. Toto téma je však tak široké, že nelze obsáhnout veškerou problematiku v rámci diplomové práce. Avšak metodické listy vystihují nejpodstatnější a nejzákladnější fakta o biologii mravenců. Toto téma stále není vyčerpáno a mohly by být vytvořeny i další metodické listy. Další oblastí, která by stála za metodické rozpracování je biologie ploštic, škvorů a případně dalšího hmyzu, který pečuje o potomstvo, žije ve skupinách nebo vykazuje jiné znaky sociálního chování.



## Seznam použité literatury

1. Andersen, A. N. (1988) Dispersal distance as a benefit of myrmecochory. *Oecologia* 4: s. 507–511.
2. Anderson, C., McShea, D. W. (2001) Individual versus social complexity, with particular reference to ant colonies. *Biological Reviews* 76: s. 211–237.
3. Banschbach, V. S., Levit, N., Herbers, J. M. (1997) Nest temperatures and thermal preferences of a forest ant species: is seasonal polydomy a thermoregulatory mechanism? *Insectes sociaux* 44: s.109–122.
4. Beneš, J., Konvička, M., Dvořák, J., Fric, Z., Havelda, Z., Pavlíčko, A., Vrabec, V., Weidenhoffer, Z. [eds.]. (2002) *Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I.* SOM, Praha, 478 s. ISBN 80-903212-0-8.
5. Bezděčka, P. (2000a) Naši mravenci rodu *Formica*. *Formica* 3: s. 19–24.
6. Bezděčka, P. (2000b) Evidence hnízd lesních mravenců. *Formica* 3: s. 76–79.
7. Bezděčka, P. (1999) Parazitické houby na mravencích rodu *Formica*. *Formica* 2: s. 71–75.
8. Bezděčková, K., Bezděčka, P. (2017) Seznam mravenců (*Hymenoptera:Formicidae*) Kraje Vysočina. *Acta rerum naturalium* 20: s. 53–64.
9. Bezerra-Gusmão, M. A., Barbosa, J. R. C., Barbosa, M. R., Bandeira, A. G., Sampaio, E. (2011) Are nests of *Constrictotermes cyphergaster* (*Isoptera, Termitidae*) important in the C cycle in the driest area of semiarid caatinga in northeast Brazil? *Applied Soil Ecology* 47: s. 1–5.
10. Bezerra-Gusmão, M. A., Kogiso, K. A., Honorato, T.H., Melo, T.X., Barbosa, J.R.C., Bandeira, A. G. (2009) Polycalic nest systems and levels of aggression of *Constrictotermes cyphergaster* (*isoptera, termitidae, nasutitermitinae*) in the semi-arid region of Brazil. *Sociobiology* 53: s. 101–111.
11. Bolton, B. An Online Catalog of the Ants of the World. Dostupné z: [www.antcat.org](http://www.antcat.org). [cit. dne: 1. 12. 2018].
12. Czechowski, W., Radchenko, A., Czechowska, W. (2002) *The ants (Hymenoptera, Formicidae) of Poland*. Museum and Institute of Zoology, Warszawa, 200s. ISBN 83-85192-98.
13. Čapek, R. (2015) *Moderní didaktika*. Grada, Praha, 604 s. ISBN 978-80-247-3450-7.
14. Daďourek, M. (2002) Je mraveniště část koule? Aneb o nevhodnosti použití tzv. tabulky Dlusského k určení objemu hnízd. *Formica* 5: s. 24 –26.

15. Daňo, J. (2002) Roční program ochránce lesních mravenců. *Formica* 5: s.15–23.
16. Dawkins, R. (2003) *Sobecký gen*. Mladá fronta, Praha, 320 s. ISBN 80-204-0730-8.
17. Depickère, S., Fresneau, D., Deneubourg, J. L. (2004) A Basis for Spatial and Social Patterns in Ant Species: Dynamics and Mechanisms of Aggregation. *Journal of Insect Behavior* 17: s. 81–97.
18. Dostál, P., Březnová, M., Kozlíčková, V., Herben, T., Kovář, P. (2005) Ant-induced soil modification and its effect on plant below-ground biomass. *Pedobiologia* 49: s. 127–137.
19. Federle, W., Brainerd, L. E., McMahon, A. T., Holldöbler, B. (2001). Biomechanics of the movable pretarsal adhesive organ in ants and bees. *PNAS* 98: s. 6215–6220.
20. Fiedler, K. (2006) Ant-associates of Palaearctic lycaenid butterfly larvae (Hymenoptera: Formicidae; Lepidoptera: Lycaenidae) – a review. *Myrmecologische Nachrichten* 9: s. 77–87.
21. Folgarait, P. J. (1998) Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7: s. 1221–1244.
22. Forman, M., Král, J. (2010). Změny v organizace genomu a vznik sociality u bezobratlých. *Živa* 3: s. 128–130.
23. Frouz, (2005). Termoregulace lesních mravenců rodu *Formica*. *Formica* 8: s. 15–19.
24. Gotoh, A., Billen, J., Hashim, R., Ito, F. (2009) Evolution of specialized spermatheca morphology in ant queens: Insight from comparative developmental biology between ants and polistine wasps. *Arthropod Structure & Development* 38: s. 521–525.
25. Goropashnaya, A. V., Fedorov V. B., Pamilo, P. (2004) Recent speciation in the *Formica rufa* group ants (Hymenoptera, Formicidae): inference from mitochondrial DNA phylogeny. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 32:s. 198–206.
26. Hölldobler, B., Engel-Siegel, H. (1984) On the metapleural gland of ants. *Psyche* 91:201–224.
27. Hölldobler, B., Kwapich, Ch. L., Haight K. L. (2018) Behavior and exocrine glands in the myrmecophilous beetle *Lomechusoides strumosus* (Fabricius, 1775) (formerly called *Lomechusa strumosa*) (Coleoptera: Staphylinidae: Aleocharinae). *PLOS ONE* 13: 1– 38.
28. Hölldobler, B., Wilson, E. (1997) *Cesta k mravencům*. Academia, Praha, 198 s. ISBN 80-200-0612-5.
29. Hůrka, Čepická, A. (1978) *Rozmnožování a vývoj hmyzu*. SPN, Praha, 223 s.
30. Jeřábek, J. a kol. (2007) *Rámcový vzdělávací program pro gymnázia: RVP G*. Výzkumný ústav pedagogický v Praze, Praha, 99s. ISBN 978-80-87000-11-3.

31. Jírovec a kol. (1958) *Zoologická technika*. SPN, Praha, 314 s.
32. Klimeš, P. (2016) Nezvaní mravenci hosté: od domácích druhů k invazím z tropů. *Živa* 4: 192–194.
33. Kment, P., Vilímová, J. (2005) *Heteroptera* (ploštice). In: Fakrač, J., Král, D. a Škorpík, M. [eds.]. *Červený seznam ohrožených druhů České republiky*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, s. 139-146. ISBN 80-86064-96-4.
34. Kočárek, P., Holuša, J. (2005) *Dermaptera* (švoři). In: Fakrač, J., Král, D. a Škorpík, M. [eds.]. *Červený seznam ohrožených druhů České republiky*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, s. 135. ISBN 80-86064-96-4.
35. Kodrčík, D. (2004) *Fyziologie hmyzu: učební texty*. Entomologický ústav AV ČR, České Budějovice, 220 s.
36. Kosmeier, D. (2018) *Keine Angst vor Hornissen!*. Online. Dostupné z: <http://www.vespa-crabro.com/inhalte.htm>. [cit. dne 2. 1. 2019].
37. Kovář, P., Kovářová, M., Dostál, P., Herben, T. (2001) Vegetation of ant-hills in a mountain grassland: effects of mound history and of dominant ant species. *Plant Ecology* 156: s. 215–227.
38. Kůrka A., Řezáč M., Macek R., Dolanský J. (2015) *Pavouci České republiky*. Academia, Praha, 624 s. ISBN 978-80-200-2384-1.
39. Kůsová, P. (2001) Doplněk k evidenci hnízd lesních mravenců. *Formica* 4: s. 12–13.
40. Lamb, R. J., Wellington, W. G. (1975) Life history and population characteristics of the European earwig, *Forficula auricularia* (Dermaptera: Forficulidae), at Vancouver, British Columbia. *Canadian Entomologist* 107: s. 819-824.
41. LaPolla, J. S., Dlussky, G. M., Perrichot, V. (2013) Ants and the fossil record. *Annual Review of Entomology* 58: s. 609–630.
42. Leppänen, J. (2012) *Phylogeography and population genetics of social parasitism in Myrmica ants*. Academic Dissertation. University of Helsinki. 99 s. ISBN 978-952-10-8419-5.
43. Mappes, J., Kaitala, A. (1994) Experiments with *Elasmucha grisea* L. (Heteroptera: Acanthosomatidae): does a female parent bug lay as many eggs as she can defend? *Behavioral Ecology* 5: s. 314–317.
44. Mappes, J., Kaitala, A. (1995) Host-Plant Selection and Predation Risk for Offspring of the Parent Bug. *Ecology* 76: s. 2668–2670.

45. Mappes, J., Kaitala, A., Alatalo, R. V. (1995) Joint brood guarding in parent bugs — an experiment on defence against predation. *Behavioral ecology and sociobiology* 36: s. 343–347.
46. Miles, P. (1999) Inventarizace, výzkum a ochrana lesních mravenců v Krkonošském národním parku. *Formica* 2: s. 48–64.
47. Miles, P. (2000a) Příspěvek k výskytu mravence pařezového (*Formica truncorum* Fabricius, 1804) v České republice. *Formica* 3: s. 54–56.
48. Miles, P. (2000b) Lesní mravenci, ohrožení pomocníci lesa. *Formica* 3: s. 6–18.
49. Miles, P. (2001) Věnujeme zvýšenou pozornost polygynní formě mravence *Formica rufa*. *Formica* 4: s. 17–18.
50. Nocarová, P. (2017) *Metapleurální žláza mravenců (Hymenoptera: Formicidae)*. Hradec Králové, Diplomová práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. 67 s.
51. Noirot, Ch., Darlington J. P. E. C. (2000) Termite Nests: Architecture, Regulation and Defence. In: Abe, T., Bignell, D. E., Higashi, M. [eds.]. *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Dordrecht: Springer, s. 121–139. ISBN 978-90-481-5476-0.
52. Pech, P. (2008) Jak na sobě naši mravenci sociálně parazitují. *Živa* 6: s. 271–273.
53. Pech, P. (2014) Úvod do fylogeneze a evoluce mravenců. *Živa* 6: s. 291–295.
54. Petal, J. (1980) Ant populations their regulation and effect on soil in meadows. *Ekologia Polska* 28: s. 297–326.
55. Petal, J. (1981) Intraspecific competition as a way of adaptation to food resources in an ant population. *Ekologia Polska* 29: s. 421–430.
56. Radchenko, A., Czechowski, W., Czechowska, W. (1998) The genus *Tetramorium mayr* (Hymenoptera, Formicidae) In Poland—a survey of species nad key for their identification. *Annales Zoologici* 48: s. 107–118.
57. Radchenko, A., Elmes, G. W. (2010) *Myrmica* ants (Hymenoptera: Formicidae) of the Old World. *Fauna Mundi* 3, Warszawa, 789 s. ISBN 978-83-930773-1-1.
58. Sadil, J. (1955) *Naši mravenci*. Orbis, Praha, 228 s.
59. Seifert, B. (2007) *Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas*. Lutra, Tauer, 368 s. ISBN 978-3-936412-03-1.
60. Seifert, B. (2018) *The Ants of Central and North Europe*. Lutra, Tauer, 408 s. ISBN 978-3-936412-07-9.

61. Sitná, D. (2009) *Metody aktivního vyučování*. Portál, Praha: Portál, 152 s. ISBN 978-80-7367-246-1.
62. Skalková, J. (2007) *Obecná didaktika: vyučovací proces, učivo a jeho výběr, metody, organizační formy vyučování*. Grada, Praha, 322 s. ISBN 978-80-247-1821-7.
63. Staerkle, M., Kölliker M. (2008) Maternal Food Regurgitation to Nymphs in Earwigs (*Forficula auricularia*). *Ethology* 114: s. 844–850.
64. Valterová, I., Urbanová, K. (1997) Chemical Signals of Bumblebees. *Chemicke Listy* 91: s. 856–857.
65. Werner, P., Bezděčka, P., Bezděčková, K., Pech, P. (2018) An updated checklist of the ants (*Hymenoptera, Formicidae*) of the Czech Republic. *Acta rerum naturalium* 22: s. 5–12.
66. Witte, V., Maschwitz, U. (2008) Mushroom harvesting ants in the tropical rain forest. *Naturwissenschaften* 11: s. 1049–1054.
67. Wolf J. (1954) *Mikroskopická technika*. SPN, Praha, 651 s.
68. Yek, S. H., Mueller, U. G. (2010) The metapleural gland of ants. *Biological Reviews* 86: s. 774–791.
69. Zahradník, J. (2004) *Hmyz*. Aventinum, Praha, 326s. ISBN 978-80-7442-051-1.
70. Zormanová, L. (2012) *Výukové metody v pedagogice*. Grada, Praha, 160 s. ISBN 978-80-247-4100-0.

## Seznam použitých obrázků

1. **Obr. č. 1** Norris, R. (2005) Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Termiti#/media/Soubor:RayNorris\\_termite\\_cathedral\\_mounds.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Termiti#/media/Soubor:RayNorris_termite_cathedral_mounds.jpg) [cit.dne 20. 5. 2019].
2. **Obr. č. 2** Kodrík, D. (2004) *Fyziologie hmyzu: učební texty*. Entomologický ústav AV ČR, České Budějovice, s. 9.
3. **Obr. č. 3** Nobile, A. (2008) *Formica polyctena*. Dostupné z : <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0173865&shot=h&number=1> [cit. dne 25. 4. 2019].
4. **Obr. č. 4** Sadil, J (1955) *Naši mravenci*. Orbis, Praha, s. .
5. **Obr. č. 5** Pech, P. *Technomyrmex vitiensis*. Originál [cit. dne 25. 4. 2019].
6. **Obr. č. 6** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, s. 230
7. **Obr. č. 7** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, s. 292.
8. **Obr. č. 8** Šípek, P. *Formica sanguinea*. Originál [cit. dne 25. 4. 2019].
9. **Obr. č. 9** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, s. 304.
10. **Obr. č. 10** Tschuch, G. (2004) *Myrmecophilus acervorum*. Dostupné z [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myrmecophila\\_acervorum.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Myrmecophila_acervorum.jpg) [cit. dne 25. 5. 2019].
11. **Obr. č. 11** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, s. 516.
12. **Obr. č. 12** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, s. 523.
13. **Obr. č. 13** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, s. 325.
14. **Obr. č. 14** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, obrazová příloha.
15. **Obr. č. 15** Borowiec, M. (2015) *Euprenolepis procera*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0106328&shot=p&number=1> [cit. dne 24. 4. 2019].
16. **Obr. č. 16** Nobile, A (2008) *Lasius niger*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0178774&shot=p&number=1> [cit. dne 25. 3. 2019].
17. **Obr. č. 17** Nobile, A. (2007) *Lasius flavus*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0173167&shot=p&number=1> [cit. dne 25. 3. 2019].
18. **Obr. č. 18** Nobile, A. (2007) *Lasius fuliginosus*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0173166&shot=p&number=1> [cit. dne 25. 3. 2019].

19. **Obr. č. 19** Nobile, A. (2008) *Formica rufa*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0173862&shot=h&number=1> [cit. dne 25. 3.2019].
20. **Obr. č. 20** Nobile, A. (2008) *Camponotus ligniperda*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0173649&shot=p&number=1> [cit. dne 25. 3.2019].
21. **Obr. č. 21** Nobile, A. (2007) *Myrmica rubra*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0010644&shot=p&number=1> [cit. dne 27. 4.2019].
22. **Obr. č. 22** Ortega, E. (2012) *Tetramorium moravicum*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0281564&shot=p&number=1> [cit. dne 25. 3. 2019].
23. **Obr. č. 23** Nobile, A. (2007) *Dolichoderus quadripunctatus*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0173127&shot=d&number=1> [cit. dne 28. 4. 2019].
24. **Obr. č. 24** Prado, E (2009) *Mononotum pharaonis*. Dostupné z: <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0179469&shot=p&number=1> [cit. dne 25. 3. 2019].
25. **Obr. č. 25** Nobile, A (2007) *Tapinoma melanocephalum*. Dostupné z <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0008659&shot=p&number=1> [cit. dne 25. 3. 2019].
26. **Obr. č. 26** Kůsová, P. (2001) Doplněk k evidenci hnízd lesních mravenců. *Formica* 4: s. 13.

**Pracovní list č. 1**

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Úvod k biologii mravenců

**Úkol č. 1: Napište všechny informace, které víte o mravencích (jak vypadají, kde žijí, do jaké skupiny živočichů patří apod.)**

.....

