

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE
PEDAGOGICKÁ FAKULTA
KATEDRA BIOLOGIE A ENVIRONMENTÁLNÍCH
STUDIÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Internetový výukový atlas zaměřený na půdní členovce

Internet educational atlas focusing on soil arthropods

Vypracovala: Bc. Jana Dvořáková

Vedoucí práce: RNDr. Jan Mourek, Ph.D.

Studijní obor: Učitelství pro střední školy, biologie - chemie Praha 2013

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Jana Mourka, Ph.D. a vyznačila jsem všechny použité prameny a spoluautorství. Souhlasím se zveřejněním diplomové práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách, ve znění pozdějších předpisů. Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, ve znění pozdějších předpisů.

V Praze dne

podpis

Poděkování

Chtěla bych poděkovat především vedoucímu své práce, RNDr. Janu Mourkovi, Ph.D., který mě trpělivě a odborně vedl při přípravě diplomové práce. Vždy byl ochoten zodpovědět mé otázky, poradit, řešit se mnou potíže, které při práci nastaly a podpořit mě v další práci. Mgr. Miroslavu Hylišovi, PhD. z laboratoře elektronové mikroskopie Přírodovědecké fakulty UK děkuji za pomoc s přípravou vzorků a technickou pomoc s obsluhou skenovacího elektronového mikroskopu. Dále bych chtěla poděkovat doc. RNDr. Lubomíru Kováčovi, CSc., z katedry zoológie v Ústavu biologických a ekologických věd Přírodovědecké fakulty Univerzity P. J. Šafárika v Košicích, Mgr. Petru Dolejšovi z katedry zoologie Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy v Praze a Mgr. Františku Šťáhlavskému, Ph.D. z téže katedry, za ochotu a pomoc při určování chvostoskoků, pavouků a štírků. V neposlední řadě děkuji PhDr. Petru Novotnému z katedry biologie a environmentálních studií Pedagogické fakulty UK v Praze za pomoc a vysvětlení práce s aplikací Google Weby na tvorbu internetových stránek.

V Praze dne

podpis

ABSTRAKT

Hlavním cílem této práce bylo vytvořit vzdělávací internetovou stránku zaměřenou na půdní členovce, která bude sloužit především učitelům biologie a ekologie či vedoucím zájmových přírodovědných kroužků. Může ale také být pomůckou studentům, kteří mají o tuto problematiku zájem. Jedná se o didaktický fotografický atlas půdních členovců s vlastními fotografiemi ze světelného a skenovacího elektronového mikroskopu doprovázenými textem ke každé skupině. Text je rozdělen do sekcí obsahující informace o systematickém zařazení, anatomii a morfologii, biologii a významu, popř. zástupcích dané skupiny. Vlastní atlas je doplněn dalšími materiály využitelnými ve výuce, jako jsou didaktický test, didaktická hra, pracovní list, návrh na terénní a laboratorní práci či výuková prezentace zaměřená na půdní členovce. Tyto materiály jsou na stránkách ke stažení spolu s atlasem půdních členovců. Stránka je zveřejněna na adrese:

<https://sites.google.com/site/pudniclenovci/>.

V literárním přehledu se zabývám významem členovců v půdě a jejich vzájemnými interakcemi, dále se zde věnuji metodikám studia půdních členovců (odběr vzorků, příprava preparátů pro světelnou a skenovací elektronovou mikroskopii a tvorba fotografií) a krátce vysvětluji principy elektronové mikroskopie.

Vzorky pro praktickou část pocházejí většinou z vlastních odběrů půdy a hrabanky. Zástupce chybějících skupin jsem získala ze sbírky školitele a z výukových sbírek katedry biologie a environmentálních studií na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy v Praze. Vzorky půdy jsem vyextrahovala pomocí Berlese – Tullgrenova extraktoru a z vybraných zástupců jsem připravila trvalé preparáty pro světelnou a skenovací elektronovou mikroskopii a zhotovila digitální fotografie.

Konkrétně jsem uvedeným způsobem zpracovala tyto skupiny: štírci (Pseudoscorpionida), pavouci (Araneida), pancířníci (Cryptostigmata, Oribatida), sametkovci (Trombidiformes, Prostigmata, Actinenida), zákožkovci (Astigmata, Acaridida), čmelíkovci (Gamasida); stínky (Oniscoidea), stonožky (Symphyla), mnohonožky (Diplopoda), stonožky (Chilopoda), hmyzenky (Protura), vidličnatky (Diplura), chvostokoci (Collembola) a larvy vybraných řádů hmyzu (Insecta).

Klíčová slova: půdní členovci, světelná mikroskopie, trvalé preparáty, skenovací elektronová mikroskopie, didaktika, atlas, webové stránky, výukové materiály, význam členovců v půdě.

ABSTRACT

The main objective of this thesis was to create an educational website aimed at soil arthropods. It can be used primarily by teachers of biology and ecology, lecturers of extracurricular science education or by the students who are interested in this issue. This photographic atlas of soil arthropods consists of my own micro images obtained by the use of light and scanning electron microscope. The micro images are accompanied by text to each group of soil arthropods, which is divided into sections containing information about the systematic classification, anatomy and morphology, biology and importance, eventually representatives of the group. The atlas is accompanied by other materials usable in the classroom, such as didactic test, didactic game and proposals for group work, worksheet, field and laboratory work or educational presentations focused on soil arthropods. These materials can be downloaded from the website, along with the entire atlas of soil arthropods. The atlas is available on the following address:

<https://sites.google.com/site/pudniclenovci/>.

The review of the literature deals with the importance of arthropods in the soil and their mutual interactions. Then I describe the methods of study of arthropods (sampling, sample preparation for light and scanning electron microscopy and photo documentation) and briefly explain the principles of electron microscopy.

Samples for the practical part come mostly from my own soil and litter samples, partly from the collection of my supervisor and from educational collections of the Department of Biology and Environmental Studies at the Pedagogical Faculty of Charles University in Prague. Soil samples I extracted using a Berlese - Tullgren extractor. From selected representatives I prepared permanent mounts for light and scanning electron microscopy and made digital images.

Specifically, in this way I prepared the following groups: pseudoscorpiones (Pseudoscorpionida), spiders (Araneida), mites - Cryptostigmata (=Oribatida); Trombidiformes(=Prostigmata, Actinenida); Astigmata(=Acaridida); Gamasida (= Mesostigmata), symphylans (Symphyla), millipedes (Diplopoda), centipedes (Chilopoda), terrestrial isopods (Oniscoidea), Protura, diplurans (Diplura), springtails (Collembola) and larvae of selected insect orders (Insecta).

Keywords: soil arthropods, light microscopy, permanent preparations, scanning electron microscopy, didactics, atlas, website, educational materials, the importance of arthropods in the soil.

Obsah

1.	Úvod.....	8
2.	Literární přehled.....	9
2.1	Půdní bezobratlí a jejich význam v půdě.....	9
2.2	Metody studia půdních bezobratlých živočichů.....	20
2.2.1	Odběr a extrakce vzorků.....	20
2.2.2	Pozorování, určování a uchovávání půdních bezobratlých živočichů.....	21
2.2.3	Tvorba trvalých preparátů bezobratlých pro světelnou mikroskopii.....	22
2.2.4	Tvorba trvalých preparátů bezobratlých pro SEM.....	23
3.	Metodika.....	25
3.1	Odběr a extrakce vzorků.....	25
3.2	Přehled zpracovaných vzorků.....	26
3.3	Příprava preparátů pro SEM.....	29
3.3.1	Vysušení vzorků a převedení do acetonu.....	29
3.3.2	Upevnění vzorku.....	30
3.4	Pozorování a fotodokumentace vzorků pomocí SEM.....	33
3.5	Příprava preparátů pro světelnou mikroskopii.....	34
3.6	Fotodokumentace vzorků pomocí světelného mikroskopu.....	35
3.7	Metodika tvorby internetového výukového atlasu.....	36
3.7.1	Program NVU.....	36
3.7.2	Weby Google.....	38
4.	Výsledky.....	42
4.1	Vlastní atlas půdních bezobratlých.....	42
5.	Diskuse.....	131
6.	Závěr.....	133
7.	Přílohy.....	134
7.1	Didaktický test.....	134
7.2	Křížovka.....	139
7.3	Pracovní list.....	140
7.4	Terénní a laboratorní práce.....	146
7.5	Výuková prezentace.....	151
7.6	Webové stránky.....	152
8.	Seznam použité literatury.....	154

1. Úvod

Cílem práce bylo přehlednou a dostupnou formou přiblížit studentům středních škol a biologicky zaměřených zájmových kroužků půdní členovce. Toto téma jsem si vybrala proto, že jsem měla potřebu rozšířit svou bakalářskou práci a zpřístupnit své výsledky učitelům i studentům, kteří se touto problematikou zabývají. Oproti bakalářské práci jsem atlas rozšířila o skupiny sametkovci, zákožkovci, vidličnatky a larvy hmyzu, dále pak o spoustu nových fotografií ze skenovacího elektronového mikroskopu a po tvorbě trvalých preparátů přibyly fotografie i ze světelného mikroskopu. Hlavní změnou oproti bakalářské práci je ale to, že je atlas převeden do formy webové stránky, čímž se stává přístupnějším pro všechny a také je doplněn dalšími výukovými materiály. Diplomová práce je celkově více zaměřená na význam členovců v půdě a jejich interakce s okolím než na anatomii a morfologii těchto živočichů, jak tomu bylo v práci bakalářské, tomu se věnuji v samotném atlase. Dalším důvodem bylo, že jsem se vždy zajímala o zoologii jako takovou a chtěla jsem, aby byl výstup této práce prakticky využitelný a užitečný.

Výstupem mé práce je didaktický fotografický atlas půdních členovců zpracovaný do podoby webové stránky. Vytvořila jej na základě vlastních odběrů půdy, extrakce a selekce živočichů z půdních vzorků, jejich fixací (vysušením), upevněním na speciální nosné terčíky a vlastnoručního vytvoření fotografií na skenovacím elektronovém mikroskopu. Z části jedinců jsem vytvořila trvalé preparáty, které jsem použila pro pořízení digitálních mikrofotografií ze světelného mikroskopu. Na webových stránkách jsou zveřejněny ke stažení také další materiály pro výuku, a to didaktický test, didaktická hra, námět na pracovní list, návrh na terénní a laboratorní práci či výukovou prezentaci zaměřenou na půdní členovce.

Konkrétně jsem uvedeným způsobem zpracovala tyto skupiny: štírci (Pseudoscorpionida), pavouci (Araneida), pancířníci (Cryptostigmata, Oribatida), sametkovci (Trombidiformes, Prostigmata, Actinenida), zákožkovci (Astigmata, Acaridida), čmelíkovci (Gamasida); stínky (Oniscoidea), stonožky (Symphyla), mnohonožky (Diplopoda), stonožky (Chilopoda), hmyzenky (Protura), vidličnatky (Diplura), chvostoskoci (Collembola) a larvy vybraných řádů hmyzu (Insecta).

2. Literární přehled

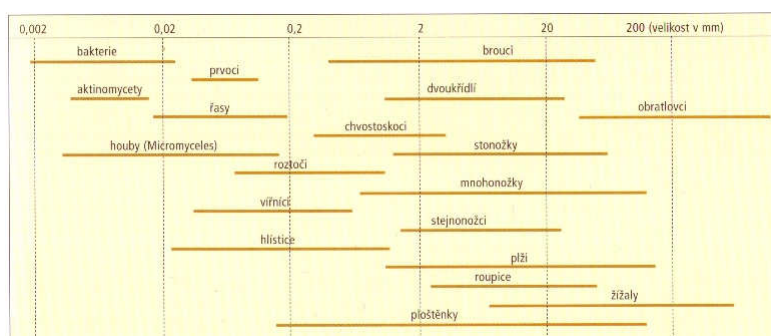
2.1 *Půdní bezobratlí a jejich význam v půdě*

K tvorbě půdy nedochází pouze účinkem ovzduší, vody a změn teploty (tak vznikají pouze zvětraliny, které samy o sobě ještě nejsou půdou), ale teprve tehdy, když se ke zmíněným vlivům připojí činnost organismů (mikroorganismů, vegetace a půdních živočichů). Půdní bezobratlí živočichové se významně podílejí na zpracování odumřelé organické hmoty a tím urychlují jejího rozkladu (zejména u lesních půd) a způsobují mísení půdy, tudíž mohou výrazně ovlivňovat i přirozenou drenáž půd (Tomášek, 2007; Miko, 1993; Bičík a kol. 2009).

Půda je dynamický přírodní útvar, který se tvoří, neustále vyvíjí a udržuje vlivem okolního prostředí. Proto část půdy vytržená z celku a zkoumaná nezávisle na podmínkách prostředí svého vzniku není v pravém slova smyslu půdou, ale jen pouhou zeminou. Půda vzniká působením půdotvorných činitelů, které dělíme do dvou hlavních skupin. Jsou to vlastní půdotvorné faktory a dále jsou to podmínky půdotvorného procesu (utváření reliéfu a čas). Mezi půdotvorné faktory řadíme půdotvorný substrát, podnebí, biologický faktor (živé organismy), podzemní vodu a vliv člověka. Pro nás je významný především faktor biologický, protože půda je místem obrovského množství rozmanitých organismů. Ten působí především prostřednictvím vegetace a edafonu (půdních organismů), které jsou společným působením jediným dodavatelem organické hmoty, tedy výchozího materiálu k tvorbě humusu. Mrtvá organická hmota a také podstatně ovlivňuje mikrobiální život půdy. V našich podmínkách jsou důležité především dva základní vegetační útvary, které mají rozhodující vliv na rozvoj půd. Lesní porosty vytvářejí jen malá množství humusu hodnotného ze zemědělského hlediska, oproti tomu původní stepní až lesostepní porosty svým bohatě rozvinutým kořenovým systémem humifikaci podporují. Na půdotvorbě a dalším životě půdy se kromě vyšších rostlin velmi významně podílejí i další biologické faktory, především mikroflóra a edafon (Tomášek, 2007; Frouz, 2010).

Informace, které máme o půdních živočiších, se zdaleka nevyrovnají těm o fauně žijící na jejím povrchu. Tento nedostatek znalostí je pochopitelný, protože jejich studium je vzhledem k jejich skrytému způsobu života obtížnější (Jeffery a kol., 2010).

Půdní živočichové se vyskytují v nepřeberném množství variant tvarů, velikostí a životních strategií. V porovnání s mikroflórou je půdních živočichů malá biomasa, proto mají i malý podíl na celkové respiraci půdy. Na druhou stranu je zde obrovská druhová diverzita půdních bezobratlých a poměrně vysoké populační početnosti (viz Tab. 1). Lze je členit do různých skupin podle různých hledisek. Kromě systematického zařazení se můžeme řídit funkcí daného organismu v půdě, místem jeho výskytu, jeho velikostí apod. Nejčastěji užívané rozdělení půdní fauny souvisí s postupy při jejich pozorování v praxi nebo extrakcí z půdy, které závisí na jejich velikosti. Podle délky těla zástupců jednotlivých skupin můžeme klasifikovat půdní živočichy na mikrofaunu, mesofaunu a makrofaunu (viz Obr. 1), přičemž půdní bezobratlí živočichové spadají z větší části do mesofauny a makrofauny. Do mikrofauny můžeme zařadit organismy menší než 0,2 mm (hlístice, vířníky, želvušky a různé skupiny prvoků), do mesofauny řadíme živočichy, kteří se vyskytují v rozmezí velikosti 0,2 až 2 mm, případně až 10 mm (především roztoči, chvostoscoci, štírci, roupice, hmyzenky, vidličnatky, stonožky a drobní zástupci stínek, či hmyzu), do makrofauny zahrnujeme jedince větší než 2, případně 10 mm (větší kroužkovci - především žížaly, stonožky, mnohonožky, větší druhy hmyzu a měkkýši). Jedná se o umělou klasifikaci, která slouží pouze pro orientaci, protože některé systematické skupiny zasahují do více velikostních kategorií a velikostní vymezení se u různých autorů liší (Coleman a kol., 2004; Bičík a kol. 2009; Miko, 1993; Frouz, 2010; Jeffery a kol, 2010).



Obr. 1: Velikostní rozmezí různých skupin půdních organismů. Na vodorovné ose je použito logaritmické měřítko. (Bičík, 2009)

V různých ekosystémech jsou jednotlivé skupiny půdních živočichů zastoupeny v různé míře. Co se týče větších půdních živočichů, jsou listnaté a smíšené lesy v počtu

druhů i v počtu jedinců bohatší než jehličnaté. To však neplatí pro mikroskopické zástupce půdní fauny, těm naopak často vyhovují lesy jehličnaté se silnou vrstvou nerozloženého nadložního humusu. Rozdíly jsou způsobeny odlišným rostlinným složením lesů.