.....

.....

.....

**Úkol č. 2: Napište knihy, filmy, nebo jiné výtvary člověka, ve kterých se objevují mravenci. Jak jsou v nich mravenci zobrazováni? Jaké vlastnosti jsou jim přisuzovány?**

.....

.....

.....

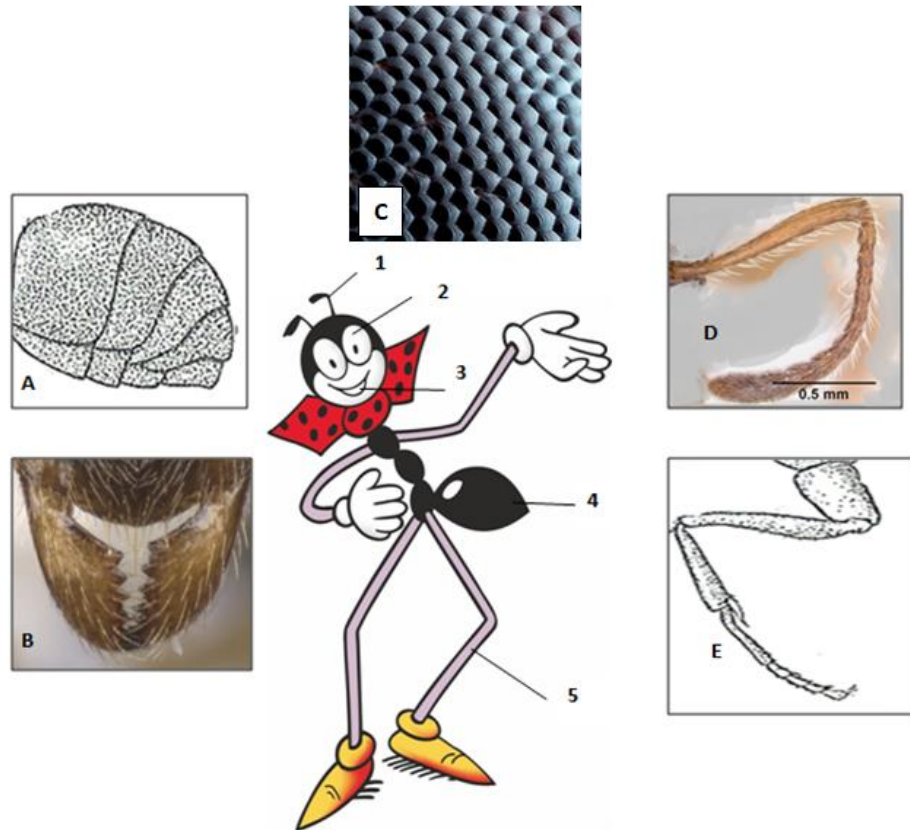
.....

**Úkol č. 3: Poznáte kdo je na obrázku? Každému obrázku (A-E) přiřad'te část těla (1-5), ze které pochází. Pokuste se jednotlivé části pojmenovat.**

.....

Obrázek	část těla	název části těla
A		
B		
C		
D		
E		





**Úkol č. 4: Kdo je autorem ústřední postavy z obrázku? V jaké literatuře se objevuje, pro koho byla určena? Vyhledejte (v literatuře, na internetu) informace o autorovi a jeho tvorbě.**

.....

.....

.....

.....

**Úkol č. 5: Pozorně si prohlédni knihy o Ferdovi Mravencovi. V čem se liší zpracované příběhy před rokem 1948 a po něm? Má to nějaké historické souvislosti, pokud ano jaké?**

.....

.....

.....

.....

## Řešení k pracovnímu listu č. 1

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Úvod k biologii mravenců

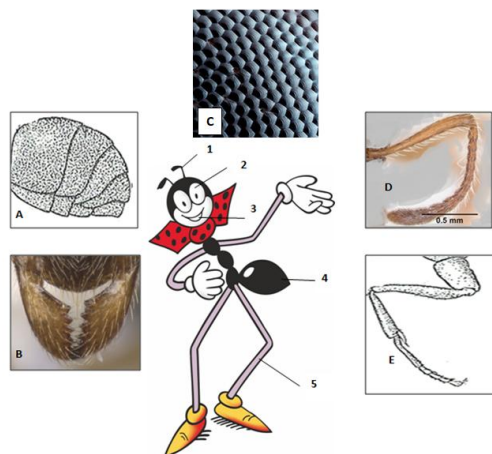
### Úkol č. 1: Napište všechny informace, které víte o mravencích (jak vypadají, kde žijí, do jaké skupiny živočichů patří apod.)

Možné resp. očekávané odpovědi žáků v tomto úkolu: tělo rozděleno na hlavu, hrud' a zadeček; složené oči, jednoduché oči, tykadla, 3 páry končetin; poměrně malá velikost těla; patří do kmene členovců, třídy hmyzu, řádu blanokřídlí; žijí sociálně, v hnízdech, najdeme je v lesích, na loukách, pod kameny apod.

### Úkol č. 2: Víte o nějakých knihách/filmech/nebo jiných výtvorech člověka, ve kterých se mravenci objevují? Jak jsou v nich mravenci zobrazováni? Jaké vlastnosti jsou jim přisuzovány?

Možné odpovědi žáků v tomto úkolu: různé díly Ferdy mravenec; zmínky v Bibli, filmy Mrňouskové, Život brouka, Mravenčí polepšovna 1 a 2, Mravenec Z, dokumentární filmy apod. Mravenci bývají zobrazováni jako pracovití, oddaní, neúnavní, bojovní, pozitivní hrdinové.

### Úkol č. 3: Poznáte kdo je na obrázku? Každému obrázku (A-E) přiřad'te část těla (1-5), ze které pochází. Pokuste se jednotlivé části pojmenovat.



Obr. č. 1: Ferda mravenec

(Městská knihovna Slavoj, [www.slavoj.cz](http://www.slavoj.cz); A, E- Sadil,1955, s. 23 ; B, D-A. Nobile, 2007; C-Piwodda, 2004)

Obrázek	část těla	název části těla
A	4	Zadeček
B	3	Kusadla
C	2	Složené oko
D	1	Lomené tykadlo
E	5	Končetina

**Úkol č. 4: Kdo je autorem ústřední postavy z obrázku? V jaké literatuře se objevuje, pro koho byla určena? Vyhledejte (v literatuře, na internetu) informace o autorovi a jeho tvorbě.**

Autorem postavy je Ondřej Sekora - kreslíř a spisovatel. Jeho knihy byly určeny především pro dětské čtenáře. Příkladem tvorby od Ondřeje Sekory jsou knihy: Ferda mravenec, práce všeho druhu; Ferda v cizích službách; Ferda v mraveništi; Slabikář Ferdy mravence; Trampoty brouka Pytlíka; Malířské kousky brouka Pytlíka; Ferda Mravenec ničí škůdce přírody, Mravenci se nedají atd.

**Úkol č. 5: Pozorně si prohlédněte knihy o Ferdovi Mravenci. V čem se liší zpracované příběhy před rokem 1948 a po něm? Má to nějaké historické souvislosti, pokud ano jaké?**

Příběhy zpracované před rokem 1948 zábavným způsobem přibližují dětským čtenářům život bezobratlých. Po roce 1948 získávají příběhy Ferdy Mravence silný ideologický podtext. Ferda nyní slouží jako prostředník pro sdělování ideologických myšlenek socialismu. Důraz je kladen na hodnoty a postupy, které socialismus prosazoval v celé společnosti (pětiletky, plány, kolektivizace, uniformita...) Změna v tvorbě Ondřeje Sekory souvisí s válečnými útrapami, které postihly jeho samotného a jeho rodinu. Tato změna politických názorů se plně projevila po změně politického vedení u nás po roce 1948.

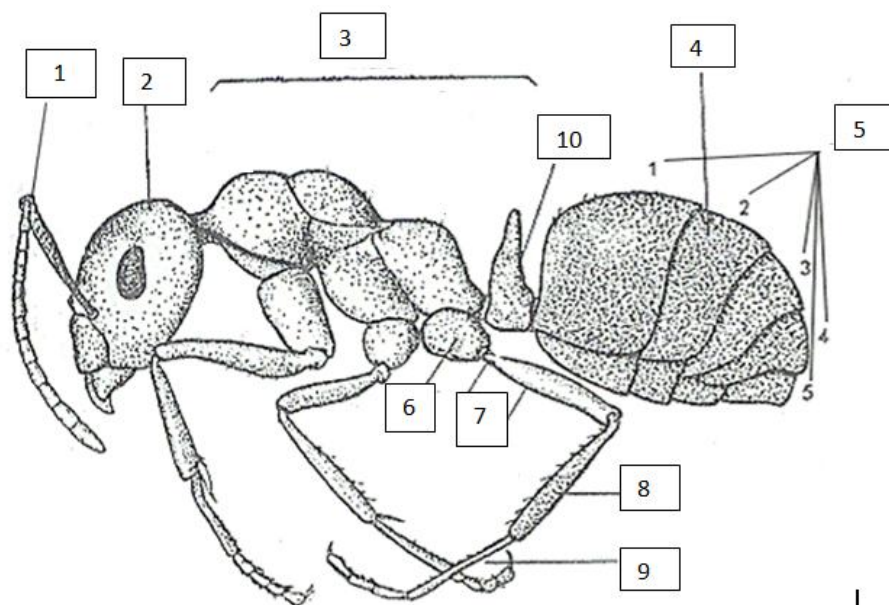
**Pracovní list č. 2**

Jméno a příjmení: ..... Datum: .....

Téma: Stavba těla mravence, úkoly v hnízdě

**Úkol č. 1: Přiřaďte částem mravenčího těla (1-10) správné názvy. Použijte pojmy z nabídky.**

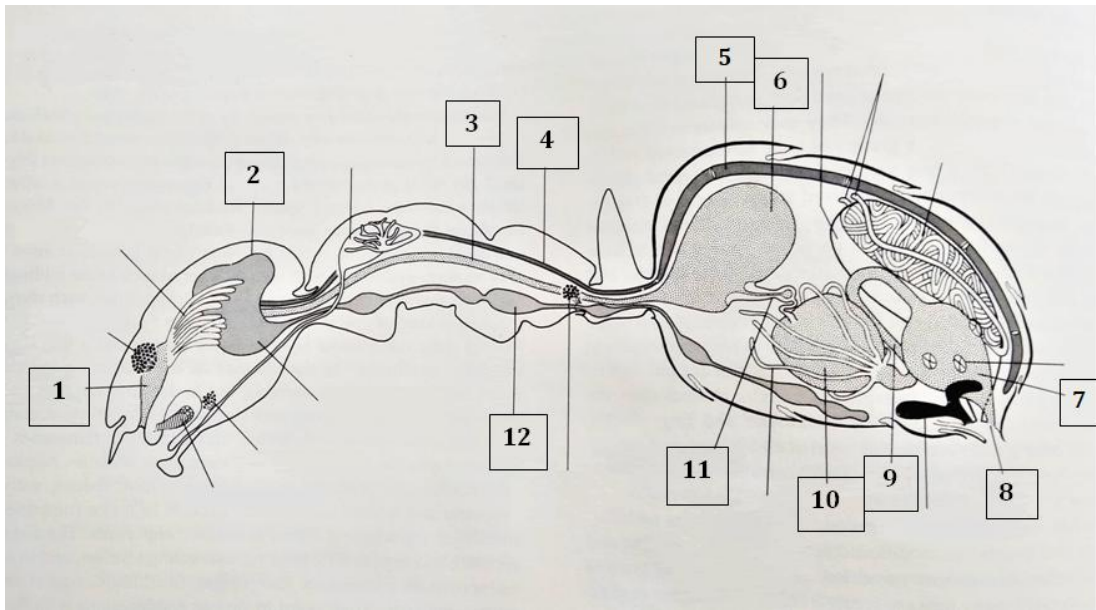
zadečkové články	chodidlo	hlava	lomené tykadlo	hrud'
příkyčlí a stehno	tělní stopka	kyčel	zadeček	holeň



1 .....	3 .....	5 .....
2 .....	4 .....	6 .....
7 .....	9 .....	
8 .....	10 .....	

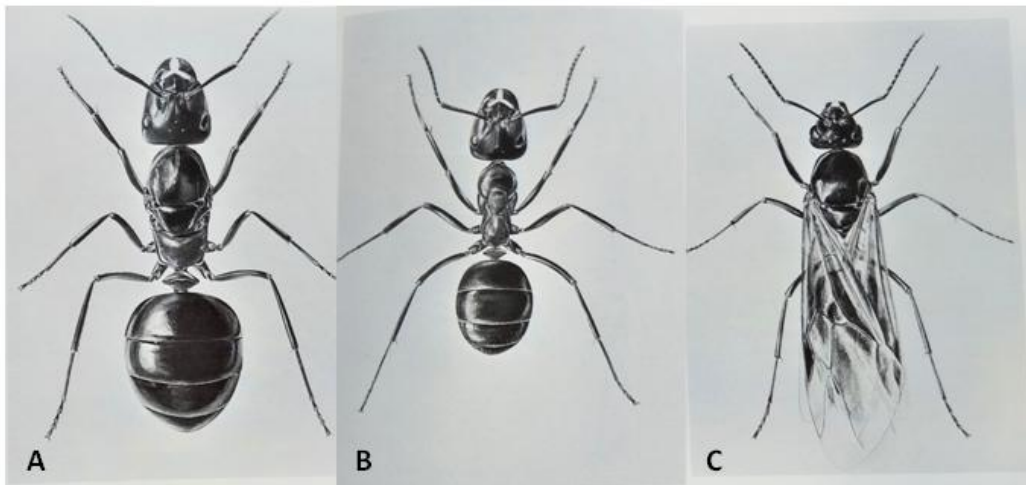
**Úkol č. 2: Přiřaďte vnitřním orgánům (1-10) správné názvy. Použijte pojmy z nabídky.**

nervová trubice	čerpací žaludek	konečník	žláznatý žaludek	vole
srdce	aorta	mozek	hltan	střevo
řitní otvor	jícen			



- |         |         |          |
|---------|---------|----------|
| 1 ..... | 5.....  | 9 .....  |
| 2 ..... | 6 ..... | 10 ..... |
| 3 ..... | 7 ..... | 11 ..... |
| 4 ..... | 8 ..... | 12 ..... |

**Úkol č. 3: Rozhodněte, na kterém obrázku je zobrazena dělnice (1), královna (2) a samec (3) mravence pospolitého (*Formica polyctena*).**



- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| 1 ..... | 2 ..... | 3 ..... |
|---------|---------|---------|

**Úkol č. 4: Každý člen v mraveništi má nějaký úkol. Napište ve větách, jaké úkoly v mraveništi plní dělnice, královna a samec. S psaním textu Vám pomohou slova ukrytá v osmisměrce.**



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

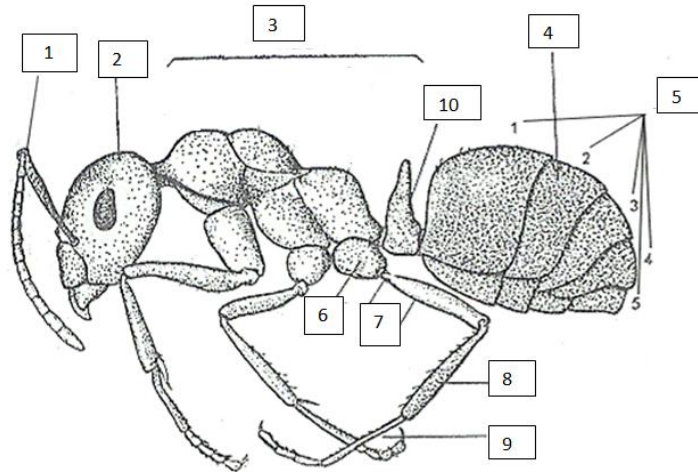
.....

## Řešení k pracovnímu listu č. 2

Jméno a příjmení: ..... Datum: .....

Téma: Stavba těla mravence, úkoly v hnízdě

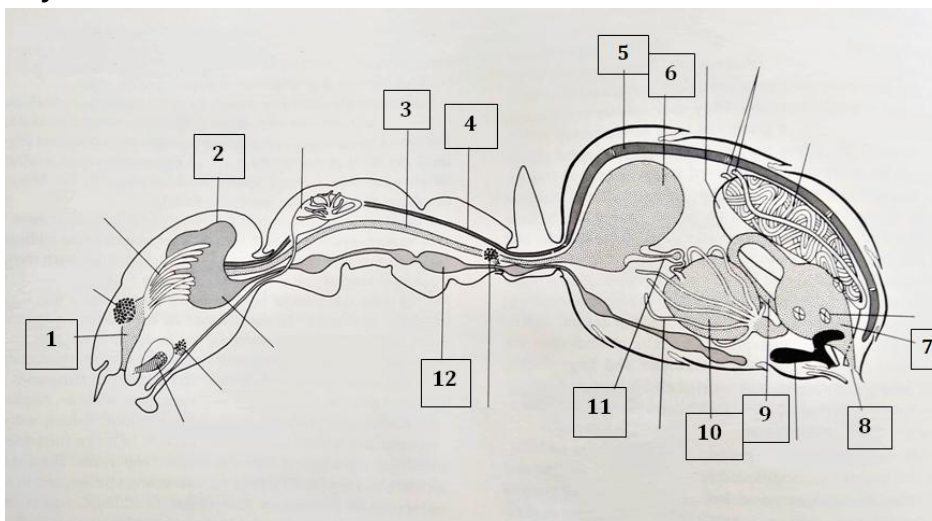
**Úkol č. 1: Přiřadte částem mravenčího těla (1-10) správné názvy. Použijte pojmy z nabídky.**



Obr. č. 2: Stavba těla mravence  
(Sadil, 1955, s. 23 – upraveno)

1	LOMENÁ TYKADLA	6	KYČEL
2	HLAVA	7	PŘÍKYČLÍ A STEHNO
3	HRUŤ	8	HOLEŇ
4	ZADEČEK	9	CHODIDLO
5	ZADEČKOVÉ ČLÁNKY	10	TĚLNÍ STOPKA

**Úkol č. 2: Přiřadte vnitřním orgánům (1-10) správné názvy. Použijte pojmy z nabídky.**

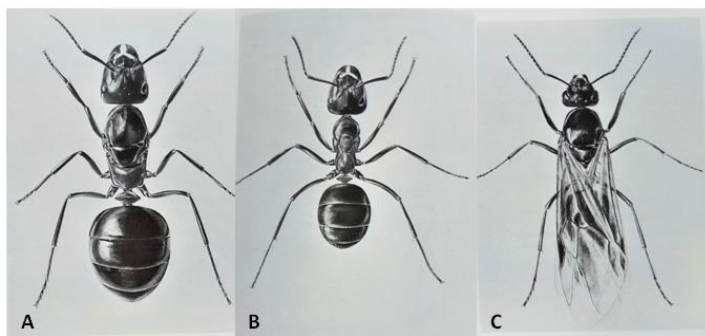


Obr. č. 3: Vnitřní orgány mravence rodu *Formica* (Hölldobler a Wilson, 1990 s. 230- upraveno)



- |         |               |                     |
|---------|---------------|---------------------|
| 1 HLTAN | 5 SRDCE       | 9 STŘEVO            |
| 2 MOZEK | 6 VOLE        | 10 ŽLAZNATÝ ŽALUDEK |
| 3 JÍCEN | 7 KONEČNÍK    | 11 ČERPACÍ ŽALUDEK  |
| 4 AORTA | 8 ŘITNÍ OTVOR | 12 NERVOVÁ TRUBICE  |

**Úkol č. 3: Rozhodněte, na kterém obrázku je zobrazena dělnice (1), královna (2) a samec (3) mravence pospolitého (*Formica polyctena*).**



Obr. č 4: Kasty mravence *Formica polyctena*  
(Hölldobler a Wilson 1990 s. 175)

1 ..... B .....                      2 ..... A .....                      3 ..... C .....

**Úkol č. 4. Každý člen v mraveništi má nějaký úkol. Napište, jaké úkoly v mraveništi plní dělnice, královna a samec. S psaním textu Vám pomohou slova schovaná v osmisměrce.**

Slova z osmisměrky: oplodnit, klást, pečovat, obstarávat, chránit, stavět, královna, vajíčka, larvy, kukly, potrava, hnízdo.

Funkcí samců je oplození mladých královen. Královny produkují vajíčka (oplozená, neoplozená). Funkcí dělnic je pečovat o vajíčka, larvy a kukly. Dále obstarávat potravu, stavět hnízdo a chránit ho.



## Pracovní list č. 3

### Terénní cvičení

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Život mravenců v mraveništi a jeho okolí

---

#### Úvod

Mravenci jsou nedílnou součástí naší přírody. V pracovním listu budete mít možnost pozorovat jejich život v přirozeném prostředí.

#### Úkol č. 1: Pozorování mraveniště

**Pomůcky:** metr, provázek, tyče, kompas, mapa, fotoaparát, klíče k určování rostlin

Mraveniště				
Kraj:	Okres:	Obec (nejbližší obec):		
Lokalita (název místa):				
Nadmořská výška:		GPS souřadnice:		
Charakteristika místa:		Dřeviny a byliny v okolí:	Hnízdní materiál:	
Les:	- hustý les - listnatý - jehličnatý - smíšený			- okraj lesa - paseka
Louka:	- nekosená louka - kosená louka			
Pole:	- obhospodařované pole - pole nechané ladem			
Pastvina:				
Jiné:				
Výška kupy:	Obvod kupy:	Průměr kupy:		
<p>Nákres tvaru a popis: Nakreslete a popište na druhou stranu prac. listu.  V = vrchol hnízdní kupy  S = střed hnízdní kupy  h = výška hnízdní kupy</p>				
Fotografie: Nalepte na druhou stranu prac. listu				

**Postup:**

1. Pozorujte a zakreslete tvar mraveniště.
2. Změřte a zapište jeho výšku, obvod, průměr – údaje zapište do nákresu.
3. Z jakých materiálů je hnízdo postaveno?  
možné řešení: písek, půda jehličí, větvičky, tráva, semena, listí, kamínky, pupeny...
4. Najděte další neblíží mraveniště. V jaké vzdálenosti se toto mraveniště nachází od mraveniště zkoumaného?

**Úkol č. 2: Dle získaných dat z úkolu č. 1, vypočítejte objem nadzemní části hnízdní kupy. Použij vzorec pro výpočet objemu kulové úseče:**

.....

.....

.....

.....

Pozn.: Hodnota výsledného objemu je pouze orientační.!

**Úkol č. 3: Dle získaných dat z úkolu č. 1 vypočítejte objem nadzemní části hnízdní kupy. Použijte vzorec pro výpočet objemu rotačního paraboloidu:**

.....

.....

.....

.....

Pozn.: Hodnota výsledného objemu je pouze orientační.!

**Úkol č. 4: Porovnejte objemy, které jste vypočítal v úkolu č. 3 a č. 4. Liší se výrazným způsobem? Pokud ano, čím to může být způsobeno? Zamyslete se, jak může odlišná práce se získanými daty ovlivnit výsledky. Co z toho můžeme vyvodit?**

.....

.....

.....

.....

**Úkol č. 5: Pozorování aktivity mravenců**

**Pomůcky:** kousky masa, cukru, medu různé druhy semen, mraveniště obývané mravenci, stopky/hodinky

**Postup:**

- 1) V blízkosti mraveniště položte malé kousky cukru, masa, cukr atd.
- 2) Pozorujte a stopujte, jak dlouho bude mravencům trvat, než zaznamenají přinesenou potravu.

.....  
.....

- 3) Pozorujte, za jak dlouho se u potravu shlukly ostatní mravenci.

.....  
.....

- 4) Který druh potravu si mravenci odnesli do mraveniště jako první?

.....  
.....

**Závěr**

.....  
.....  
.....  
.....

## Řešení k pracovnímu listu č. 3 – žákovské řešení Terénní cvičení

Téma: Život mravenců v mraveništi a jeho okolí

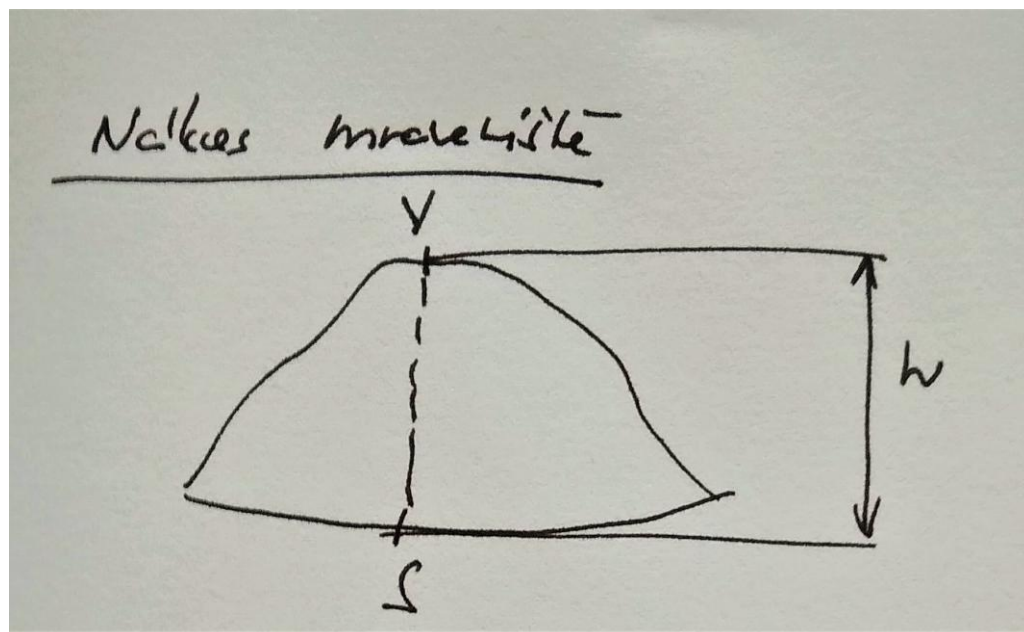
### Úvod

Mravenci jsou nedílnou součástí naší přírody. V pracovním listu budete mít možnost pozorovat jejich život v přirozeném prostředí.

### Úkol č. 1: Pozorování mraveniště

**Pomůcky:** mraveniště, metr, kompas, mapa, fotoaparát, klíče k určování rostlin

Mraveniště			
Kraj: VYSOČINA	Okres: HAVALČICKÝ ÚSTAV	Obec (nejbližší obec): HRADEC	
Lokalita (název místa): NA DUBIČI			
Nadmořská výška: 475 m. n. m.		GPS souřadnice: 48°42'23,5" N 15°18'16,56" E	
Charakteristika místa:		Dřeviny a byliny v okolí:	Hnízdní materiál:
Les: - listnatý - jehličnatý - smíšený	- hustý les - okraj lesa - paseka	močál okraj pásek dub les borovice rebríček obecní ostřina	jehličí obecní tráva vlhka
Louka:	- nekosená louka - kosená louka		
Pole:	- obhospodařované pole - pole nechané ladem		
Pastvina:	—		
Jiné:	—		
Výška kupy: 26 cm	obvod kupy: 427 cm	Průměr kupy: 136 cm	
Nákres tvaru a popis: Nakreslete a popište na druhou stranu prac. listu. V= vrchol hnízdní kupy S=střed hnízdní kupy h=výška hnízdní kupy			
Fotografie: Nalepte na druhou stranu prac. listu			





**Postup:**

1. Pozorujte a zakreslete tvar mraveniště.
2. Změřte a zapište jeho výšku, obvod, průměr – údaje zapište do nákresu.
3. Z jakých materiálů je hnízdo postaveno?  
možné řešení: písek, půda, jehličí, větvičky, tráva, semena, listí, kamínky, pupeny...
4. Najděte další nejbližší mraveniště. V jaké vzdálenosti se toto mraveniště nachází od mraveniště zkoumaného?

Úkol č. 2. Dle získaných dat z úkolu č.1, vypočítejte objem nadzemní části hnízdní kupy. Použij vzorec pro výpočet objemu kulové úseče:

$$V = \frac{\pi \cdot h}{6} (3r^2 + h^2) = \frac{\pi \cdot 30}{6} (3 \cdot 68^2 + 36^2) = \frac{\pi \cdot 30}{6} (13872 + 1296) =$$

$$= \pi \cdot 6 \cdot 15168 = 285810,0642 \text{ cm}^3 = 0,286 \text{ m}^3$$

Pozn.: Hodnota výsledného objemu je pouze orientační!

Úkol č. 3. Dle získaných dat z úkolu č. 1 vypočítejte objem nadzemní části hnízdní kupy. Použijte vzorec pro výpočet objemu rotačního paraboloidu:

$$V = \frac{1}{2} \pi r^2 h = \frac{1}{2} \pi \cdot 68^2 \cdot 36 = \frac{1}{2} \pi \cdot 68^2 \cdot 36 = \frac{1}{2} \pi \cdot 4621 \cdot 36 = 261484,04 \text{ cm}^3$$

$$= 0,261 \text{ m}^3$$

Pozn.: Hodnota výsledného objemu je pouze orientační!

Úkol č. 4 Porovnejte objemy, které jste vypočítal v úkolu č. 3 a č. 4. Liší se výrazným způsobem? Pokud ano, čím to může být způsobeno? Zamyslete se, jak může odlišná práce se získanými daty ovlivnit výsledky. Co z toho můžeme vyvodit?

Objemy se liší o 902 m<sup>3</sup>. Může to být způsobeno jinými  
vzoremi (každý je pro jiné těleso).  
Různý způsob práce s daty může způsobit odlišné výsledky, každé  
má své odpovídající skutečnosti.

**Úkol č. 5. Pozorování aktivity mravenců**

**Pomůcky:** kousky masa, cukru, medu různé druhy semen, mraveniště obývané mravenci, stopky/hodinky

**Postup:**

- 1) V blízkosti mraveniště položte malé kousky cukru, masa, cukr atd.
- 2) Pozorujte a stopujte, jak dlouho bude mravencům trvat, než zaznamenají přinesenou potravu.

Mravenci si vili potravu za 4 minuty.

- 3) Pozorujte, za jak dlouho se u potravu shlukly ostatní mravenci.

Zhruba za 2 min.

- 4) Který druh potravu si mravenci odnesli do mraveniště jako první?

kousky masa a cukr, roztok

**Závěr**

Mraveniště, kde jsem pracoval, bylo ve okolí louce (sousedil s loukou loukou). Bylo to ve louce bylo suché - nechtělo se je spíše uschnout.

Mraveniště jsem našel pomocí sekáčů.

Při práci na děláno nejvíce problémy měly mraveniště (agregace mravenců).

## Pracovní list č. 4 Terénní cvičení

Jméno a příjmení: .....Datum:.....

Téma: Mravenci v přírodě

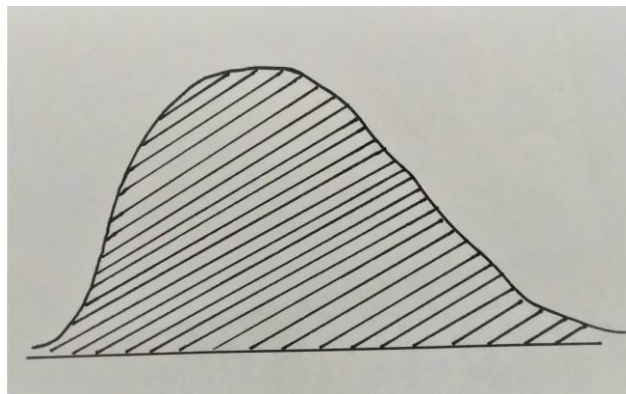
---

### Úvod

V tomto terénním cvičení se pokusíte určit světové strany dle tvaru mraveniště, budete pozorovat mravence v jejich přirozeném prostředí a provádět odchyt některých z nich do epruvet.

### Úkol č. 1: Orientace v přírodě-určování světových stran

a) Dle tvaru mraveniště určete sever (S) a jih (J)



.....

b) Najděte v přírodě mraveniště. Pokuste se dle jeho tvaru určit sever. Svůj úsudek si ověřte pomocí kompasu. Zamyslete se nad spolehlivostí orientace dle tvaru mravenišť.

.....

.....

.....

c) Uveďte další přírodní úkazy, dle kterých je možné se v přírodě zorientovat. Vysvětlete jakým způsobem je dle nich orientace možná.

.....

.....

.....



**Úkol č. 2: Sběr mravenců**

**Pomůcky:** epruvety, líh/přípravek na hubení hmyzu, pinzeta, samolepící papír, obyčejná tužka/ propiska

**Postup:**

1. Do 1/3 epruvety nebo malé sklenice nalijte líh
2. Pinzetu si namočte v lihu.
3. Pinzetou odchyťte mravence a vložte do epruvety.
4. Na epruvetu nalepte papír a zapište datum, místo nálezu a své jméno.
5. Zakreslete epruvetu se vzorkem.

**Nákres:**

**Úkol č. 3: Reakce na cukr**

**Pomůcky:** sklenice s víčkem, pinzeta, cukr, med, voda, lupa

**Postup:**

1. Pinzetou opatrně odchyťte mravence a vložte ho do sklenice.
2. Do sklenice dejte navlhčený cukr / trochu medu.
3. Pozorujte chování mravence.

**Otázky:**

a) Co začal mravenec dělat a kterou část těla/orgán k tomu využil?

.....  
.....

b) Blíže popište stavbu a funkci tohoto orgánu.

.....  
.....