V přirozeném smíšeném lese se nachází stromové, keřové, bylinné a mechové patro a tak je zde rozmanitost živočichů větší než v jehličnatém lese, kde často keřové a bylinné patro chybí. Nevhodné je také kyselé pH půdy v jehličnatých lesích. Celková početnost půdních členovců v některých půdách je velmi vysoká ($10^2 - 10^7/m^2$), ale u některých skupin se obtížně zobecňuje, protože na území České republiky nalézáme lokality s obrovskými rozdíly v početnosti. Jedná se především o chvostokoky, hlístice, roztoče nebo žížaly (Bičík a kol., 2009; Miko, 1993).

Tab. 1: Početnost hlavních skupin organismů v půdě (Bičík, 2009)

	Celkový počet druhů	Početnost (jedinců na m ²)
prvoci	100 000	$10^4 - 10^9$
hlístice	500 000	$10^4 - 10^7$
roupice	stovky	$10^4 - 10^6$
roztoči	tisíce	$10 - 10^6$
chvostokoci	tisíce	$10 - 10^5$
žížaly	stovky	$10 - 10^2$

Členovci jsou důležitou součástí potravních řetězců v půdě, regulují početnost půdní mikroflóry, ale i ostatních skupin půdních organismů. Z hlediska potravní specializace můžeme půdní členovce rozdělit na druhy dravé, druhy býložravé a druhy živící se půdní mikroflórou a organickým detritem, což jsou obecně druhy mykofágní, bakteriofágní, detritožravé, saprofágní apod. (např. chvostokoci, roztoči pancířníci a mnohonožky). Draví půdní členovci (stonožky, pavouci, sekáči, někteří roztoči, některé larvy a dospělci hmyzu - hlavně brouků, dvoukřídlých a blanokřídlých) se živí buď jen jedním druhem (vzácně) nebo různými druhy živočichů, někteří z nich se využívají k hubení škůdců hospodářských rostlin. Čistě býložraví členovci se živí především kořeny rostlin (mezi nimi i škůdci zemědělských plodin), ve většině případů se však jedná o prospěšné druhy pro rostliny i půdu. Existují ale i druhy, které nejsou potravně specializované (hmyz, někteří roztoči). U půdních bezobratlých živočichů se setkáváme s menší potravní specializací než je tomu u jejich protějšků v nadzemních částech ekosystémů, tyto živočichové také dokážou měnit potravní strategie podle dostupnosti zdrojů (dokonce se i živí mrtvou organickou hmotou, když je nedostatek jeho přirozené potravy) (Miko, 1993; Bičík a kol. 2009; Jeffery a kol. 2010).

Role půdních živočichů v půdě jsou různé. Podílejí se na regulaci populační hustoty organismů (predací, spásáním, apod.), na šíření diaspor saprotrofních mikroorganismů, na fragmentaci opadu, provzdušnění (aeraci) půdy a mísení organické a minerální hmoty, v jejich trávicím traktu je vhodné prostředí pro mikroflóru, omezeně se podílejí i na vlastním enzymatickém rozkladu mrtvé organické hmoty (viz Tab.) (Coleman a kol., 2004, Dunger 1983; Miko 1993).

Půdní bezobratlí živočichové se významně podílejí na tvorbě a urychlování tvorby humusu, který vzniká rozkladem organických látek z odumřelých těl organismů nebo z jejich trusu (tyto organické látky jsou rozkládány prostřednictvím látkové přeměny mikroorganismů) (viz Tab. 2). Tyto organismy se nazývají rozkladači (dekompozitoři, reducenti) a využívají částice pocházející z odumřelých těl jako zdroj živin a energie k tvorbě vlastní biomasy. Dekompozice mrtvé organické hmoty je složitý proces, který obsahuje řadu vzájemně propojených dílčích dějů jako je fragmentace, vyluhování, rozklad organických látek apod., přičemž v konečné fázi může dojít k úplnému rozkladu mrtvé organické hmoty na oxid uhličitý, vodu a další anorganické látky (oxid uhličitý se uvolňuje

do atmosféry). Do procesu dekompozice vstupují odumřelá pletiva, tkáně a odumřelá těla rostlin a živočichů. Dekompozice mrtvé organické hmoty může končit buď mineralizací, nebo humifikací organické hmoty. Humifikace je rozklad a následná syntéza produktů předchozího rozkladu. Vzniklá humusová látka může být opět obětí dekompozice a může být mineralizována. Mineralizace je přeměna organických makromolekul na jednoduché anorganické látky. Minerální živiny jsou uvolněny z organických vazeb a recyklovány prostřednictvím půdy (přes mrtvá a následně živá těla půdních organismů). Část minerálních živin je přijata rostlinami a část je vložena půdními organismy do jejich vlastních těl, čímž se tyto živiny stávají nedostupnými pro jiné organismy, dokud daný organismus nezahyne. Z odumřelých buněk půdních organismů synteticky vznikají zcela nové látky humusové. Humusové látky určují fyzikální a chemické vlastnosti půdy. Díky interakci organismů v dekompozičních potravních sítích dochází nejen k částečnému rozkladu, ale i mineralizaci mrtvé organické hmoty (Šustr, 2000; Bergstedt a kol., 2005; Frouz, 2010; Bičík, 2009).

Mikroskopičtí půdní živočichové se vlastní dekompozice účastní podstatně méně než bakterie a houby. Stejně tak půdní makrofauna, která pohlcenou organickou hmotu z většiny nevyužije, jen ji přemění v organické exkrementy. Ovlivňovat transformaci organické hmoty i aktivitu půdní mikroflóry ale může, a to změnou životních podmínek (Frouz, 2010). Rostlinný opad především rozmělnují rozkousáváním a vlastním trávením a pak jej prostřednictvím trusu vylučují, čímž do půdy uvolňují velké množství organických látek. Ty zase slouží jako potrava jiným živočichům, například chvostoskokům či roztočům a tak znovu procházejí jejich trávicí soustavou. Nakonec tyto organismy odumřou, a tím se stávají potravou pro jiné i jejich těla. Obecně lze říci, že každá organická uhlíkatá sloučenina je v půdě dříve nebo později rozložena. Pro půdní heterotrofní organismy je totiž příjem organických látek nezbytný k syntéze vlastních tkání. Na rozkladu listového opadu se velkou měrou podílejí také žížaly a mikroorganismy (Bergstedt a kol., 2005; Bičík a kol., 2009).

Proces tvorby humusu lze snadno pozorovat v lesích, kde je patrný na míře tlení listů spadných ze stromů. Listy či jehličí různých druhů stromů v listové hrabance lesní půdy se rozkládají různou rychlostí. Na rozkladu listového opadu se podílejí také půdní členovci, přičemž různé druhy ho zpracovávají různým způsobem. Okusy listů po okrajích

v nižší vrstvě listového opadu způsobují většinou chvostoskoci a roztoči. Larvy much a komárů, stínky a mnohonožky zase vykousávají do listů hranaté nebo oblé dírky. Listy ze spodních vrstev opadu, z nichž zbyl jen skelet, zpracovaly mnohonožky, škvoři, hlemýždi a stínky (Bergstedt a kol., 2005).

Půdní organismy mají velký význam také pro zachování úrodnosti půdy. Mezi úrodností a aktivitou půdních organismů je velmi úzký vztah. Veškerá činnost organismů (produkce slizu, trusu, rozklad mrtvých tkání), ale i jejich samotná přítomnost v půdě přímo ovlivňuje strukturu půdy. Na jedné straně výměšky kořenů a zbytky rostlin znamenají větší množství potravy pro půdní organismy, na druhé straně půdní organismy poskytují mineralizaci organických látek rostlinám nové minerální živiny potřebné pro růst. Tento princip vzájemnosti neboli reciprocity platí pro všechny půdní procesy, do kterých jsou půdní organismy zapojené. Činnost organismů je totiž řízená jejich potřebami, a tak, když budeme aktivně ovlivňovat jejich okolí, budeme tím ovlivňovat i naplnění jejich potřeb, a tím jim můžeme ztížit přežívání v daném prostředí a může se stát, že je až eliminujeme. Aktivita jedné funkční skupiny půdní bioty v rámci procesu mineralizace a humifikace je závislá nejen na kvalitě rozkládané organické hmoty, ale především na jejím předchozím zpracování jinou skupinou půdních organismů (Miko, 1993; Bičík, 2009; Bergstedt a kol., 2005).