**Úkol č. 4: Pozorujte, kde mravenci hledají potravu.**

Na základě pozorování se pokuste vysvětlit termíny potravní cesta a potravní strom. Svou odpověď můžete podpořit nákresem.

.....  
.....  
.....  
.....

**Nákres:**

**Úkol č. 5: Vysvětlete, jak je možné, že se mravenci při hledání potravy neztratí a ví, kudy mají jít? Podle čeho se převážně orientují?**

.....

.....

.....

.....

**Závěr**

.....

.....

.....

.....

## Řešení k pracovnímu listu č. 4 Terénní cvičení

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Mravenci v přírodě

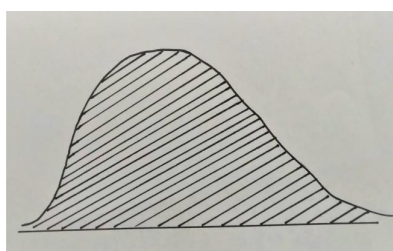
---

### Úvod

V tomto terénním cvičení se pokusíte určit světové strany dle tvaru mraveniště, budete pozorovat mravence v jejich přirozeném prostředí a provádět odchyt některých z nich do epruvet.

### Úkol č. 1: Orientace v přírodě

#### a) Dle tvaru mraveniště určete sever (S) a jih (J)



Sever určuje nejstrmější strana mraveniště.

#### b) Najděte v přírodě mraveniště. Pokuste se dle jeho tvaru určit sever. Svůj úsudek si ověřte pomocí kompasu. Zamyslete se nad spolehlivostí orientace dle tvaru mravenišť.

Ne/podařilo se nalézt vhodné mraveniště. Podle jeho tvaru ne/bylo možné jednoznačně určit sever. Tvar mraveniště závisí na řadě proměnlivých faktorů například na sklonu terénu, vlastnostech vegetačního krytu. Dále může být tvar mraveniště pozměněn kmenem stromu, o který se mraveniště opírá, nebo tvarem pařezu, který tvoří oporu některým mraveništím.

#### c) Uveďte další přírodní úkazy, dle kterých je možné se v přírodě zorientovat. Vysvětlete jakým způsobem je dle nich orientace možná.

V přírodě je možné orientovat se dle hvězd na noční obloze. Na severní polokouli je možné určit sever pomocí Polárky, která je součástí souhvězdí Malého vozu. Dále je možné určit sever dle letokruhů na pařezech. Hustší letokruhy jsou na severní straně. Na kmenech stromů zpravidla rostou lišejníky takéž na severní straně.

### Úkol č. 2: Sběr mravenců

**Pomůcky:** epruvety, lůh/přípravek na hubení hmyzu, pinzeta, samolepící papír, obyčejná tužka/propiska

**Postup:**

1. Do 1/3 epruvety nebo malé sklenice nalijte lůh
2. Pinzetu si namočte v lihu.
3. Pinzetou odchyťte mravence a vložte do epruvety.
4. Na epruvetu nalepte papír a zapište datum, místo nálezu a své jméno.
5. Zakreslete epruvetu se vzorkem.

**Nákres:**



**Úkol č. 3: Reakce na cukr**

**Pomůcky:** sklenice s víčkem, pinzeta, cukr, med, voda, lupa

**Postup:**

1. Pinzetou opatrně odchyťte mravence a vložte ho do sklenice.
2. Do sklenice dejte navlhčený cukr / trochu medu.
3. Pozorujte chování mravence.

**Otázky:**

**a) Co začal mravenec dělat a kterou část těla/orgán k tomu využil?**

Začal se zajímat o potravu. Využil ústní ústrojí – kusadla.

**b) Blíže popište stavbu a funkci tohoto orgánu.**

Ústní ústrojí mravenců je kousací a skládá se ze svrchních kusadel, která slouží k prvotnímu zpracování potravy a ze spodních kusadel. Dále pak ústní ústrojí tvoří horní a dolní pysk.

**Úkol č. 4: Pozorujte, kde mravenci hledají potravu. Na základě pozorování se pokuste vysvětlit termíny potravní cesta a potravní strom. Svou odpověď můžete podpořit nákresem.**

Potravní cesty jsou cesty, po kterých se mravenci pohybují při hledání potravy. Potravní stromy jsou stromy, na kterých mravenci potravu hledají – například medovici mšic.

**Úkol č. 5: Vysvětlete, jak je možné, že se mravenci při hledání potravy neztratí a ví, kudy mají jít? Podle čeho se převážně orientují?**

Mravenci, kteří hledají potravu na povrchu, se mohou orientovat zrakem, ale nejdůležitějším smyslem je pro ně čich. Na základě feromonů, což jsou chemické látky, které mravenci produkují, probíhá komunikace mezi mravenci, kdy se mravenci vzájemně informují, pokud najdou nějaký hodnotný zdroj potravy. Feromony mravenci značí trasy, vedoucí k tomuto zdroji potravy. Po těchto trasách se pak ostatní mravenci pohybují tzn. pohybují se po potravních cestách.

## Pracovní list č. 5 Laboratorní práce

Jméno a příjmení: .....Datum:.....

Téma: Trvalé preparáty

---

### Úvod

Dle trvanlivosti rozlišujeme mikroskopické preparáty na dočasné a trvalé. Dočasné preparáty musíme před každým pozorováním vytvářet znovu. Trvalé preparáty je naopak možné skladovat mnoho let a opakovaně využívat. Na výrobu trvalých preparátů se využívají trvalá média, kterými jsou například kanadský balzám nebo glycerol-želatina. V dnešní laboratorní práci bude využit kanadský balzám.

### Úkol č. 1: Příprava přírodniny

**Pomůcky:** 4 malé Petriho misky, entomologická pinzeta/ preparační jehla, alkohol (70%, 80% a 96%), hřebíčková silice, hmyz/drobní bezobratlí

#### Postup práce:

1. Připravte si hmyz /část hmyzího těla, se kterým budete dále pracovat.  
Pozn.: křídla hmyzu (suché objekty) není třeba do alkoholu namáčet a je možné pokračovat bodem č. 6 nebo přímo úkolem č. 2, pokud je není třeba projasňovat.
2. Do 1. P. misky nalijte malé množství 70% alkoholu, do 2. P. misky nalijte 80% alkohol, do 3. P. misky nalijte 96% alkohol, do 4. P. misky nalijte silici.
3. Objekt pinzetou vložte do první P. misky na 10 minut.
4. Objekt pinzetou vyndejte a vložte do druhé P. misky na 10 minut.
5. Objekt pinzetou vyndejte a vložte do třetí P. misky na 10 minut.
6. Objekt pinzetou vyndejte a vložte do čtvrté P. misky s hřebíčkovou silicí.
7. Objekt v hřebíčkové silici nechte 10 minut.

### Úkol č. 2: Výroba trvalého preparátu

**Pomůcky:** kanadský balzám, saponát, podložní a krycí skla, skleněná tyčinka, pinzeta, alkohol

#### Postup práce:

1. V saponátu omyjte a odmastěte podložní a krycí mikroskopická skla.
2. Vyčištěná skla opláchněte lihem a nechte oschnout.
3. Na podložní sklo skleněnou tyčinkou kápněte kapku kanad. balzámu.
4. Do kapky balzámu pinzetou vložte objekt připravený v úkolu č. 1.
5. Přiložte krycí sklo a preparační jehlou jemně poklepejte na krycí sklo tak, aby bylo srovnáno s podložním sklem.
6. Preparát popište – název objektu, část těla, jméno a příjmení, datum.
7. Preparát uložte na teplé, suché místo – ve vodorovné poloze.

**Nákres:**

**Závěr**

.....

.....

.....

**Úkol č. 3: Pozorování mikroskopického preparátu**

**Pomůcky:** trvalé preparáty z úkolu č. 2, mikroskop

**Postup práce:**

1. Připravte si mikroskop a zkontrolujte správné nastavení mikroskopu.
2. Vložte trvalý preparát na stolek mikroskopu.
3. Zaostrěte a pozorujte objekt
4. Pozorované zakreslete a popište.

**Nákres:**

zvětšení: .....

**Závěr**

.....

.....

.....

.....

## Řešení k pracovnímu listu č. 5 Laboratorní práce

Jméno a příjmení: .....Datum:.....

Téma: Trvalé mikroskopické preparáty

---

### Úvod

Dle trvanlivosti rozlišujeme mikroskopické preparáty na dočasné a trvalé. Dočasné preparáty musíme před každým pozorováním vytvářet znovu. Trvalé preparáty je naopak možné skladovat mnoho let a opakovaně využívat. Na výrobu trvalých preparátů se využívají trvalá média, kterými jsou například kanadský balzám nebo glycerol-želatina. V dnešní laboratorní práci bude využit kanadský balzám (Wolf, 1954; Jírovec a kol., 1958).

### Úkol č. 1: Příprava přírodniny

**Pomůcky:** 4 malé Petriho misky, entomologická pinzeta/preparační jehla, alkohol (70%, 80% a 96%), hřebíčková silice, hmyz/drobní bezobratlí

#### Postup práce:

1. Připravte si hmyz /část hmyzího těla, se kterým budete dále pracovat.  
Pozn.: křídla hmyzu (suché objekty) není třeba do alkoholu namáčet a je možné pokračovat bodem č. 6 nebo přímo úkolem č. 2, pokud je není třeba projasňovat
2. Do 1. P. misky nalijte malé množství 70% alkoholu, do 2. P. misky nalijte 80% alkohol, do 3. P. misky nalijte 96% alkohol, do 4. P. misky nalijte silici
3. Objekt pinzetou vložte do první P. misky na 10 minut.
4. Objekt pinzetou vyndejte a vložte do druhé P. misky na 10 minut.
5. Objekt pinzetou vyndejte a vložte do třetí P. misky na 10 minut.
6. Objekt pinzetou vyndejte a vložte do čtvrté P. misky s hřebíčkovou silicí.
7. Objekt v hřebíčkové silici nechte 10 minut.

### Úkol č. 2: Výroba trvalého preparátu

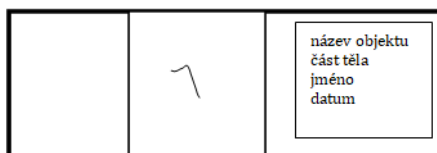
**Pomůcky:** kanadský balzám, saponát, podložní a krycí skla, skleněná tyčinka, pinzeta, alkohol

#### Postup práce:

1. V saponátu omyjte a odmastěte podložní a krycí mikroskopická skla.
2. Vyčištěná skla opláchněte lihem a nechte oschnout.
3. Na podložní sklo skleněnou tyčinkou kápněte kapku kanad. balzámu.
4. Do kapky balzámu pinzetou vložte objekt připravený v úkolu č. 1.
5. Přiložte krycí sklo a preparační jehlou jemně poklepejte na krycí sklo tak, aby bylo srovnáno s podložním sklem.
6. Preparát popište – název objektu, část těla, jméno a příjmení, datum.
7. Preparát uložte na teplé, suché místo – ve vodorovné poloze.



**Nákres:**



**Závěr**

V této laboratorní práci jsme měli za úkol vytvořit trvalé preparáty. Nejprve jsme si pinzetou odtrhli část těla hmyzu (tykadlo/křídlo/nohu), kterou jsme poté postupně namáčely do alkoholu a následně do hřebíčkové silice. Dále jsme si připravili a očistili mikroskopická skla a nechali je oschnout. Na oschlé podložní sklíčko jsme tyčinkou kápili kapku kanadského balzámu, do které jsme pinzetou vložili část hmyzího těla. Dále jsme provedli překrytí objektu krycím sklíčkem. Preparát jsme popsali a uložili na místo, kde budou trvalé preparáty schnout.

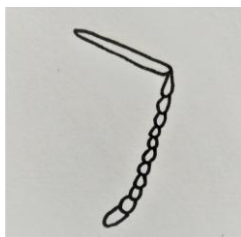
**Úkol č. 2: Pozorování mikroskopického preparátu**

**Pomůcky:** trvalé preparáty, mikroskop

**Postup práce:**

1. Připravte si mikroskop a zkontrolujte správné nastavení mikroskopu.
2. Vložte trvalý preparát na stolek mikroskopu.
3. Zaostríte a pozorujte objekt
4. Pozorované zakreslete a popište.

**Nákres:**



Tykadlo mravence. Zvětšeno 40x

**Závěr:**

V tomto úkolu jsme pozorovali námi vytvořené trvalé preparáty, které jsme předtím nechali schnout 14 dní u vyučující v kabinetě. V tomto úkolu jsme pozorovali nohu mravence (křídlo mouchy,...). Pozorované objekty byly dobře viditelné. Pozorované jsme zakreslili obyčejnou tužkou a popsali. Napsali jsme zvětšení, pod kterým jsme objekty pozorovali.

**Pracovní list č. 6a**

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Mravenci našich lesů

**Úkol č. 1: Přečtěte a s pomocí slovníku přeložte text týkající se druhu *Formica rufa*.****FORMICA RUFA**

*Formica rufa* ist ein typischer Vertreter der Waldameisen aus der Untergattung *Formica* im engeren Sinn und eine häufige Ameise in unseren Wäldern. Die Körperlänge der Arbeiterinnen beträgt 4 bis 9mm; sie sind polymorph. Ihre Färbung ist charakteristisch: die hintere Kopfhälfte, das Abdomen und die Flecken auf dem Pro- und Mesonotum des Thorax sind schwarz, der Rest des Körpers ist rostrot. Während der Hinterrand des Kopfes ohne Behaarung ist, befinden sich auf dessen Unterseite einige abstehende Haare. Das Pronotum ist mit 10 – 15 Haaren bewachsen. Die Weibchen sind ähnlich wie die Arbeiterinnen gefärbt: Thorax und Abdomen sind glänzend das erste Abdominalsegment unbehaart. Die Körperlänge der Weibchen beträgt 9 bis 11 mm. Die Männchen sind gleich gross und schwarz.

Die Nestgemeinschaften von *F. rufa* können sowohl monogyn (mit einem Weibchen = Königin), als auch polygyn (mit mehreren Weibchen oder Königinnen) sein. Monogyne Nester sind immer isoliert und gegenüber anderen Nestern der gleichen Art sehr unverträglich. Sie werden von bis zu 500 000 recht grossen Arbeiterinnen bewohnt. Die Ameisenhaufen monogynen Gemeinschaften sind uher und Steiner als die polygynen Nester; sie sind aus sehr grobem Material zusammengesetzt und befinden sich oft an schattigen Stellen mit reicher Vegetation. Das System der Strassen ist kaum erkennbar. Polygyne Nester bilden oft kleinere polykalische Kolonien, deren Ameisen verträglich und eher klein sind. In den (verglichen mit monogynen Nestern) flacheren, häufig an hellen Standorten gebauten Hügeln (Haufen) aus meist feinerem Baumaterial können auch mehr als 500 000 Arbeiterinnen wohnen. Das System der Strassen ist deutlicher zu erkennen. Die Nester beider Gemeinschaftstypen stützen sich oft an ausgehöhlte Stubben, auf Wurzelsysteme der Bäume oder auf irgend eine andere massive Stütze.

*F. rufa* ist eine der häufigsten Waldameisen in ganz Europa, die sowohl Misch- und Nadelwald der Ebene als auch im Gebirgsvorland anzutreffen ist. Im Gebirge lebt sie unter den mitteleuropäischen Bedingungen noch in Höhen von 1000, in den Alpen sogar bis 1 400 m ü. M. Im Kaukasus kommt sie seltener vor, weiter ostwärts wird sie zunehmend von anderen Arten verdrängt und ist östlich des Baikalsee nicht mehr anzutreffen.

(Starý a kol., 1990, s. 63)

**Úkol č. 2: Na základě informací z textu napište odpovědi na následující otázky.**

1. Jaké je zbarvení těla *Formica rufa*?

.....

2. Kolik dělnic se průměrně vyskytuje v hnízdě?

.....

3. Na jakých místech je možné se setkat s hnízdy tohoto mravence?

.....

4. Popište, jak vypadají hnízda *Formica rufa*.

.....

**Pracovní list č. 6b**

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Mravenci našich lesů

**Úkol č. 1: Přečtete a s pomocí slovníku přeložte text týkající se druhu *Formica polyctena*.**

**FORMICA POLYCTENA**

Bei dieser wirtschaftlich bedeutendsten Waldameise sind die Arbeiterinnen eher klein; ihre Körpergrösse beträgt 4-8 mm. Die Färbung ist in der Regel heller als bei *F. pratensis*, weil die schwarze Farbe an Kopf und Thorax nicht satt, sondern eher braunschwarz wirkt und die Tönung der übrigen Körperteile eher gelb bis rostrot als rot ist. Der ganze Körper ist nur sporadisch behaart, auf dem Pronotum gibt es höchstens einige sehr kurze Haare und auf der Unterseite des Kopfes maximal zwei abstehende Haare. Die geflügelten Geschlechtstiere sind jenen der geflügelten Grossen Roten Waldmeise (*F. rufa*) sehr ähnlich. Der Hochzeitsflug findet je nach Höhenlage zwischen Mai und Juli statt. Die Völker sind stark polygyn: in jedem Nest leben bis zu 5 000 Weibchen. Einzelne Nester enthalten manchmal mehr als eine Million Arbeiterinnen und erreichen eine aussergewöhnliche Grösse; es gibt Nester mit einer Höhe von 180-200 cm und einem Durchmesser von 5 m an der Basis. In den polykalischen Kolonien sind oft mehr als zehn Nester vereinigt. Die Form des Nestes ist an die Bedingungen des Standortes und an das zur Verfügung stehende Baumaterial angepasst. In der Regel ist das Baumaterial fein. Die Nester besitzen eine Konstruktionsstütze aus einem Stubben oder einem Reisighaufen. *F. polyctena* bevorzugt eine möglichst spärliche Vegetation. Das System der Strassen ist lang und deutlich ausgeprägt.

*F. polyctena* hat eine ähnliche Verbreitung wie *F. rufa* mit der sie oft verwechselt wird. Unter den Bedingungen Mitteleuropas findet man sie auch in den Gebirgen bis in Höhen von 1 300 m ü. M. Sie ist an das Ökosystem der Fichtenmonokulturen sowohl im Gebirgsvorland als auch in den Ebenen und auf sandigen Biotopen gut angepasst, sofern sie klar parzelliert sind (Lichtfaktor). Durch ihr hohes Reproduktionspotential und ihre hohe Populationsdichte sowie durch ihre Aggressivität und ihre Fähigkeit zur Volksteilung zählt sie zu den wirtschaftlich wichtigsten Waldameisen.

(Starý a kol., 1990, s. 66)

**Úkol č. 2: Na základě informací z textu napište odpovědi na následující otázky.**

1. Kterému druhu mravenců se *Formica polyctena* nejvíce podobá?

.....

2. Z jakých důvodů se jedná o velmi významný druh mravence?

.....

3. Ve kterém období se tento druh rojí?

.....

4. Kolik samic je v jednom hnízdě? Jak se tento jev odborně nazývá?

.....

5. Na jakých místech bývají nejčastěji stavěna hnízda?

.....

**Řešení k pracovnímu listu č. 6a**

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Mravenci našich lesů

---

**Úkol č. 1: Přečti a přelož text týkající se druhu *Formica rufa*.****Mravenec *Formica rufa***

Typický představitel lesních mravenců podrodu *Formica* a běžný mravenec našich lesů. Dělnice tohoto druhu jsou 4 až 9 mm dlouhé, polymorfní. Zbarvení je charakteristické: zadní polovina hlavy, zadeček a skvrna na pronotu a mesonotu hrudi jsou sytě černé, zbytek těla je rezavě červený. Zadní okraj hlavy není ochlupen, na spodní straně hlavy je několik odstávajících chloupků. Na pronotu je 10 až 50 chloupků. Samičky jsou zbarvené podobně, hrud' a zadeček jsou lesklé, první článek zadečku není ochlupen. Stejně jako černí samci jsou dlouhé 9 až 11 mm.

Společenství *F. rufa* mohou být monogynní i polygynní. Monogynní hnízda jsou vždy osamocená, k ostatním hnízdům stejného druhu velmi nesnášenlivá, obývaná až 500 000 spíše robustních dělnic. Kupy jsou vyšší, strmé, složené z velmi hrubého materiálu, častěji na stinných místech s bohatou vegetací. Systém cest je sotva zřetelný. Polygynní hnízda vytvářejí často menší polykalické kolonie, mravenci jsou snášenliví, drobnější. Plošší kupy, budované spíše na světlejších stanovištích, obývá více než 500 000 dělnic. Stavební materiál hnízd bývá jemnější, systém cest výraznější. Hnízda obou typů společenství bývají často opřena o vykotlaný pařez nebo kořenové náběhy stromů či jinou masivní oporu.

Je to mravenec smíšených a jehličnatých lesů nížin a podhůří, v horách vystupuje ve středoevropských podmínkách do výše 1000 m. *Formica rufa* je jeden z nejběžnějších mravenců v celé Evropě. Na Kavkaze je vzácnější a dále k východu jej postupně nahrazují jiné druhy. Od jezera Bajkal na východ se již nevyskytuje.

(Starý a kol., s. 47)

**Úkol č. 2: Na základě informací z textu napište odpovědi na následující otázky.**

**1. Jaké je zbarvení těla *F. rufa*?**

- Zbarvení těla je černo-červené. Přičemž zadeček, část hlavy a hrudi je černá. Ostatní části těla mají rezavě červenou barvu.

**2. Kolik dělnic se průměrně vyskytuje v hnízdě?**

- V jednom hnízdě průměrně žije kolem 500 000 dělnic.
- V monogynních hnízdech do 500 000, v polygynních více než 500 000.

**3. Na jakých místech je možné se setkat s hnízdy tohoto mravence?**

- Lesy (jehličnaté, smíšené) střední Evropy.

**4. Popište, jak vypadají hnízda *F. rufa*.**

- Hnízda mají výraznou nadzemní část, která je tvořena z různě hrubého materiálu. Oporu tvoří pařezy, kořeny apod.

**Řešení k pracovnímu listu č. 6b**

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Mravenci našich lesů

---

**Úkol č. 1: Přečtete a přeložte text týkající se druhu *Formica polyctena*.****Mravenec *Formica polyctena***

Tento po hospodářské stránce nejvýznamnější druh lesních mravenců, má dělnice spíše menší, 4 až 8 mm dlouhé. Jejich zbarvení je zpravidla světlejší, protože jejich černá barva není sytá, ale spíše zahnědlá, a červené části těla jsou spíše žlutě rezavé. Celé tělo je velmi málo ochlupeno, na pronotu je nanejvýš několik kratičkových chloupků, na spodní straně hlavy nejvýše dva odstáté chloupky. Pohlavní jedinci jsou téměř totožní s okřídlenými mravenci lesními (*Formica rufa*). Svatební let probíhá podle nadmořské výšky stanoviště a rozdílných podmínek od května do července.

Roje jsou silně polygynní: v hnízdech žije až 5000 samic. Jednotlivá hnízda čítají mnohdy více než jeden milión dělnic a dosahují úctyhodných rozměrů. Jsou známa i hnízda o výšce 180 až 200 cm při průměru základny kolem 5m. V polykalických koloniích jsou mnohdy spojeny desítky hnízd. Tvar hnízda je přizpůsoben podmínkám stanoviště a dostupnému stavebnímu materiálu. Zpravidla to bývá materiál jemný. Hnízda mají konstrukční oporu v pařízku nebo hromádce starého klestu. Vyžadují co nejřidší okolní vegetaci. Systém cest je velmi dlouhý a zřetelný. Rozšíření tohoto druhu je podobné jako u druhu *F. rufa*, s nímž se často zaměňuje. V středoevropských podmínkách vystupuje výše do horských oblastí, kde se s ním můžeme setkat i ve 1 300 m n. m. Dobře se přizpůsobil životu v rozsáhlých jehličnatých monokulturách nejen v podhůří, ale i v nížinách a na píscích.

Pro svoji rozmnožovací schopnost, silnou koncentraci jedinců, agresivitu a schopnost dělení rojů, vytváření oddělků apod. je hospodářsky nejvýznamnějším druhem lesních mravenců.

(Starý, 1987, s. 50)



**Úkol č. 2: Na základě informací z textu napiš odpovědi na následující otázky.**

**1. Kterému druhu mravenců se *Formica polyctena* nejvíce podobá?**

- Nejvíce se podobá mravenci *Formica rufa* (mravenec lesní).

**2. Z jakých důvodů se jedná o velmi významný druh mravence?**

- Tento druh je významný pro velkou početnost dělnic i pohlavní kasty, a adaptaci na smrkové monokultury.
- Také vytváří polykalická navzájem spojená hnízda.

**3. Ve kterém období se tento druh rojí?**

- Rojení probíhá v květnu a červnu.

**4. Kolik samiček je v jednom hnízdě? Jak se tento jev odborně nazývá?**

- V jednom hnízdě je více královen a to až 5000.
- Tento jev je označován jako polygynie.

**5. Na jakých místech bývají nejčastěji stavěna hnízda?**

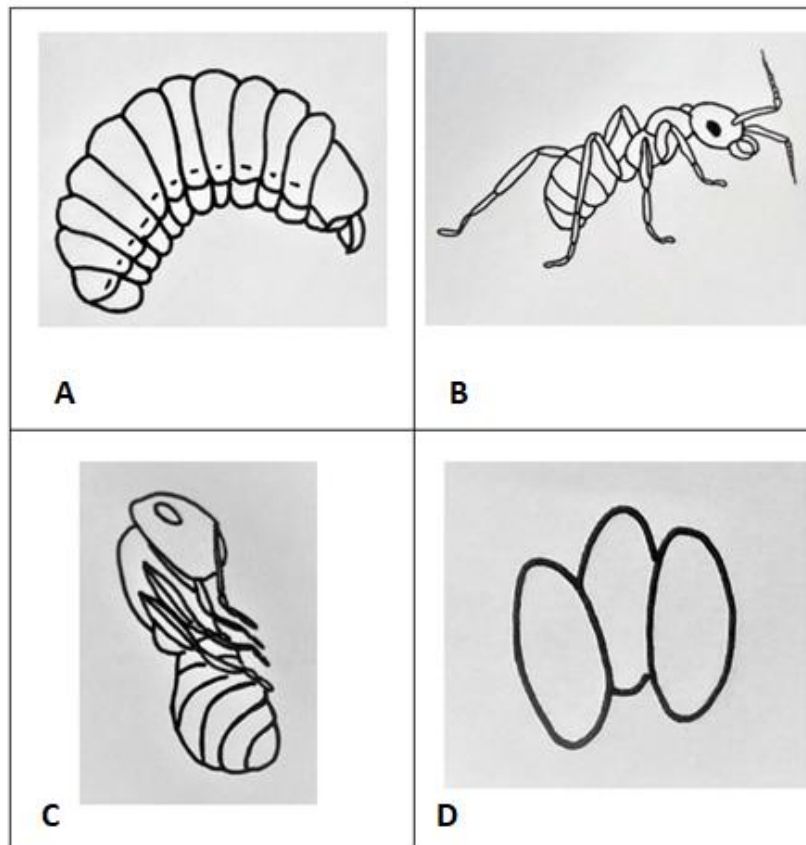
- Hnízda bývají stavěna u pařezů nebo u hromady drobnějších větví.

## Pracovní list č. 7

Jméno a příjmení: .....Datum:.....

Téma: Životní cykly

**Úkol č. 1: Pojmenujte a seřadte fáze životního cyklu mravenců tak, aby odpovídala skutečnosti.**



1. \_\_\_\_\_ → 2. \_\_\_\_\_ → 3. \_\_\_\_\_ → 4. \_\_\_\_\_

**Úkol č. 2: Přiřaďte částem hnízda (1-7) správné názvy. Použijte pojmy z nabídky.**

komůrka s larvami

komůrka s kuklami

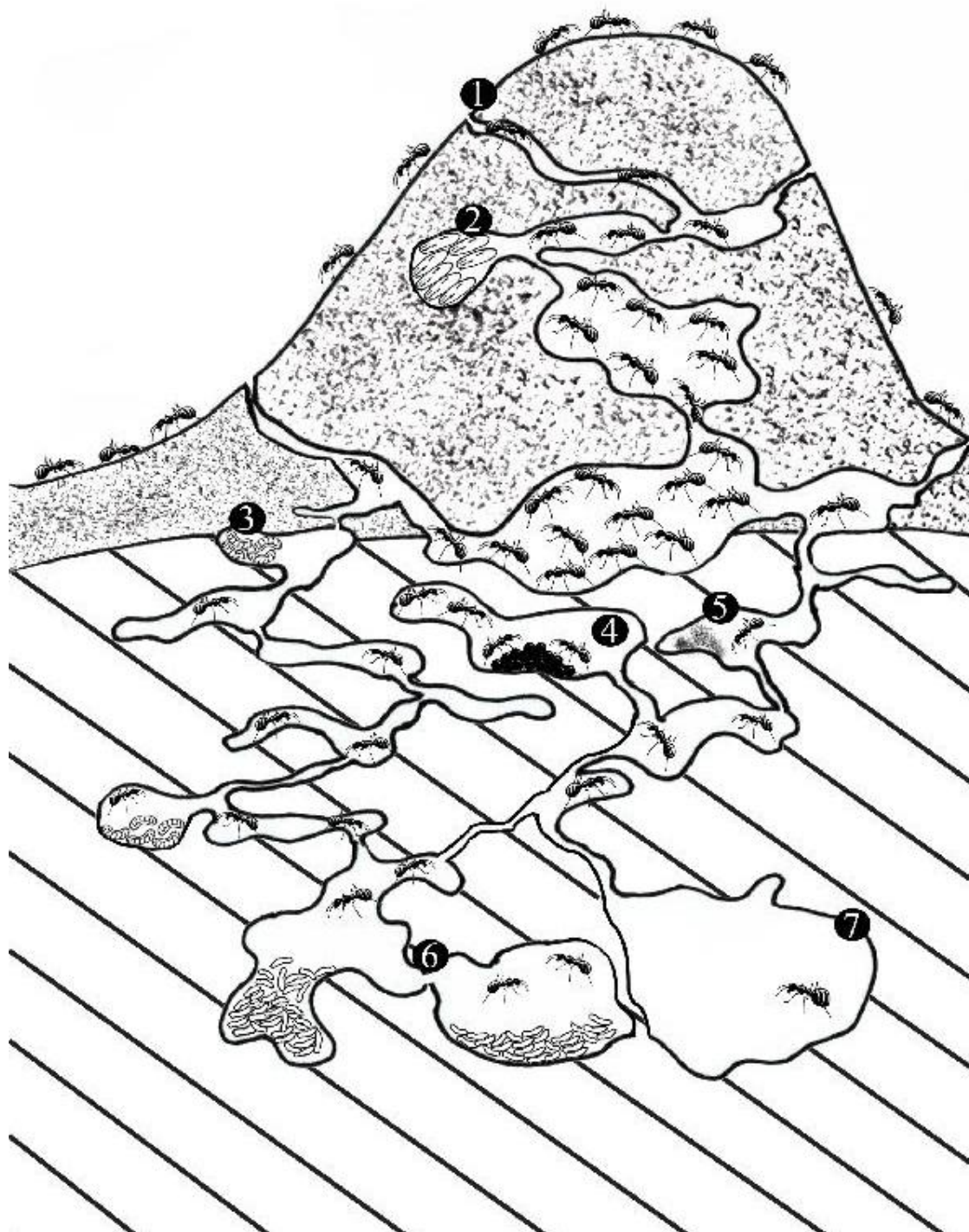
komůrka s vajíčky

komora s královnou

komora se zásobami

komora se zásobami

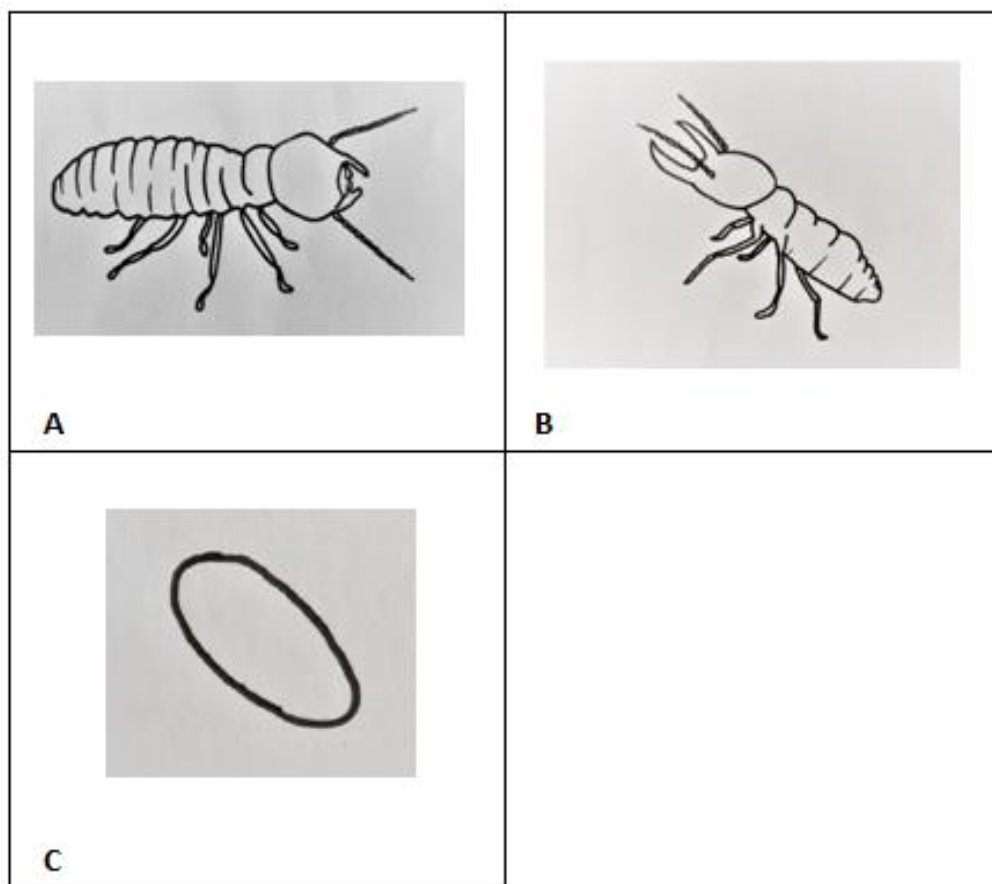
vchod/východ mraveniště



- |         |         |         |
|---------|---------|---------|
| 1 ..... | 3 ..... | 5 ..... |
| 2 ..... | 4 ..... | 6 ..... |
|         |         | 7 ..... |