Všechny půdní procesy a složky půdních ekosystémů se vzájemně ovlivňují, prolínají a jsou na sobě závislé. Přesto je lze rozdělit na procesy fyzikální a chemické, které nejsou přímo závislé na živých organismech a procesy biologické, ty jsou přímo nebo zprostředkovaně způsobené přítomností a činností živých organismů. Vzájemné interakce v půdě představují složitou strukturu vazeb mezi jednotlivými skupinami organismů. Většina interakcí souvisí se zabezpečením výživy (s trofickými vazbami jednotlivých organismů). Vztahy mezi živočichy jsou především vztahy predátora a kořisti. Draví půdní roztoči požírají například hlístice a malé chvostoskoky. Stonožky se živí mladými žížalami a larvami hmyzu. Trofické sítě jsou dány horizontálním a vertikálním transportem hmoty a energie v daném ekosystému. Důležitou roli zde hraje systém producent – konzument – reducent (Miko, 1993; Rejšek, 2000; Bergstedt a kol., 2005).

Tab. 2: Vlivy půdní bioty na půdní procesy v ekosystému (upraveno podle Colemana a kol., 2004)

	Koloběh živin	Složení půdy
Mesofauna	regulují populace mikroskopických hub a mikrofauny	produkují trus
	mění výživovou hodnotu půdy jejím převrácením	vytvářejí póry
	rozkládají rostlinné zbytky	podporují tvorbu humusu
Makrofauna	rozkládají rostlinné zbytky	mísí organické a minerální částice
	stimulují mikrobiální aktivitu	přerozdělují organickou hmotu a mikroorganismy
		vytvářejí póry
		podporují tvorbu humusu
		produkují výkaly

Nejvýznamnějším biologickým půdním procesem jsou interakce mezi půdní faunou a mikroflórou související s dekompozičními procesy v půdě. Významnou roli při přeměnách organické hmoty v půdě hrají vzájemné interakce organismů různé velikosti. Tyto interakce však závisí na vzájemné regulaci početnosti a kvalitativním složení populací. Například interakce půdních bezobratlých živočichů a půdních mikroorganismů významně ovlivňují mnoho půdně-biologických procesů spojených s rychlostí rozkladu organické hmoty nebo koloběhem živin. Vztah půdních bezobratlých a mikroorganismů také spočívá v tom, že půdní bezobratlí živočichové selektivně konzumují půdní mikroorganismy (Schneider a kol., 2005; Koukol a kol., 2009). V půdě také dochází k mnoha interakcím mezi faunou a půdními houbami. Drobní půdní členovci (především roztoči a chvostokoci)

mohou regulovat růst, druhové složení a biomasu druhů hub, mimo jiné i hub patogenních a toxických (Hubert a kol., 2003), a tím ovlivňovat změny v rozkladu organických látek, syntéze humusu a přeměně živin v půdě. Také, díky své pohyblivosti, mohou živočichové přemísťovat na povrchu těla nebo v exkrementech spory hub z místa na místo a tím umožňují jejich šíření (Renker a kol., 2005). Rozkladem organické hmoty a promícháváním substrátu stimulují navíc mikrobiální aktivitu v půdě. Příkladem symbiotické interakce mohou být mikroorganismy žijící v trávicím traktu některého hmyzu a roztočů, které podporují trávení špatně rozložitelných organických látek (celulóza a lignin), ty se poté přemění procesem humifikace na humusové látky (Miko, 1993; Frouz, 2010; Frouz, Křišťůfek, 2000; Bergstedt a kol., 2005; Nováková, 2000).

Aktivita půdní fauny se nejčastěji vyjadřuje pomocí velikosti populací daných živočišných druhů. Metod pro jejich zjišťování je celá řada, obvykle je pro každou systematickou nebo funkční skupinu vypracováno několik speciálních metod (Dunger, 1983). Při analýze půdního živočišného společenstva je nutné zjistit, jaké jsou potravní vazby jednotlivých druhů organismů v daném společenstvu a jaký je poměr trofických úrovní v daném vzorku půdy. Této charakteristiky, která je významným parametrem pro půdní společenstva, lze využít především při studiu vztahů v dekompozičních řetězcích. Proto je vhodné analyzovanou půdní faunu klasifikovat alespoň do té taxonomické úrovně, která nám umožní rozlišit detritofágní a dravé druhy. U většiny skupin půdní fauny není toto rozlišení obtížné. Platí to především pro skupiny, které jsou stejně potravně specializované (Miko, 1993).

Je známo, že půdní živočichové jsou adaptováni na zvláštní prostředí půdy. Oproti vodním živočichům mají často například menší tělo, výraznější kutikulu (pancírníci), žábry přeměněné na tracheální políčka (stínky), jsou adaptováni proti vysychání (voskové vrstvy na povrchu těla) nebo mají schopnost anabiózy (tvorba klidových stádií a cyst v případě vyschnutí). Oproti epigeickým zástupcům mají také často menší tělo, ztratili pigmentaci, zrak (oči), ochlupení, došlo ke zkrácení tělních přívesků. Někteří se adaptovali proti utonutí v půdních dutinách zaplavovaných vodou (nesmáčivá kutikula, plastronové dýchání neboli fyzikální plíce, snížená aktivita a tím nižší spotřeba kyslíku), častá je partenogeneze a odkládání spermatoforů (Dunger 1983).

Z půdních členovců (Arthropoda) se v půdách pravidelně vyskytují zástupci všech tří hlavních systematických skupin. Koryši (Crustacea) zastoupení stínkami (suchozemští stejnonožci - Isopoda), klepítkatci (Chelicerata) zastoupení pavouky, štírky, sekáči a různými skupinami roztočů a 2 skupiny vzdušnicovců (pozn. podle nových poznatků je skupina vzdušnicovci umělá a mnohonozí a šestinozí představují vzájemně nepříbuzné skupiny - mnohonozí (Myriapoda) vzdušnicovci zastoupení stonožkami, mnohonožkami, stonoženkami a drobnuškami a šestinozí (Hexapoda) vzdušnicovci zastoupení hmyzenkami, vidličnatkami, chvostoskoky a různými zástupci hmyzu (Zrzavý, 2006). Většina půdních členovců žije na povrchu půdy nebo v její nejsvrchnější části (tzv. epigeická fauna, kam ředíme pavouky, sekáče, stonožky, mnohonožky, brouky). V samotné půdě (v hlubších částech) převládají obvykle menší druhy, především roztoči a chvostoskoci, tvořící podstatnou část tzv. hypogeické (podpovrchové) mesofauny (Miko, 1993, Dunger, 1983, Jeffery a kol, 2010).

Z mnoha půdních členovců jsou nejčastěji studováni roztoči a chvostoskoci. Mají v půdě vysoké početnosti a mnoho rozmanitých forem druhů a díky těmto vlastnostem mohou sloužit jako jakési bioindikátory prostředí, mají také velký vliv na biologické procesy v půdě. Dravé druhy roztočů se podílejí na přeměně hmoty a energií v potravních řetězcích. Detritožravé, saprofágní a mykofágní druhy jsou významnými regulátory velikosti populací mikroflóry a tím i rychlosti rozkladu a mineralizace organických látek (Miko, 1993; Jeffery a kol., 2010).

Z roztočů jsou v půdě většinou nejpočetněji zastoupeni pancířníci (Oribatida). Jejich tělo je většinou pokryto silně sklerotizovaným pancířem a ve srovnání s ostatními skupinami půdních roztočů jsou výrazněji a tmavěji zbarvení. Na povrchu těla (pancíře) mají vyvinuté různé povrchové struktury. Populační hustota pancířníků v lesních půdách se pohybuje v rozmezí 50 až 500 tisíc jedinců na metr čtvereční. Nejvyšších početností dosahují pancířníci obvykle v jehličnatých lesích, následují lesy listnaté, louky a pastviny, pouště a tundry. Rozmanitost druhů pancířníků je ohromná a to v půdě na mnoha různých lokalitách (Miko, 1993; Coleman, 2004; Wallwork, 1983).

Podobně potravně specializovaní jako pancířníci jsou roztoči ze skupiny zákožkovců (Acaridida = Astigmata), kteří jsou ale oproti pancířníkům méně početní, slabě sklerotizovaní, světle zbarvení a řídce ochlupení dlouhými chloupky. Jsou hojní například

v některých polních půdách a řada druhů žije i synantropně, např. ve skladech obilí (Miko, 1993; Hubert a kol., 2003).

Mezi dravé roztoče patří velká část zástupců skupiny čmelíkovců (Gamasida = Mesostigmata), kde nalezneme i celou řadu významných ektoparazitů a foretických druhů obratlovců i bezobratlých, které jsou známé například ze srsti a hnízd půdních savců. Některé druhy jsou polyfágní, živí se houbami a nedospělými stádii hmyzu. Jejich početnost závisí na konkrétních životních podmínkách, zejména na potravní nabídce a typu společenstva, ve kterém žijí. V půdě jsou méně zastoupeni než pancířníci, ale zato jsou přítomni ve všech typech prostředí. Jejich typickým znakem je oválné tělo a velmi mohutně vyvinuté ústní ústrojí. Obvykle jsou silně sklerotizovaní, zbarvení nejčastěji oranžovohnědou, červenohnědou nebo žlutohnědou barvou (Dunger 1983; Miko, 1993; Coleman, 2004).

Mezi roztoči ze skupiny sametkovci (Actinenida) nalezneme dravce, detritofágy i řadu parazitů. Jsou to většinou slabě sklerotizovaní a různě zbarvení roztoči různé velikosti. Vlastní sametky, které poznáme většinou podle výrazného červeného, oranžového nebo zeleného zbarvení a velmi hustého a jemného ochlupení. Jejich početnost v půdě bývá nižší než početnost pancířníků (Miko, 1993; Dunger 1983).

Chvostokoci (Collembola) jsou nejpočetnější šestinozí členovci žijící v půdě. Způsobem výživy i významem v půdě se podobají pancířníkům, ale vzhledem k tomu, že jejich povrch těla není tak pevně vyztužen, jsou citlivější na vysychání. Z toho důvodu jsou početněji zastoupeni ve vlhkém prostředí. U chvostokoků lze podle jejich anatomie a morfologie již na první pohled velmi dobře určit, který půdní subhorizont obývají. V průběhu evoluce si totiž postupně vytvořili řadu adaptací na různé podmínky prostředí, ve kterém žijí. Můžeme rozlišovat tři ekologické typy chvostokoků. Jednak jsou to epiedafické druhy, tedy chvostokoci žijící na povrchu půdy nebo v jeho blízkosti. Jedná se o velké jednice s dlouhými končetinami i skákací vidlicí, kteří mají dobře vyvinutý zrak, jsou často silně ochlupení a výrazně pigmentovaní. Dále jsou to druhy žijící v hloubce půdy, tzv. euedafické. To jsou naopak malí, bílí nebo žlutaví, velmi jemně ochlupení nebo téměř lysí chvostokoci, často bez očí, s krátkými končetinami a někdy i úplně redukovanou skákací vidlicí. Přechod mezi těmito dvěma typy tvoří druhy mesoedafické (Dunger 1983; Miko, 1993).

Velmi důležitou součástí půdní makrofauny jsou larvy hmyzu. Asi nejdůležitější jsou larvy dvoukřídlých. Ty mohou obývat půdu ve velmi početných populacích, dosahujících až několik tisíc jedinců na metr čtvereční. Jedná se o velmi bohatou skupinu, která čítá přibližně 120 000 druhů, ale jen některé z nich mají larvy žijící v půdě. Larvy dvoukřídlých jsou velmi heterogenní skupinou, jsou jak dravé, parazitické, všežravé, koprofágní, býložraví, tak saprofágní, které se živí odumřelou organickou hmotou. Mohou zásadně přispět k fragmentaci a rozkladu mrtvého organického materiálu. U některých typů půd, jako jsou mokré louky, jsou jednou z nejdůležitějších částí potravně-dekompozičních řetězců. Vzhledem k jejich vysoké početnosti, slouží larvy dvoukřídlých také jako kořist některých půdních predátorů. Organická hmota půdy, při průchodu trávicím traktem larvy, je nejen rozložena, ale může být rovněž ovlivněno její pH, které se stává více neutrálním (nikdy není zásadité). Díky tomu exkrementy larev podporují enzymatickou aktivitu a přispívají k fermentačním procesům v organických vrstvách půdy (Jeffery a kol. 2010).

Bezobratlí živočichové se vyskytují v půdě ve velkém počtu. Většina je ale velmi drobná, a tak se neprohrabává aktivně půdou, ale používá k pohybu již existující dutiny. Naproti tomu žížaly chodbičky aktivně vytvářejí. Jako ostatní půdní živočichové jsou přizpůsobeny životu v půdě. Většinou nemají v pokožce žádný pigment, a proto mají červenou až masovou barvu. Jejich pokožka je tenká a vlhká a nemá žádné mechanismy proti odpařování. Zároveň však díky tenké, vlhké pokožce mohou využívat kožní dýchání, tzn., že kůží přijímají kyslík a vylučují oxid uhličitý. Žížaly se v půdě orientují hmatem. Pohyb žížal v půdě vypadá tak, že se provrtávají a prožirají půdou. Živí se zbytky rostlin, trusem živočichů, ale i minerálními částicemi půdy a vylučují směs nestrávených organických látek a anorganických částic, čímž podporují tvorbu jílovito-humusových komplexů. Přijímají také velké množství listové hrabanky, kterou přemísťují do hlubších vrstev půdy. Naopak na povrch přinášejí z hlubších vrstev půdy ve svém trusu minerální částice půdy. Díky jejich činnosti tedy dochází k promísení různých vrstev půdy. Chodbičky žížal tvoří systém dutin, do kterých může pronikat voda, vzduch i kořeny rostlin. V kvalitních půdách nalezneme až 300 žížal na metru čtverečním. Některé velké druhy žížal pronikají půdou až do hloubky 2 m. Jsou velice užitečné především pro zemědělství a zahradnictví, protože vytvářejí kvalitní formy humusu a zlepšují kvalitu půdy. Jsou důležitou součástí mnoha potravních řetězců. (Pižl 2002; Bergstedt a kol., 2005).

Metody studia půdních bezobratlých živočichů

Způsoby odběru, ale i metody studia jednotlivých skupin živočichů jsou různé. Je to dáno značnými rozdíly ve velikosti, různým stupněm fylogenetického vývoje či různými typy prostředí, ve kterých živočichové s různou ekologií žijí (Buchar, 1995).

2.2.1 Odběr a extrakce vzorků

Drobní půdní bezobratlí živočichové žijí většinou na vlhkých místech, např. pod kameny, kůrou, tlejícím dřevem nebo v hrabance. Menší živočichy můžeme přenést z povrchu pomocí entomologické pinzety nebo štětečku, větší a pomaleji se pohybující jedince můžeme chytat do rukou, na větší a rychlejší jedince (brouky, stonožky, pavouky) je lepší použít zemní past, kterou může být sklenice zahrabaná po hrdlo do půdy. Pro získání většího množství živočichů z půdy nebo hrabanky je nutné nabrat je i se substrátem a teprve později extrahovat, buď pomocí prosívadla nebo síta, kdy přesejeme hrabanku na bílý papír a živočichy vybíráme z propadlého jemného materiálu. K odběru vzorku půdy použijeme zahradnickou lopatku. Vzorek by měl mít velikost přibližně 10x10 cm a měl by pocházet ze svrchní vrstvy půdy, asi 10 cm do hloubky. Vzorek převedeme do mikrotenového sáčku a skladujeme v chladu a temnu až do vlastní extrakce. K efektivní extrakci půdních členovců, především mesofauny, používáme Berlese – Tullgrenův extraktor (viz Obr. 2), který tvoří nálevka, do jejíž rozšířené části se vkládá síto, na které se rozprostře vzorek půdy. Při zahřívání půdy žárovkou zeshora se drobní členovci snaží uniknout od zdroje tepla a propadají vzorkem dolů až do sběrné nádoby s 80% lihem pod nálevkou. Pokud chceme živočichy extrahovat živé, sběrnou nádobku naplníme místo lihu vodou. Tento způsob extrakce je vhodný především k získání co největšího množství druhů drobných půdních bezobratlých, především roztočů, chvostoskoků, larev hmyzu, ale i malých pavouků, stonožek a mnohonožek (Winkler, 1974; Coleman, 2004; Malý a kol., 2001; Mourek, Lišková, 2010).