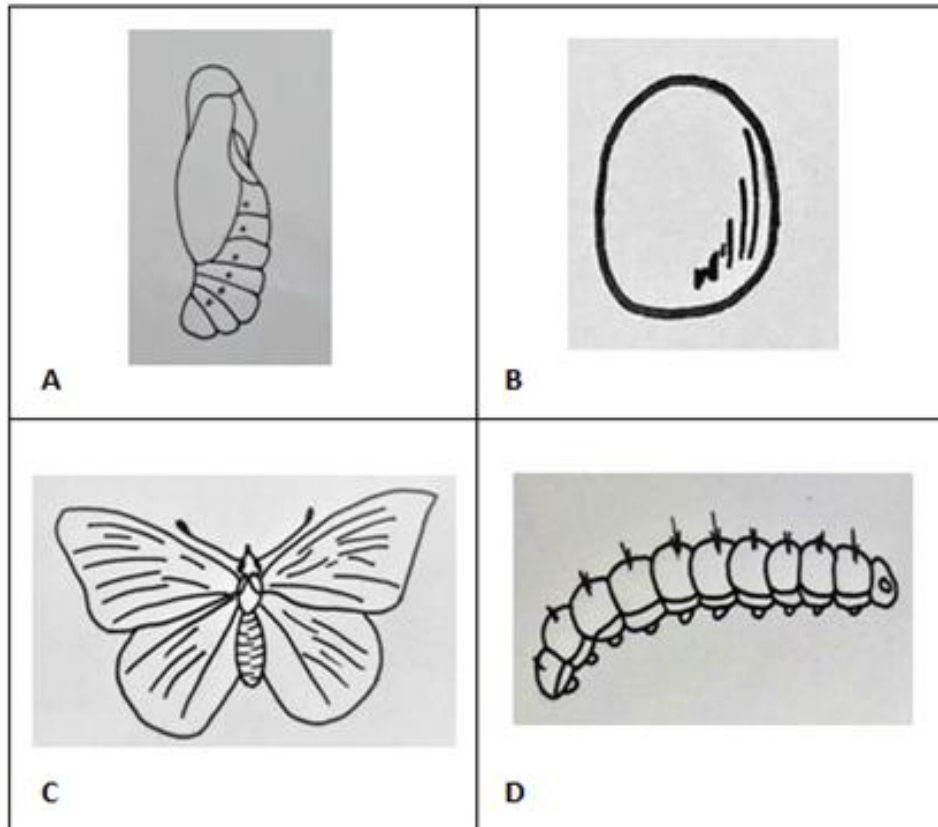
**b) Vyznačte do obrázku podzemní a nadzemní část hnízda.**

Úkol č. 3: Pojmenujte a seřadte fáze životního cyklu termitů tak, aby odpovídala skutečnosti.



1. \_\_\_\_\_ → 2. \_\_\_\_\_ → 3. \_\_\_\_\_ → 4. \_\_\_\_\_

**Úkol č. 4: Pojmenujte a seřad'te fáze životního cyklu modrásků tak, aby odpovídala skutečnosti.**



1. \_\_\_\_\_ → 2. \_\_\_\_\_ → 3. \_\_\_\_\_ → 4. \_\_\_\_\_

**Úkol č. 5: Čím se liší schéma z úkolů č. 1 a č. 3? A co je naopak spojuje?**

.....  
 .....

**Úkol č. 6: Jaký vztah může spojovat schémata z úkolů č. 1 a č. 4?**

.....

**Úkol č. 7: Napište příklady hmyzu s proměnou dokonalou a příklady hmyzu s proměnou nedokonalou.**

.....  
 .....

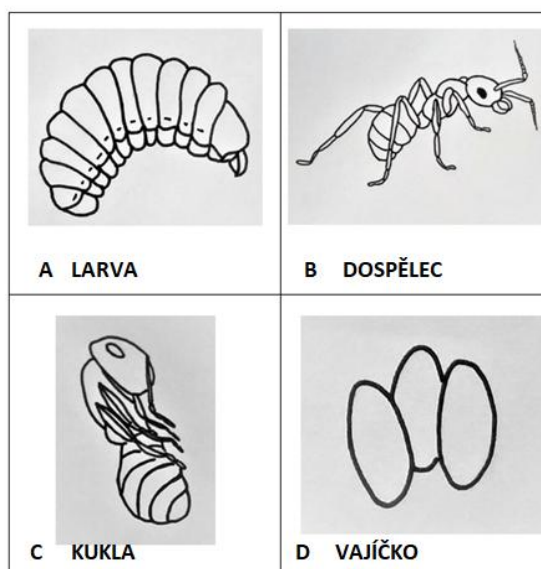
## Řešení k pracovnímu listu č. 7

Jméno a příjmení: .....Datum:.....

Téma: Životní cykly

---

**Úkol č. 1: Pojmenujte a seřadte fáze životního cyklu mravenců tak, aby odpovídala skutečnosti.**



**1. VAJÍČKO (D) → 2. LARVA (A- několikrát se svléká) → 3. KUKLA (C) → 4. DOSPĚLEC (B)**

**Úkol č. 2: Přiřaďte částem hnízda (1-8) správné názvy. Použijte pojmy z nabídky.**

1 VCHOD/VÝCHOD MRAVENIŠTĚ

5 KOMORA SE ZÁSOBAMI

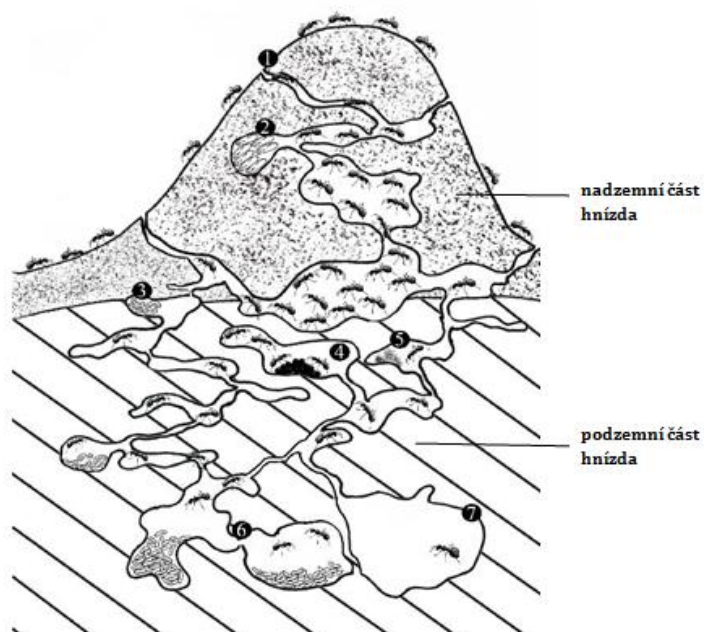
2 KOMŮRKA S KUKLAMI

6 KOMŮRKA S VAJÍČKY

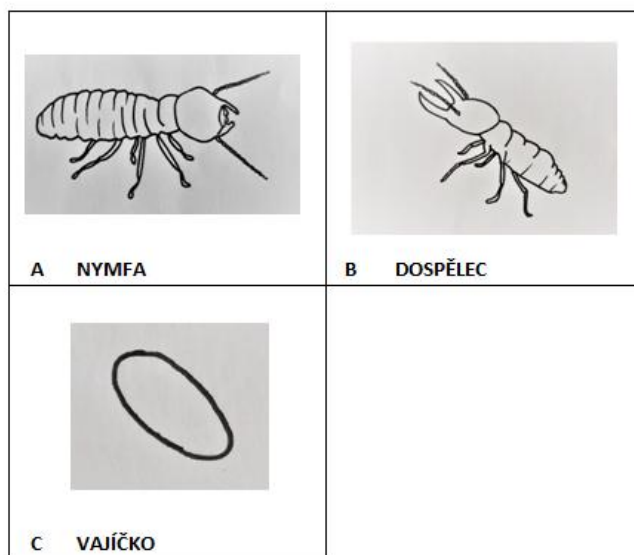
3 KOMŮRKA S LARVAMI

7 KOMORA S KRÁLOVNOU

4 KOMORA SE ZÁSOBAMI



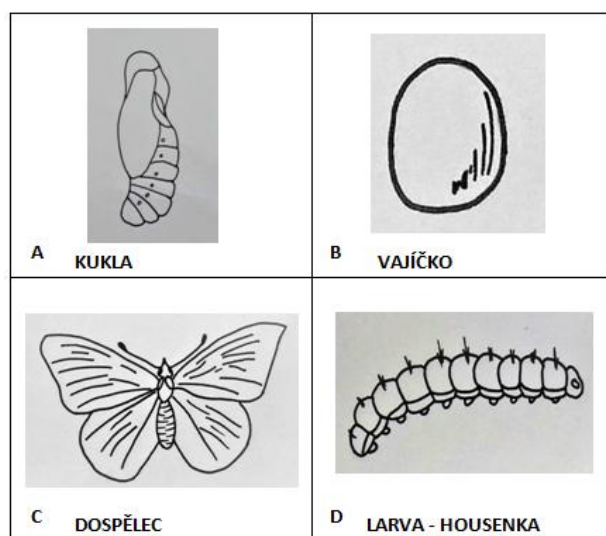
Úkol č. 3: Pojmenujte a seřad'te fáze životního cyklu termitů tak, aby odpovídala skutečnosti.



1. VAJÍČKO (C) → 2. NYMFA (A- několikrát se svléká) → 3. DOSPĚLEC (B)



**Úkol č. 4: Pojmenujte a seřad'te fáze životního cyklu modrásků tak, aby odpovídala skutečnosti.**



**1. VAJÍČKO (B) → 2. LARVA (D) → 3. KUKLA (A) → 4. DOSPĚLEC (C)**

**Úkol č. 5: Čím se liší schéma z úkolů č. 1 a č. 3? A co je naopak spojuje?**

Schéma č. 1 zobrazuje životní cyklus mravenců, u kterých je proměna dokonalá. Naopak schéma č. 2 zobrazuje životní cyklus termitů, u kterých je proměna nedokonalá. -

**Úkol č. 6: Jaký vztah může spojovat schémata z úkolů č. 1 a č. 4?**

Jedná se o hmyz z řádu blanokřídlých, jejichž životní cyklus probíhá jako proměna dokonalá. Dále jsou mezi těmito skupinami ekosystémové souvislosti, jelikož modrásci jsou často ve vztahu s mravenci. Tento vztah je převážně mutualistický, ale může být i parazitický. Mravenci mohou pečovat o larvy a kukly modrásků.

**Úkol č. 7.: Napište příklady hmyzu s proměnou dokonalou a příklady hmyzu s proměnou nedokonalou.**

Hmyz s proměnou dokonalou: brouci, blanokřídlí, síťokřídlí, dvoukřídlí, motýli, blechy, chrostíci, srpice, řásnokřídlí, střechatky, dlouhošíjky

Hmyz s proměnou nedokonalou: jepice, vážky, pošvatky, švábi, škvoři, kudlanky, termiti, pakobylky, strašilky, lupenitky, rovnokřídlí, vši, všenky, ploštice, stejnokřídlí aj.



**Pracovní list č. 8**

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Exkurze do Zoo Hluboká nad Vltavou

**Úkol č. 1: Když se řekne zoo.....? Napište vše, co vás k tomuto tématu napadá.**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**Úkol č. 2: Doplňte informace do vět tak, aby byly pravdivé.**

a) Potravu velemravence obrovského tvoří ....., , .....

..... , .....

b) Mravenec krejčík si buduje hnízdo z ..... (doplňte materiál).

c) Někteří mravenci pečují o mšice, protože .....

d) Hlavní potravu ..... (Messor barbarus) tvoří semena rostlin.

**Úkol č. 3: Přiřad'te konkrétní druhy mravenců (1-7) k oblastem, ve kterých žijí (A- G). Odpovědi zaznamenejte do tabulky.**

<b>Mravenčí druh</b>	<b>Výskyt</b>	<b>Řešení</b>	
1. mravenec krejčík	A) Evropa, S. Amerika	1.	
2. mravenec střihač	B) J. Evropa, S. Afrika	2.	
3. mravenec lesní	C) Austrálie	3.	
4. mravenec buldočí	D) J. Afrika	4.	
5. velemravenec obrovský	E) J. Amerika	5.	
6. mravenec znojed	F) JV Asie	6.	
7. mravenec žlutochlupý	G) Indie, JV Asie, Indonésie	7.	

**Úkol č. 3: Doplňte chybějící slova do textu.**

Tento text se zabývá mravencem *Atta sexdens*, jehož český název je .....  
 ..... Tento mravenec žije v Jižní a Střední ..... . Hnízdo  
 obývají dělnice, které můžeme rozdělit do několika skupin odborně nazývaných  
 ..... . Příslušníci těchto ..... se liší ..... a ..... V prostorech  
 mimo vlastní hnízdo dělnice shání čerstvé listy, některé z nich odkrajují části listů  
 a odhazují je na zem, nebo tyto listové kusy rozstříhávají na menší a přenáší je na  
 strategické stezky nebo je odnáší do hnízda. Ve svém hnízdě si pak na úkrojcích  
 listů pěstují ....., která jim slouží jako potrava. Vztah mezi touto  
 .....a mravenci lze označit slovem ....., jejíž definice zní:  
 .....

**Úkol č. 4: Který z mravenců se vám líbil nejvíce? Zhodnoťte celou dnešní exkurzi, co se vám líbilo, co vám přišlo zajímavé. Co příště udělat jinak?**

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**Závěr**

.....  
 .....  
 .....  
 .....

**Řešení k pracovnímu listu č. 8**

Jméno a příjmení:..... Datum:.....

Téma: Exkurze do Zoo Hluboká nad Vltavou

**Úkol č. 1: Když se řekne zoo.....? Napište vše, co vás k tomuto tématu napadá.**

Tato úloha nemá jednoznačné řešení. Záleží na názorech každého žáka, jeho znalostech a zkušenostech. V textu se žáci mohou zaměřit na přínosy, fungování, problémy zoologických zahrad... Názory, které se v textu objeví, mohou být podkladem pro další práci.

**Úkol č. 2: Doplňte informace do vět tak, aby byly pravdivé.**

- a) Potravu velemravence obrovského tvoří PTAČÍ TRUS, BEZOBRATLÍ, HMYZ, SLADKÉ ŠTÁVY.
- b) Mravenec krejčík si buduje hnízdo z ŽIVÝCH LISTŮ.
- c) Někteří mravenci pečují o mšice, protože JIM POSKYTUJÍ SLADKÉ VÝMĚŠKY, KTERÉ JSOU PRO MRAVENCE ATRAKTIVNÍ A ŽIVÍ SE JIMI.
- d) Hlavní potravu MRAVENCE ZRNOJEDA tvoří semena rostlin.