Obr. 2: Berlese – Tullgrenův extraktor, převzato z Winklera (1974).

2.2.2 Pozorování, určování a uchovávání půdních bezobratlých živočichů.

K pozorování extrahovaných živočichů je nejvhodnější binokulární lupa neboli stereomikroskop. Při určování živočichů nejprve sledujeme počet končetin a jejich rozmístění na tělních člancích, přítomnost či nepřítomnost křídel a velikost jedince (Malý a kol., 2001).

Každý nasbíraný materiál, který chceme dlouhodobě uchovat, je nutné fixovat, neboli ošetřit tak, aby byl konzervován, zachoval si svůj vzhled a nekazil se.

Materiál musí být po celou dobu od usmrcení po další zpracování uložen v konzervační tekutině, tou dosahujeme jak konzervace, tak zpevnění tkání (obvykle 70 - 80% ethanol). Do zemních pastí se často používá 4% nebo 10% formaldehyd, protože ethanol by se při dlouhodobé expozici pastí příliš odpařoval a naředil. Formaldehyd je ale jedovatá, kancerogenní kapalina, která leptá sliznice, proto je nutné při práci s ním dbát zvýšené opatrnosti. Alkohol musí být v nádobce se vzorkem vždy v nadbytku, protože voda uvolněná z těla usmrceného živočicha ho zředí, proto je také nutné ho nejlépe za 24 hodin

vyměnit za čerstvý, aby nedošlo k maceraci a následnému rozkladu vzorku. Každý vzorek také musíme označit štítkem. Správně zafixovaný a dobře uložený materiál má téměř neomezenou trvanlivost (nesmí vyschnout). Materiál dále můžeme studovat v tomto stavu nebo ho dále zpracovat do mikroskopických preparátů. Mikroskopické preparáty mohou být celkové (totální – celý jedinec) nebo dílčí (částečné – část jedince, např. končetina), dočasné nebo trvalé (Lišková, 2010; Jírovec, 1958; Winkler, 1974).

2.2.3 Tvorba trvalých preparátů bezobratlých pro světelnou mikroskopii

Trvalé mikroskopické preparáty jsou takové preparáty, ve kterých zůstává objekt natrvalo. Každý trvalý preparát se skládá ze čtyř složek a to z podložního skla, krycího skla, uzavíracího média a samotného objektu. Na očištěné podložní sklo kápeme potřebné množství uzavíracího média, vložíme do něj objekt a přikryjeme krycím sklíčkem. Pro tento typ preparátů se často používají chloralhydrátová média, například Liquide de Fauré, který je k montování členovců velmi vhodný. Po zaschnutí je to pevné médium, které dobře projasňuje málo průhledné objekty. Do těchto médií lze vzorek převést přímo z vody nebo alkoholu, což urychluje tvorbu preparátů. Po zaschnutí média preparát orámujeme (např. lakem na nehty), oštříkujeme a popíšeme. Orámování prodlouží životnost preparátu montovaného do Liquide de Fauré. Tvorba trvalých preparátů je sice pracnější a složitější než tvorba dočasných preparátů, ale vhodným barvením či projasněním dosáhneme výborného kontrastu, zachování jemných struktur a hlavně dlouhodobé trvanlivosti, což záleží na charakteru použitého uzavíracího média. Některé tmavé objekty ale musíme ještě před uzavřením do média projasnit. K projasňování drobných půdních živočichů (především roztočů) je nejvhodnější kyselina mléčná, ve které necháme objekt ponořený několik dní nebo jej v dočasném preparátu alespoň 20 minut opatrně zahříváme na cca 50°C. Pokud nemáme Liquide de Fauré již hotový, můžeme si ho připravit sami. Na přípravu Liquide de Fauré potřebujeme 30 g arabské gummy, 50 ml destilované vody, 50 g chloralhydrátu (jedovatá chemická látka!), 20 ml glycerolu a skelnou vatu nebo jemnou tkaninu na filtraci hotového média. Nejprve ve studené destilované vodě rozpustíme arabskou gumu (ponecháme ji ve vodě několik dnů), pak přidáme ostatní složky, až je médium sirupovité konzistence, poté ho přefiltrujeme přes skelnou vatu (Lelláková, 1992; Jírovec, 1958; Winkler, 1974; Lišková, 2010).

2.2.4 Tvorba trvalých preparátů bezobratlých pro SEM

Skenovací elektronový mikroskop (dále jen SEM) je přístroj určený k pozorování povrchů nejrůznějších objektů. V dopadajícím světle je do jisté míry shodný se světelným mikroskopem, na rozdíl od něho je ale výsledný obraz tvořen pomocí odražených nebo sekundárních elektronů, tzv. sekundárního signálu. Výsledný obraz je tvořen pomocí sekundárního signálu - odražených nebo sekundárních elektronů. Elektronový mikroskop uplatňuje princip zobrazení primárního svazku elektronů (s vlnovou délkou 0,005 nm pro urychlovací napětí 50 kV), kdy se pracuje jak s odraženým, tak průchozím signálem.

Výhodou SEM v porovnání se světelným mikroskopem je velká hloubka ostrosti obrazu, díky které vidíme obraz trojrozměrně. Nevýhodou je, že prohlížení preparátu v SEM je často doprovázeno rušivými jevy. Je to hlavně nabíjení povrchu preparátu, který není dostatečně elektricky vodivý. Tradičním výstupem ze SEM je digitální fotografie.

Biologické materiály většinou nelze ve skenovacím elektronovém mikroskopu prohlížet bez úpravy. Preparát pro prohlížení v mikroskopu by měl mít povrch bez cizorodých částic, měl by být stabilní ve vakuu, produkovat dostatečné množství požadovaného signálu a při kontaktu s elektrony by nemělo docházet k jeho nabíjení.

Biologické vzorky většinou obsahují vodu, která z nich musí být před prohlížením odstraněna. Živočišné a rostlinné tkáně jsou velmi choulostivé a vyžadují jemné zacházení. Příprava vzorků začíná fixací.

Nejdříve vybraný vzorek očistíme od cizích částic (pokud je to nutné) a zafixujeme ho ve vhodném fixačním činidle (u členovců např. v ethanolu). Hlavním účelem fixace je stabilizovat preparát co nejblíže nativnímu stavu, zamezit autodegradačním procesům a zpevnit povrchové struktury preparátu.

Poté vymyjeme fixační roztok a vzorek dehydratujeme. Cílem odvodnění je postupné nahrazení vody ve vzorku organickým rozpouštědlem. K odvodnění se používají rozpouštědla mísitelná s vodou, nejčastěji ethanol či aceton. Při odvodnění vzorek projde řadou roztoků se zvyšující se koncentrací organického rozpouštědla, čas jednotlivých kroků závisí na velikosti preparátu (od 10 do 30 min).

Po úplném nahrazení vody ve vzorku dehydratačním činidlem je vzorek třeba zbavit také dehydratačního činidla. Nejpoužívanějším a nejrozšířenějším postupem sušení je

metoda kritického bodu. Zahříváním kapaliny v omezeném prostoru se docílí kritického bodu, který je charakterizován kritickou teplotou a tlakem. V tu chvíli mizí rozdíly mezi oběma fázemi dané látky, mají stejnou hustotu a objem, nejsou odděleny rozhraním a povrchové napětí klesá na nulu. V tomto bodě převedeme kapalinu na plyn a tak vysušíme připravovaný vzorek povrchovým napětím (bez poškození). Nejvíce se k těmto účelům využívá kapalný oxid uhličitý, který je běžně dostupný a levný. Tato metoda se provádí ve speciálních aparaturách (viz Obr. 4).

Vysušený preparát nalepíme na nosný terčík a co ho nejdříve pokovíme, aby nedošlo k jeho opětovnému navlhnutí. Nosnými terčíky jsou nejčastěji hliníkové kruhové podložky. Objekty se na terčíky lepí nejčastěji pomocí oboustranně lepící uhlíkové nebo adhesivní pásky. Lepení drobných objektů provádíme pod binokulární lupou, aby vzorky byly v optimální poloze. K manipulaci s nepatrnými objekty se používá řasa zasazená do špejle, u větších objektů entomologická pinzeta nebo jemný štěteček.