**Úkol č. 2: Přiřaďte konkrétní druhy mravenců (1–7) k oblastem, ve kterých se s nimi můžeme setkat (A–G). Odpovědi zaznamenejte do tabulky.**

Mravenčí druh	Výskyt	Řešení	
1. mravenec krejčík	A) Evropa, S. Amerika	1.	G
2. mravenec střihač	B) J. Evropa, S. Afrika	2.	E
3. mravenec lesní	C) Austrálie	3.	A
4. mravenec buldočí	D) J. Afrika	4.	C
5. velemravenec obrovský	E) J. Amerika	5.	F
6. mravenec zrnojed	F) JV Asie	6.	B
7. mravenec žlutochlupý	G) Indie, JV Asie, Indonésie	7.	D

**Úkol č. 3: Doplňte chybějící slova do textu.**

Tento text se zabývá mravencem *Atta sexdens*, jehož český název je **MRAVENEK STŘIHAČ**. Tento mravenec žije v Jižní a Střední **AMERICE**. Hnízdo obývají dělnice, které můžeme rozdělit do několika skupin odborně nazývaných **KASTY**. Příslušníci těchto **KAST** se liší **VELIKOSTÍ** a **ŠÍŘKOU HLAVY**. V prostorech mimo vlastní hnízdo dělnice shání čerstvé listy, některé z nich odkrajují části listů a odhazují je na zem, nebo tyto listové kusy rozstříhávají na menší a přenáší je na strategické stezky nebo je odnáší do hnízda. Ve svém hnízdě si pak na úkrojcích listů pěstují **HOUBU**, která jim slouží jako potrava. Vztah mezi touto **HOUBOU** a mravenci lze označit slovem **SYMBIÓZA (MUTUALISMUS)**, jejíž definice zní: **ÚZKÉ SOUŽITÍ MEZI DVĚMA A VÍCE ORGANISMY** (poznámka: Termín symbióza zahrnuje jakékoli úzké soužití mezi dvěma organismy včetně například parazitismu. Často je však termín používán pro označení vztahu oboustranně prospěšného. Přesněji se oboustranně prospěšný vztah označuje termínem mutualismus, který je však ve školách méně užívaný.)

**Úkol č. 4: Který z mravenců se vám líbil nejvíce? Zhodnoťte celou dnešní exkurzi, co se vám líbilo, co vám přišlo zajímavé. Co příště udělat jinak?**

Tato úloha nemá jediné správné řešení. Záleží na názorech a pocitech každého žáka. V textu se žáci mají zmínit alespoň jednoho mravence, který je něčím zaujal. Důležité je, aby žáci vlastními slovy popsali průběh exkurze a zmínili nejdůležitější části.

## Pracovní list č. 9

Jméno a příjmení:.....Datum:.....

Téma: Termiti

---

**Úkol č. 1: Sledujte dokument. Během jeho vysílání si zapisujte odpovědi na níže uvedené otázky.**

1. Napište, jaký význam mají termiti.

.....

2. Jakou látku tráví tzv. dřevožraví termiti a jakou tzv. hlínožraví termiti?

Čeho jsou tyto složky součástí?

.....

3. Kdy termiti začali obývat planetu Zemi?

.....

4. Jaké tři kasty lze u termitů rozlišit a jaké jsou jejich funkce?

.....

5. Kterou část hnízda obývá královský pár?

.....

6. Ve kterých podnebných pásích termiti žijí?

.....

7. Díky čemu jsou schopni termiti trávit dřevní hmotu?

.....

8. Kolikrát se v historii Země objevil zemědělský způsob života? U jakých skupin?

.....

9. Co jsou tzv. stopovací feromony? Jakou mají funkci?

.....

10. Jakou funkci mají tzv. vybuchující termiti?

.....

11. Jaké dva typy kusadel mohou mít vojáci?

.....

12. Kolik procent zemského povrchu zabírají tropické pralesy?

.....

13. O jakých nebezpečích pro tropický les se ve videu hovoří?

Co dalšího tento ekosystém ohrožuje?

.....

.....

.....

**Úkol č. 2: V dokumentu se hovořilo také o termínu eusocialita. Vysvětlete tento termín a uveďte příklady živočichů, o kterých hovoříme jako o eusociálních?**

.....

.....

.....

**Úkol č. 3: Zhodnoťte, jak se vám dokument líbil. Jaká informace vás překvapila, co vám přišlo zajímavé? Co přišlo zajímavé vašim spolužákům?**

.....

.....

.....

**Řešení k pracovnímu listu č. 9**

Jméno a příjmení: .....Datum:.....

Téma: Termiti

**Úkol č. 1: Sledujte dokument a během jeho vysílání si zapisujte odpovědi níže uvedené otázky.**

<b>1. Napište, jaký význam mají termiti.</b>	Zajišťují koloběh živin a tím udržují v rovnováze ekosystémy, ve kterých žijí. Tráví celulózu a lignin. Někteří jsou považováni za škůdce dřevěných staveb vytvořených člověkem.
<b>2. Jakou látku tráví tzv. dřevožraví termiti a jakou tzv. hlínožraví termiti? Čeho jsou tyto složky součástí?</b>	Dřevožraví termiti tráví celulózu, lignin netráví a vylučují ho spolu s výkaly do půdy. Hlínožraví termiti tráví lignin. Obě složky jsou součástí dřeva resp. stonkového pletiva u dřevin.
<b>3. Kdy termiti začali obývat planetu Zemi?</b>	Před 150 miliony let.
<b>4. Jaké tři kasty lze u termitů rozlišit a jaké jsou jejich funkce?</b>	U termitů nalézáme kastu dělníků, která se stará zajištění potravy, pečuje o vajíčka, staví a opravuje hnízdo. Druhou kastou jsou vojáci, kteří brání hnízdo proti nepřítelům. Třetí kastou je královský pár, který zajišťuje kolonii nové dělníky a vytváří i nové, mladé krále a královny.
<b>5. Kterou část hnízda obývá královský pár?</b>	Nejbezpečnější část hnízda, který je ve středu a nazývá se královská komůrka.
<b>6. Ve kterých podnebných pásích termiti žijí?</b>	Termiti žijí pouze v tropickém a subtropickém pásu.
<b>7. Díky čemu jsou schopni termiti trávit dřevní hmotu?</b>	Pomáhají jim střevní mikroorganismy a také určité houby a bakterie, které si termiti „pěstují“.
<b>8. Kolikrát se v historii Země objevil zemědělský způsob života? U jakých skupin?</b>	Zemědělský způsob života se objevil celkem třikrát nezávisle na sobě. Poprvé u termitů, zadruhé u mravenců a zatřetí u člověka.
<b>9. Co jsou tzv. stopovací feromony? Jakou mají funkci?</b>	Jedná se o chemické látky, díky kterým si termiti vytváří pachové stopy, díky kterým se orientují.
<b>10. Jakou funkci mají tzv. vybuchující termiti?</b>	Tito termiti v případě ohrožení hnízda roztrhnou svou tělní stěnu (obránné chování) a díky tomu se uvolní jedovatá tekutina, která ulpí na nepříteli.
<b>11. Jaké dva typy kusadel mohou mít vojáci?</b>	Symetrická kusadla nebo asymetrická (luskací) kusadla.
<b>12. Kolik procent zemského povrchu zabírají tropické pralesy?</b>	Tropické pralesy se rozkládají na 7% zemského povrchu.
<b>13. O jakých nebezpečích pro tropický les se ve videu hovoří? Co dalšího tento</b>	Ve videu se hovoří zejména o negativním vlivu zemědělství – zakládání plantáží a kácení lesů, nevhodné podmínky pro zemědělství- malá vrstva

<b>ekosystém ohrožuje?</b>	úrodné půdy. Mezi další ohrožující činnosti patří kácení vzácných dřevin pro dekorační účely, chov dobytka, povrchová těžba surovin, stavba komunikací. ...
----------------------------	--

**Úkol č. 3.: V dokumentu se hovořilo také o termínu eusocialita. Vysvětlete tento termín a uveďte příklady živočichů, o kterých hovoříme jako o eusociálních.**

Jedná se o příklad společenství, kdy v jednom hnízdě žije více generací pohromadě a plodná je zpravidla pouze královna (královský pár). V takovémto typu společenství existuje dělba práce. Mezi eusociální živočichy patří termity, mravenci, vosy, včely, čmeláci.

**Úkol č. 2: Zhodnoťte, jak se vám dokument líbil. Jaká informace vás překvapila, co vám přišlo zajímavé.**

Možné zajímavosti: termity jsou největší producenti skleníkových plynů, biomasa termitů převyšuje biomasu mravenců a lidí dohromady, pohyb kusadel dosahující rychlosti 550 km/h aj.

Video: Svět podle termitů.

Dostupné z : [www.ceskatelevize.cz/ivysilani/11565736341-svet-podle-termitu](http://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/11565736341-svet-podle-termitu)



## Pracovní list č. 10

### Z lesa na louku

**Pomůcky:** figurky, hrací kostka, sada otázek, listy 1, 2, 3, 4

**Počet hráčů:** 2 a více

#### Pravidla:

Hráči postupují po hracích polích - kamenech. V hracím poli jsou dvě slepé cesty, z jejichž konce se hráč musí vrátit stejnou trasou zpět. Na vyznačených- černých polích musí hráč odpovědět na otázku, kterou si vylosuje. Pokud odpoví správně, zůstává na daném poli, pokud je odpověď chybná vrací se o dvě pole zpět. Na hracím poli jsou dále speciální pole označená tmavě zeleně. Tato pole mají různý význam a hráči se zde řídí přiloženým významem polí. Otázky ke hře jsou očíslované. Čísla mají otázky z toho důvodu, aby bylo možné rychle dohledat správnou odpověď. Pořadí otázek je v každé hře náhodné. Před každou hrou se otázky promíchají.

#### Cíl hry:

Cílem hry je dostat se co nejrychleji do mraveniště.

#### Obsah pracovního listu

List 1 – význam polí

List 2 – správné odpovědi






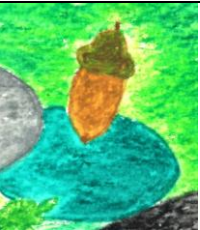

List 3 – seznam otázek



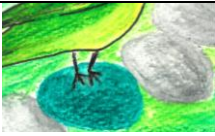

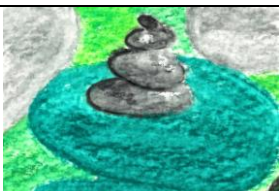


List 4 – hrací deska



## List 1 - význam polí

	<b>VOSY A VOSÍ HNÍZDO</b>	Šlápnu jsi do vosího hnízda - musíš si ošetřit zranění. Postupuješ dál, až když hodíš číslo 4.
	<b>ROZCESTÍ</b>	Hod' kostkou. Pokud padla lichá čísla, jdeš po cestě vpravo. Pokud padla sudá čísla, jdeš po cestě vlevo.
	<b>MRAVENEK U MŠIC</b>	Doplnil jsi energii. Postup o 3 pole vpřed.
	<b>MŠICE</b>	Poponesou tě o 2 pole vpřed.
	<b>UNAVENÝ MRAVENEK</b>	Musíš si odpočinout. Dál postupuješ, až když hodíš číslo 3
	<b>ŽLUŤÁSEK</b>	Přenáší tě na pole se šiškou. Pokračuješ doleva směrem k lesu.
	<b>MRAVENEK S CUKREM</b>	Pokud jsi na toto pole vstoupil při zpáteční cestě, postupuješ o 7 polí vpřed.

	<b>SEDMIKRÁSKA</b>	Trháš květiny na louce. Jedno kolo nehraješ.
	<b>MODRÁSEK</b>	Motýl tě přenesl na pole se studánkou.
	<b>KOŘEN</b>	Zakopl jsi o kořen. Vracíš se cestou zpátky k rozcestí.
	<b>ŠIŠKA</b>	Pokračuješ po cestě doleva směrem k lesu.
	<b>DUBOVÁ VĚTEV</b>	Přenáší na pole se studánkou.
	<b>ŽALUDY</b>	Při zpáteční cestě tě vracejí o 3 pole zpět k opuštěnému mraveništi.
	<b>MRAVENEK S JEHLIČÍM</b>	Pomohl jsi mravenci. Postup na pole se studánkou.

	<b>OPUŠTĚNÉ MRAVENIŠTĚ</b>	Jsi zklamaný, že je mraveniště opuštěné. 1 kolo odpočíváš.
	<b>STUDÁNKA</b>	Osvěžil ses vodou. Postupuješ o 2 pole vpřed.
	<b>NOHY ŽLUNY</b>	Vracejí tě o 3 pole zpět.
	<b>ZOBÁK ŽLUNY</b>	Vrací tě zpět na rozcestí.
	<b>KAMENY</b>	Hod' kostkou. Pokud padla lichá čísla, jdeš kratší cestou vlevo. Pokud padla sudá čísla, jdeš po delší cestě vpravo.
	<b>PAVOUK</b>	Utíkáš před pavoukem. Vrať se o 7 polí zpět.
	<b>MŠICE A SLUNĚČKO SEDMITEČNÉ</b>	Hlídáš mšice před predátorem. Zdržíš se, dokud nehodíš 3.

## List 2 – správné odpovědi

1	Dýchací soustava vzdušnicová.
2	Životní cyklus: vajíčko-larva (několikrát se svléká)-kukla-dospělec.
3	Vztah, ve kterém jeden živočich/skupina živočichů využívá jinou sociálně žijící skupinu a zneužívá mechanismů, které u takovéto skupiny fungují.
4	Cévní soustava otevřená.
5	Samci se líhnou z neoplozených vajíček.
6	Vztah, ze kterého má jeden organismus prospěch a druhý organismus není nijak ovlivněn (ani pozitivně ani negativně).
7	Části končetiny: kyčel, příkyčlí, stehno, holeň, chodidlo.
8	Samice se páří pouze jedenkrát.
9	Vzájemné předávání potravy z volete mezi mravenci.
10	Epidermis (u hmyzu i označení hypodermis).
11	Slouží ke komunikaci mezi mravenci.
12	Vyústění vzdušnic na povrch těla.
13	Křídla vyrůstají z hrudi.
14	Nazývají se feromony.
15	Znamená, že se z oplozených vajíček líhnou samice (dělnice/královny) a z neoplozených samci. Díky tomu má dělnice více společných genů se svými sestrami než by měla se svými vlastními potomky.
16	Jedná se o žlunu zelenou.
17	Mravenci patří mezi hmyz s proměnou dokonalou.

18	Vztah, který je oboustranně výhodný.
19	Jedná se o krutihlava obecného.
20	Mšice patří mezi hmyz s proměnou nedokonalou.
21	Chemické látky - mravenci používané ke komunikaci.
22	Kutikula vytváří ochranu a oporu pro tělo.
23	Anglické označení pro mravence - ant.
24	Hnízdo s pouze jednou plodnou královnou.
25	Ano. Mravenci mohou mít žihadlo.
26	Autorem knih je Ondřej Sekora.
27	Hnízdo s větším počtem plodných královen.
28	Tekutina se nazývá hemolymfa nebo také krvomíza.
29	U proměny nedokonalé chybí stadium kukly.
30	Jedná se o rozšiřování semen mravenci.
31	Mšice se živí rostlinnými šťávami.
32	Z vajíčka se líhne larva. Ta se několikrát svléká a poté se mění v kuklu. Z kukly poté vzniká dospělý jedinec.
33	Označuje pozitivní vztahy mravenců s rostlinami, členovci nebo houbami.
34	Nazývají se medovice.
35	Z vajíčka se líhne larva podobná dospělci. Několikrát se svléká, až z ní vzniká dospělý jedinec.
36	Jedná se o výkaly mšic, které mravenci olizují.
37	Slunéčko sedmítečné je dravé - živí se např. mšicemi, červci...
38	Patří do podkmene šestinozí ( <i>Hexapoda</i> ).