Poté je nutné zvýšit povrchovou vodivost preparátu, jelikož vysušené biologické materiály jsou elektricky a tepelně téměř nevodivé. Proto dochází při mikroskopování k nabíjení jejich povrchu primárními elektrony, což se projevuje deformacemi a ztrátou ostrosti obrazu. K eliminaci těchto jevů se preparát pokrývá vrstvičkou kovu o tloušťce asi 10-20 nm, která odvádí negativní náboj. Nejčastěji se používá zlato, platina nebo slitina platiny a palladia. Existují různé způsoby pokovování preparátu, např. metodou iontového napařování v nízkotlaké argonové atmosféře. Pokovování se provádí ve speciálních přístrojích (viz Obr. 5).

Celý tento postup trvá obvykle dva až tři dny. Během přípravy musíme dbát na to, aby nedošlo k poškození povrchu vzorku (Vojtkuláková 2004, Nebesářová, 2002).

3. Metodika

3.1 Odběr a extrakce vzorků

Nejvhodnějšími místy k odběru vzorků pro extrakci půdních členovců jsou vlhká místa s dostatečným množstvím organického materiálu, a to v lese, v okolí lesa či vodních toků, na zahradním kompostu apod. K odběru půdy je nejpraktičtější zahradnická lopatka. Vzorek půdy o ploše asi 10x10 cm, z hloubky asi 10cm jsem vložila do většího mikrotenového sáčku na potraviny do mrazničky (je vyroben z pevnějšího materiálu), sáček jsem vždy dobře uzavřela a popsala lihovým fixem důležitými údaji, jako jsou datum a přesné místo odběru (pro případ, že bych se na dané místo chtěla nebo potřebovala vrátit a udělat další odběry). Pokud jsem nemohla vzorek extrahovat ihned, skladovala jsem vzorky v lednici po nezbytně dlouhou dobu, ne však déle než 14 dní (živočichové by mohli uhynout a tím pádem by byla extrakce neúčinná). K samotné extrakci živočichů (především půdní mesofauny) z půdy jsem používala Berlese – Tullgrenův extraktor (extrakci jsem prováděla na PřF UK v Praze). Ten je sestaven z velké nálevky, do které je umístěno síto s odpovídající velikostí otvorů (obvykle 2x2 mm), na spodní část nálevky je připevněna sběrná lahvička, kterou jsem naplnila asi do dvou třetin 80% lihem. Lahvičku s lihem jsem poté opatřila popiskem se stejnými údaji jako na sáčkách se vzorky (zvenčí jsem nalepila štítek a dovnitř jsem vložila papírek s údaji napsanými obyčejnou tužkou, aby se text v lihu nerozpil) a nasadila jsem ji na stopku nálevky tak, aby nebyla potopená v lihu. Vzorek půdy jsem umístila do síta a nechala jej asi 2 až 3 dny přirozeně prosychat. Po této době jsem na vzorek začala svítit lampičkou, dokud se úplně nevysušil a všichni živočichové nepropadli nálevkou do lihu, což trvá asi týden. Po ukončení extrakce jsem odebrala lahvičky s lihem a vzorky půdních bezobratlých živočichů a uzavřela je, aby nedošlo k vyschnutí lihu a tím znehodnocení vzorku. Poté jsem postupně v jednotlivých vzorcích určovala, které zástupce daných systematických skupin obsahují. Nejlépe za použití binokulární lupy, Petriho misky, skleněné pipetky s balónkem, pinzety a určovacího klíče, např. Buchar a kol. (1995); Bährmann a kol. (1995). Použité zvětšení na binokulární lupě se pohybovalo podle velikosti daného druhu od 4,8x do 16x.

3.2 *Přehled zpracovaných vzorků*

Ze vzorků jsem vybírala jen zástupce, kteří mi ve fotodokumentaci ze SEM z bakalářské práce chyběli nebo byli z důvodu poničení nevhodní k použití, proto nelze na základě těchto odběrů hodnotit kvalitativní ani kvantitativní zastoupení jednotlivých druhů v půdě. Vybrané vzorky jsem použila k doplnění fotografií ze SEM a část jsem použila k tvorbě trvalých preparátů a fotodokumentaci na světelném mikroskopu. Ve svých vzorcích se mi bohužel nepodařilo obsáhnout všechny skupiny půdních členovců, které jsem chtěla do atlasu zanést, proto jsem musela využít sbírky RNDr. Jana Mourka, Ph.D. a sbírky na Katedře biologie a environmentálních studií na PedF UK v Praze.

Moje vzorky (7) a doplňkové vzorky jiných sběratelů (6):

1 – Louka u lesa, 22. 7. 2012, Cetoraz, sbírala: Jana Dvořáková

Vhodné pro zařazení do atlasu: chvostokoci, čmelíkovci, pavouci, roztoči

Zástupci použití k fotodokumentaci na SEM: chvostokoci, čmelíkovci, pavouci, roztoči

2 - Les, 22. 7. 2012, Cetoraz, sbírala: Jana Dvořáková

Vhodné pro zařazení do atlasu: chvostokoci, roztoči, čmelíkovci

Zástupci použití k fotodokumentaci na SEM: chvostokoci, roztoči, čmelíkovci

Zástupci použití k fotodokumentaci na světelném mikroskopu/binokulární lupě: roztoči, čmelíkovci

3 - Koupaliště, 19. 8. 2012, Vysoké nad Jizerou, sbírala: Jana Dvořáková

Vhodné pro zařazení do atlasu: čmelíkovci, stonožky, stonoženky, chvostokoci, pancířníci

Zástupci použití k fotodokumentaci na SEM: čmelíkovci, stonožky, stonoženky, chvostokoci, pancířníci

4 - Kompost, 19. 8. 2012, Vysoké nad Jizerou, sbírala: Jana Dvořáková

Vhodné pro zařazení do atlasu: chvostokoci, čmelíkovci

Zástupci použití k fotodokumentaci na SEM: chvostokoci

5 – Les u pole za chalupou, 28. 9. 2012, Vysoké nad Jizerou, sbírala: Jana Dvořáková

Vhodné pro zařazení do atlasu: chvostokoci, pancířníci, čmelíkovci, stonožky

Zástupci použití k fotodokumentaci na světelném mikroskopu/binokulární lupě: stonožky

6 – Koupelna, 8. 4. 2011, Praha – Vinohrady, sbíral: Pavlína Vožická

Vhodné pro zařazení do atlasu: štírci

Zástupci použití k fotodokumentaci na světelném mikroskopu/binokulární lupě: štírci

7 - Potok Jordán – louka, 20. 5. – 14. 6. 2003, Černožice, sbírali: P. Moravec, P. Vonička

Vhodné pro zařazení do atlasu: chvostokoci, pancířníci, štětinovky

Zástupci použít k fotodokumentaci na SEM: chvostokoci, pancířníci, štětinovky

Zástupci použít k fotodokumentaci na světelném mikroskopu/binokulární lupě:
chvostokoci, pancířníci

8 – Břeh potoka před domem, 21. 9. 2009, Čelákovice, sbírala: Jana Dvořáková

Vhodné pro zařazení do atlasu: stínky

Zástupci použít k fotodokumentaci na světelném mikroskopu/binokulární lupě: stínky

9 – Les – Dykova skála, 30. 10. 2010, Vysoké nad Jizerou, sbírala: Jana Dvořáková

Vhodné pro zařazení do atlasu: mnohonožky, pancířníci, chvostokoci

Zástupci použít k fotodokumentaci na světelném mikroskopu/binokulární lupě:
mnohonožky, pancířníci, chvostokoci

10 – Les, 30. 10. 2010, Dobřichovice, sbíral: Ondřej Solnička

Vhodné pro zařazení do atlasu: stonoženka, čmelíkovci, chvostokoci

Zástupci použít k fotodokumentaci na SEM: stonoženka, čmelíkovci, chvostokoci

11 – Les, 29. 5. 2006, Karlštejn, sbíral: Jan Mourek

Vhodné pro zařazení do atlasu: stonožky, pancířníci, chvostokoci, sametka, larva kovařika,
larva brouka, čmelíkovci, sametkovci

Zástupci použít k fotodokumentaci na SEM: stonožky, pancířníci, chvostokoci, sametka,
larva kovařika, larva brouka, sametkovci

Zástupci použít k fotodokumentaci na světelném mikroskopu/binokulární lupě:
chvostokoci, larva hmyzu, čmelíkovci