39	<b>Volná odpověď- závisí na členech skupiny.</b>
40	<b>Ano. Mohou se živit semeny.</b>
41	<b>Slunéčko sedmitečné má proměnu dokonalou.</b>
42	<b>Mravenec lesní, mravenec pospolitý, mravenec dřevokaz, mravenec obecný, mravenec žahavý aj.</b>
43	<b><i>Formica, Myrmica, Lasius, Camponotus</i> aj.</b>
44	<b>Mravenec má 3 páry končetin.</b>
45	<b>Mravenci, vosy, čmeláci, včely aj.</b>
46	<b>Vyskytuje se v kutikule.</b>
47	<b>Mravenec dřevokaz.</b>
48	<b>Cévní soustava hmyzu se nachází na dorzální straně těla.</b>
49	<b>Kutikulu produkuje pokožka (epidermis/hypodermis).</b>
50	<b>Endokutikula, exokutikula a epikutikula.</b>
51	<b>Nervová soustava hmyzu se nachází na ventrální straně těla.</b>
52	<b>Organismy a abiotické prostředí. Probíhá v něm tok látek a energie, neustále se vyvíjí.</b>
53	<b>Jedná se o mravence lesního.</b>
54	<b>Jedná se o imago.</b>
55	<b>Například: rostlina - mšice- mravenec - pták</b>
56	<b>Jedná se o datla černého.</b>
57	<b>Druh symbiózy, při které výkaly jednoho druhu slouží jako potrava druhého druhu (výkaly mšic -potrava mravenců).</b>

58	<b>Při obligátním mutualismu je vztah mezi organismy užší a pevnější. Bez tohoto vztahu organismy strádají.</b>
59	<b>Při fakultativním mutualismu je vztah mezi organismy volnější. Organismy zvládnou přežít i bez tohoto vztahu.</b>
60	<b>Roznášení semen živočichy.</b>
61	<b>Jedná se o snovací bradavku.</b>
62	<b>Nazývá se mravčík obecný.</b>
63	<b>Řád hrabaví.</b>
64	<b>Jedná se o kmen členovci.</b>
65	<b>Nachází se na semenech (u některých rostlin).</b>
66	<b>„Masíčko“ na semenu - obsahuje výživné látky (tuky, bílkoviny).</b>
67	<b>Tvoří je proto, aby lákaly roznašeče semen - mravence.</b>



**List 3 - seznam otázek**

<b>1 Uved', jaký typ dýchací soustavy mají mravenci.</b>	<b>2 Popiš životní cyklus mravence.</b>
<b>3 Vysvětli termín sociální parazitismus.</b>	<b>4 Uved', jaký typ cévní soustavy mají mravenci.</b>
<b>5 Z jakého typu vajíček se líhnou mravenčí samci?</b>	<b>6 Vysvětli termín komezálismus.</b>
<b>7 Uved' hlavní části končetiny mravence.</b>	<b>8 Kolikrát za život se samice (královna) spáří se samcem/samci?</b>
<b>9 Vysvětli pojem trofalaxe.</b>	<b>10 Uved' latinský název pro pokožku.</b>
<b>11 Uved' funkci feromonů u mravenců.</b>	<b>12 Vysvětli pojem spirakulum.</b>

<p><b>13 Ze které části těla vyrůstají křídla mravenců/hmyzu.</b></p>	<p><b>14 Jak se nazývají chemické látky používané mravenci ke komunikaci?</b></p>
<p><b>15 Vysvětli pojem haplodiploidie.</b></p>	<p><b>16 <i>Picus viridis</i> patří do řádu šplhaviců. Významnou část jeho potravy tvoří mravenci. Jak zní česky celé jméno tohoto ptáka?</b></p>
<p><b>17 Jaký typ proměny v životním cyklu mají mravenci?</b></p>	<p><b>18 Vysvětli termín mutualismus.</b></p>
<p><b>19 <i>Jinx torquilla</i> patří do řádu šplhaviců. Živí se převážně mravenci a jejich larvami. Jak zní česky rodové i druhové jméno tohoto šedohnědě zbarveného ptáka?</b></p>	<p><b>20 Jaký typ proměny v životním cyklu mají mšice?</b></p>
<p><b>21 Vysvětli pojem feromony.</b></p>	<p><b>22 Uveď, jakou funkci má kutikula pro mravence/hmyz obecně.</b></p>
<p><b>23 Jak zní anglický překlad slova „mravenec“.</b></p>	<p><b>24 Vysvětli význam slovního spojení- monogynní hnízdo.</b></p>

<b>25 Mohou mít mravenci žihadlo? Ano- Ne.</b>	<b>26 Uved'te celé jméno autora knih o Ferdovi Mravenci.</b>
<b>27 Vysvětli význam slovního spojení polygynní hnízdo.</b>	<b>28 Uved' název tělní tekutiny mravenců, která jim rozvádí po těle živiny.</b>
<b>29 Uved', v čem se zásadně liší proměna dokonalá od nedokonalé.</b>	<b>30 Vysvětli význam pojmu myrmekochorie.</b>
<b>31 Uved', čím se živí mšice.</b>	<b>32 Popiš proměnu dokonalou.</b>
<b>33 Vysvětli význam pojmu myrmekofilie.</b>	<b>34 Jak se nazývají výkaly mšic, kterými se mohou živit mravenci.</b>
<b>35 Popiš proměnu nedokonalou.</b>	<b>36 Vysvětli pojem medovice.</b>
<b>37 Uved', čím se živí slunéčko sedmítečné.</b>	<b>38 Uved', do kterého podkmene patří mšice.</b>

<p><b>39 Vyjmenuj jména a příjmení tvých spoluhráčů.</b></p>	<p><b>40 Mohou se mravenci živit semeny? Ano- Ne.</b></p>
<p><b>41 Jaký typ proměny v životním cyklu má slunéčko sedmitečné?</b></p>	<p><b>42 Vyjmenuj alespoň 3 druhy mravenců žijících v ČR (stačí české názvy).</b></p>
<p><b>43 Vyjmenuj 3 rody mravenců žijící v ČR.</b></p>	<p><b>44 Kolik párů končetin má mravenec?</b></p>
<p><b>45 Vyjmenuj 3 skupiny sociálně žijícího hmyzu.</b></p>	<p><b>46 Kde se vyskytuje v těle mravence chitin?</b></p>
<p><b>47 Mravenec <i>Camponotus ligniperda</i> si hnízda buduje v dutinách stromů. Jak zní česky jeho rodové a druhové jméno?</b></p>	<p><b>48 Na které straně těla je umístěna cévní soustava mravenců? Dorzální nebo ventrální ?</b></p>
<p><b>49 Která tělní struktura produkuje kutikulu?</b></p>	<p><b>50 Jak se nazývají tři části kutikuly začínající na en-, ex- a ep-?</b></p>
<p><b>51 Na které straně těla je umístěna nervová soustava mravenců? Dorzální nebo ventrální?</b></p>	<p><b>52 Vysvětli význam pojmu ekosystém.</b></p>

<p><b>53</b> <i>Formica rufa</i> patří k velmi známému sociálnímu hmyzu, který si staví velká kupovitá hnízda. Jaké je české rodové a druhové jméno tohoto hmyzu?</p>	<p><b>54</b> Zcela vyvinutý, dospělý hmyz lze odborně nazvat slovem na „I“. Jak zní toto slovo?</p>
<p><b>55</b> Uved' příklad potravního řetězce, do kterého jsou zapojeni mravenci. P. řetězec musí obsahovat producenta, konzumenta I. a vyšších řádů.</p>	<p><b>56</b> Tento pták patří do řádu šplhavců. Je černý s červenou skvrnou na hlavě. K hnízdění si vytesává dutiny ve stromě. Jak zní rodové i druhové jméno?</p>
<p><b>57</b> Vysvětli pojem trofobióza.</p>	<p><b>58</b> Čím se vyznačuje mutualistický vztah mezi 2 živočichy, pokud o něm lze říci, že je obligátní?</p>
<p><b>59</b> Čím se vyznačuje mutualistický vztah mezi 2 živočichy, pokud o něm lze říci, že je fakultativní?</p>	<p><b>60</b> Vysvětli pojem zoochorie</p>
<p><b>61</b> Většina pavouků produkuje vlákna, ze kterých vytváří pavučiny např. pro chytání kořisti. Jak se nazývá orgán, který vlákno produkuje?</p>	<p><b>62</b> Pavouk <i>Zodarion germanicum</i> svým vzhledem napodobuje mravence, kterými se živí. Jak zní česky jeho rodové a druhové jméno?</p>
<p><b>63</b> Jak se jmenuje řád ptáků, kteří si potravu hledají na zemi a na zemi většinou i hnízdí? Do tohoto řádu patří například křepelka, nebo tetřev, který se navíc může živit i mravenci.</p>	<p><b>64</b> Kmen <i>Arthropoda</i> zahrnuje živočichy s tělem složeným ze zřetelně odlišných částí. Jak zní český název kmene?</p>

<b>65 Elaiosomy jsou struktury, které se mohou nacházet na: květu, semenu, listu, stonku nebo kořenu rostliny?</b>	<b>66 Vysvětli, co jsou to elaiosomy?</b>
<b>67 Z jakého důvodu některé rostliny vytváří elaiosomy?</b>	



List 4 - herní deska















**Příloha č. 11: Seznam mravenců volně žijících v České republice**  
**Formicidae**

<b>Dolichoderinae</b>	
<i>Bothriomyrmex communista</i> Santschi, 1919 [ <i>Bothriomyrmex corsicus mohelensis</i> Novák, 1941]	<i>Liometopum microcephalum</i> (Panzer, 1798)  <i>Tapinoma erraticum</i> (Latreille, 1798)
<i>Bothriomyrmex corsicus</i> Santschi, 1923 [ <i>Bothriomyrmex meridionalis ssp. gibbus</i> Soudek, 1925]	<i>Tapinoma subboreale</i> Seifert, 2012 [ <i>Tapinoma ambiguum</i> : In Werner et Wiezik 2007]
<i>Dolichoderus quadripunctatus</i> (Linnaeus, 1771)	
<b>Ponerinae</b>	
<i>Hypoponera punctatissima</i> (Roger, 1859)	<i>Ponera coarctata</i> (Latreille, 1802)  <i>Ponera testacea</i> Emery, 1895
<b>Formicinae</b>	
<i>Camponotus aethiops</i> (Latreille, 1798)	<i>Lasius alienus</i> (Foerster, 1850)
<i>Camponotus atricolor</i> (Nylander, 1849)	<i>Lasius austriacus</i> Schlick-Steiner, Steiner, Schödl et Seifert, 2003
<i>Camponotus fallax</i> (Nylander, 1856)	<i>Lasius bicornis</i> (Foerster, 1850)
<i>Camponotus herculeanus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Lasius brunneus</i> (Latreille, 1798)
<i>Camponotus ligniperda</i> (Latreille, 1802)	<i>Lasius carniolicus</i> Mayr, 1861 *)
<i>Camponotus piceus</i> (Leach, 1825)	<i>Lasius citrinus</i> Emery, 1922
<i>Camponotus vagus</i> (Scopoli, 1763)	<i>Lasius distinguendus</i> (Emery, 1916)
<i>Colobopsis truncata</i> (Spinola, 1808) [ <i>Camponotus truncatus</i> (Spinola, 1808)]	<i>Lasius emarginatus</i> (Olivier, 1792)
<i>Formica aquilonia</i> Yarrow, 1955	<i>Lasius flavus</i> (Fabricius, 1782)
<i>Formica cinerea</i> Mayr, 1853	<i>Lasius fuliginosus</i> (Latreille, 1798)
<i>Formica clara</i> Forel, 1886 [ <i>Formica lusatica</i> Seifert, 1997]	<i>Lasius jensi</i> Seifert, 1982
<i>Formica cunicularia</i> Latreille, 1798	<i>Lasius meridionalis</i> (Bondroit, 1920)
<i>Formica exsecta</i> Nylander, 1846	<i>Lasius mixtus</i> (Nylander, 1846)
<i>Formica foreli</i> Bondroit, 1918	<i>Lasius myops</i> Forel, 1894
<i>Formica fusca</i> Linnaeus, 1758	<i>Lasius niger</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Lasius nitidigaster</i> Seifert, 1996

<i>Formica gagates</i> Latreille, 1798	<i>Lasius paralienus</i> Seifert, 1992
<i>Formica lemani</i> Bondroit, 1917	<i>Lasius platythorax</i> Seifert, 1991
<i>Formica lugubris</i> Zetterstedt, 1838	<i>Lasius psammophilus</i> Seifert, 1992
<i>Formica picea</i> Nylander, 1846	<i>Lasius reginae</i> Faber, 1967
<i>Formica polycytena</i> Foerster, 1850	<i>Lasius sabularum</i> (Bondroit, 1918)
<i>Formica pratensis</i> Retzius, 1783	<i>Lasius umbratus</i> (Nylander, 1846)
<i>Formica pressilabris</i> Nylander, 1846	<i>Plagiolepis pygmaea</i> (Latreille, 1798)
<i>Formica rufa</i> Linnaeus, 1761	<i>Plagiolepis vindobonensis</i> Lomnicki, 1925
<i>Formica rufibarbis</i> Fabricius, 1793	<i>Plagiolepis xene</i> Stärcke, 1936
<i>Formica sanguinea</i> Latreille, 1798	<i>Polyergus rufescens</i> (Latreille, 1798)
<i>Formica truncorum</i> Fabricius, 1804	
<b>Myrmicinae</b>	
<i>Anergates atratulus</i> (Schenck, 1852)	<i>Myrmica specioides</i> Bondroit, 1918
<i>Aphaenogaster subterranea</i> (Latreille, 1798)	<i>Myrmica sulcinodis</i> Nylander, 1846
<i>Formicoxenus nitidulus</i> (Nylander, 1846)	<i>Myrmica vandeli</i> Bondroit, 1920
<i>Harpagoxenus sublaevis</i> (Nylander, 1849)	<i>Solenopsis fugax</i> (Latreille, 1798)
<i>Leptothorax acervorum</i> (Fabricius, 1793)	<i>Stenamma debile</i> (Foerster, 1850)
<i>Leptothorax gredleri</i> Mayr, 1855	<i>Strongylognathus kratochvili</i> Šilhavý, 1937
<i>Leptothorax muscorum</i> (Nylander, 1846)	<i>Strongylognathus testaceus</i> (Schenck, 1852)
<i>Manica rubida</i> (Latreille, 1802)	<i>Temnothorax affinis</i> (Mayr, 1855)
<i>Messor structor</i> (Latreille, 1798)	<i>Temnothorax clypeatus</i> (Mayr, 1853)
<i>Myrmecina graminicola</i> (Latreille, 1802)	<i>Temnothorax corticalis</i> (Schenck, 1852)
<i>Myrmoxenus ravouxi</i> (André, 1896)	<i>Temnothorax crassispinus</i> (Karavaiev, 1926)
<i>Myrmica curvithorax</i> Bondroit, 1920 [ <i>Myrmica salina</i> : In Werner et Wiezik 2007] [ <i>Myrmica slovacica</i> Sadil, 1952]	<i>Temnothorax interruptus</i> (Schenck, 1852)
<i>Myrmica deplanata</i> Emery, 1921 [ <i>Myrmica lacustris</i> : In Werner et Wiezik 2007]	<i>Temnothorax jailensis</i> (Arnol'di, 1977)
<i>Myrmica gallienii</i> Bondroit, 1920	<i>Temnothorax nigriceps</i> (Mayr, 1855)
<i>Myrmica hirsuta</i> Elmes, 1978	<i>Temnothorax parvulus</i> (Schenck, 1852)
	<i>Temnothorax saxonicus</i> (Seifert, 1995)
	<i>Temnothorax tuberum</i> (Fabricius, 1775)
	<i>Temnothorax unifasciatus</i> (Latreille, 1798)



<i>Myrmica karavajevi</i> (Arnol'di, 1930)	<i>Tetramorium caespitum</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Myrmica lobicornis</i> Nylander, 1846	<i>Tetramorium ferox</i> Ruzsky, 1903
<i>Myrmica lonae</i> Finzi, 1926	<i>Tetramorium hungaricum</i> Rösler, 1935
<i>Myrmica rubra</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Tetramorium immigrans</i> Santschi, 1927 [ <i>Tetramorium</i> sp. E (sensu Schlick-Steiner et al. 2006) ]
<i>Myrmica ruginodis</i> Nylander, 1846	<i>Tetramorium impurum</i> (Foerster, 1850)
<i>Myrmica rugulosa</i> Nylander, 1849	<i>Tetramorium moravicum</i> Kratochvíl, 1941
<i>Myrmica sabuleti</i> Meinert, 1861	<i>Tetramorium staercke</i> Kratochvíl, 1944
<i>Myrmica scabrinodis</i> Nylander, 1846	
<i>Myrmica schencki</i> Viereck, 1903	
<b>Proceratiinae</b>	
<i>Proceratium melinum</i> (Roger, 1860)	

Werner a kol., 2018, s. 6–7.

## Seznam použité literatury

1. Werner, P., Bezděčka, P., Bezděčková, K., Pech, P. (2018) An updated checklist of the ants (*Hymenoptera, Formicidae*) of the Czech Republic. *Acta rerum naturalium* 22: s. 6–7.
2. Starý, B., a kol.(1990) *Atlas der nützlichen Forstinsekten*. F. Enke, Stuttgart, 112 s. ISBN 3-432-97121-4.
3. Starý, B., a kol.(1987) *Užitečný hmyz v ochraně lesa*. SZN, Praha, 101 s. ISBN

## Seznam použitých obrázků

### Pracovní list č. 1:

#### Obr. č. 1

1. **A, E:** Sadil, J (1955) *Naši mravenci*. Orbis, Praha, s.23 s.
2. **B, D:** Nobile, A. (2007). <https://www.antweb.org/bigPicture.do?name=casent0172750&shot=h&number=1>. [cit. dne: 27. 3. 2019].
3. **C:** Piwoda, K. (2004). [https://cs.wikipedia.org/wiki/Slo%C5%BEn%C3%A9\\_oko#/media/File:Facettenaugen\\_Fliege.jpg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Slo%C5%BEn%C3%A9_oko#/media/File:Facettenaugen_Fliege.jpg). [cit. dne: 27. 3. 2019].
4. Městská knihovna Slavoj. <https://www.slavoj.cz/oknihovne/oddeleni/oddeleni-pro-deti/nabidka-poradu-pro-1-stupen-zs/clanky-knihovny/24-ferda-mravenec.html> [cit. dne: 27. 3. 2019].

### Pracovní list č. 2:

5. **Obr. č. 2** Sadil, J (1955) *Naši mravenci*. Orbis, Praha, s. 23.
6. **Obr. č. 3** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, s. 230
7. **Obr. č. 4** Hölldobler, B., Wilson, E. (1990) *The Ants*. Belknap Press, Cambridge, s. 175