12 – Les, 17. 5. 2010, Pouzdrany, sbíraly: Soňa Nikolovová, Tereza Odcházalová

Vhodné pro zařazení do atlasu: zemivky, pavouci, roztoči, chvostokoci

Zástupci použít k fotodokumentaci na SEM: zemivky, roztoči, chvostokoci

Zástupci použít k fotodokumentaci na světelném mikroskopu/binokulární lupě: zemivky,
pavouci

13 – Les, 11. 8. 2004, Kriváň, Malá Fatra, sbíral: Jan Mourek

Vhodné pro zařazení do atlasu: pavouci, pancířníci, čmelíkovci

Zástupci použít k fotodokumentaci na SEM: pavouci

Terčíky s preparáty pro SEM – vyfoceno:

- 1 – chvostoscoci - srostločlenky (vzorek č. 4), pancířníci (vzorek č.11).
- 2 – chvostoscoci – bez furky (vzorek č. 12), zemivky (vzorek č. 12), čmelíkovci (vzorek č. 12), pancířníci (vzorek č. 12)
- 3 – stonožky (vzorek č. 3), pancířníci (vzorek č. 3), chvostoscoci – srostločlenky (vzorek č. 7), pancířníci (vzorek č. 7), pancířníci (vzorek č. 2), chvostoscoci – bez furky (vzorek č. 3), čmelíkovci (vzorek č. 3), stonožky (vzorek č. 3)
- 4 – stonožky (vzorek č. 10), čmelíkovci (vzorek č. 10), stonožky (vzorek č. 11), sametkovci (vzorek č. 11)
- 5 – čmelíkovci – samec (vzorek č. 11), larvy – dvoukřídlého hmyzu, brouka, kovaříka (vzorek č. 11), chvostoscoci – mákovka (vzorek č.11)
- 6 – štětinovky (vzorek č. 7), pancířníci (vzorek č. 7), chvostoscoci – volnočlenky (vzorek č. 1), čmelíkovci – kruhový štít (vzorek č. 1)

Terčíky – nalepeno, nevyfoceno:

- 1 – zemivky (vzorek č. 11), pavouci (vzorek č. 13), 4 – stonožky (vzorek č. 11), 6 – pavouci (vzorek č. 1)

Trvalé preparáty – vyfoceno (vlastní preparáty):

Neprosvětlované - stonožky (vzorek č. 5), chvostoscoci – srostločlenky (vzorek č. 7), chvostoscoci – volnočlenky (vzorek č. 9), chvostoscoci (vzorek č. 5)

Prosvětlované - štírci (vzorek č. 6), larvy brouků (vzorek č. 11), chvostoscoci (vzorek č. 11), pancířníci (vzorek č. 2, 7, 9, 11), stínky (vzorek č. 8), čmelíkovci (vzorek č. 2, 5)

Trvalé preparáty – vyfoceno (preparáty zapůjčené na PedF UK v Praze):

Neprosvětlované: vidličnatky, chvostoscoci, hmyzenky, zákožkovci, sametkovci, čmelíkovci, larvy kmyzu

3.3 Příprava preparátů pro SEM

Většinu přípravy praktické část práce jsem absolvovala na Přírodovědecké fakultě UK v Praze, především v Laboratoři elektronové mikroskopie, kde se jednalo především o přípravu vzorků a jejich následné fotografování na skenovacím elektronovém mikroskopu. Část přípravy jsem absolvovala i doma, za laskavého zapůjčení veškerého potřebného vybavení k práci s binokulární lupou a k tvorbě trvalých preparátů z Pedagogické fakulty UK v Praze.

3.3.1 Vysušení vzorků a převedení do acetonu

Nejprve jsem vzorky převedla do speciálních, oboustranně propustných, uzavíratelných plastových košíčků, vyrobených z plastových mikrozkmavek s přitavenou hustou tkaninou (hustota je různá podle velikosti půdních bezobratlých živočichů) (viz Obr. 3).



Obr. 3: Košíčky, ve kterých se vzorky odvodňují vzestupnou alkoholovou řadou a vkládají se do aparatury pro vysoušení. Foto Jana Dvořáková, 2013.

Košíčky jsem označila číslem daného vzorku tak, že jsem ho do boční stany košíčku vyryla jehlou (nalepovací štíty nejsou vhodné, 100% ethanol je odlepí a tak se může stát, že se vzorky pomíchají).

Poté jsem vzorky odvodnila převedením do 100% ethanolu. Prakticky to vypadalo tak, že jsem košíčky se vzorky půdních bezobratlých vyjmula z nádoby se zředěným lihem a přemístila do nádoby se 100% ethanolem. Jelikož při prvním přesunu na košíčcích ulpí malé množství 70% ethanolu, které 100% ethanol naředí, provedla jsem tento přesun ještě jednou, vždy po cca 30 min.

Poté jsem vzorky nechala vysušit metodou kritického bodu ve speciálním přístroji Bal-Tec CPD 030 (provedl Mgr. Miroslav Hyliš, PhD., Laboratoř elektronové mikroskopie UK, Přírodovědecká fakulta UK v Praze) (viz Obr. 4).



Obr. 4: Aparatura pro sušení metodou kritického bodu Bal-Tec CPD 030 v Laboratoři elektronové mikroskopie, Přírodovědecká fakulta UK v Praze. Foto Jana Dvořáková, 2013.

3.3.2 Upevnění vzorku

Vysušené objekty jsem upevňovala na hliníkové nosné terčičky pomocí pinzety, štětečku a jehly. Opatrně jsem vysušené půdní bezobratlé živočichy převedla z košíčků na Petriho misku. Pod binokulární lupou jsem si z Petriho misky vybrala daný objekt a nalepila jsem ho na terčič v požadované poloze. Zde je potřeba dávat pozor, vzorky jsou totiž po vysušení velmi křehké a snadno se poničí, také jsou velmi lehké, a tudíž je důležité dbát na to, aby někam neodlétly, například vlivem průvanu, kýchnutí apod.

Existují dva nejpoužívanější způsoby lepení jedinců na nosné terčíky podle jejich velikosti. Pro větší bezobratlé živočichy je vhodnější lepení pomocí pryskyřice zn. Tempfix. V tomto případě jsem postupovala tak, že jsem na rozehřátý nosný terčík (na 120°C) nanesla malý kousek pryskyřice a nechala ho roztát. Poté jsem ho rozetřela po celé ploše terčíku pomocí krycího sklíčka a v tomto momentu jsem na něj mohla začít lepit vybrané jedince. Nevýhodou tohoto způsobu je, že pryskyřice postupně tuhne, takže jsem ji musela neustále znovu nahřívat. Výhodou je pak pravidelný povrch, který nepraská a možnost využít celý povrch nosného terčíku. Drobnější objekty se však mohou v rozehřáté vrstvičce pryskyřice "utopit".

Pro menší bezobratlé živočichy jsem používala speciální, oboustranně samolepící terčík, který jsem jednoduše na nosný terčík nalepila a na něj jsem hned pod binokulární lupou mohla lepit vzorky. Nevýhodou této metody je, že po pozlacení na několika místech praská a praskliny mohou na fotografiích rušit a také nás prostorově omezuje ve využití celé plochy nosného terčíku.

Lze také použít oboustrannou uhlíkovou lepicí pásku, ale ta má nerovný povrch a vytváří rušivé pozadí.

Při přípravě vzorků v rámci diplomové práce jsem použila jen způsob upevnění pomocí oboustranného lepicího terčíku a zaplnila jsem 6 nosných terčíků. Druhou možnost upevnění pryskyřicí uvádím proto, že jsem tento typ upevnění použila v bakalářské práci, mám s ní zkušenost a pro práci s většími jedinci je vhodnější. Některé fotografie, které jsem použila pro současnou verzi výukového atlasu půdních členovců, pocházejí ze vzorků upevněných tímto způsobem.

Pozlacení vzorků probíhalo v naprašovacím zařízení Bal-Tec SCD 050 v argonové plazmě (viz Obr. 5, 6).



Obr. 5: Naprašovací zařízení Bal-Tec SCD 050 v Laboratoři elektronové mikroskopie, Přírodovědecká fakulta UK v Praze. Foto Jana Dvořáková, 2013.



Obr. 6: Pozlacené nosné terčičky s nalepenými živočichy pro pozorování pomocí SEM. Foto Jana Dvořáková, 2013.

3.4 Pozorování a fotodokumentace vzorků pomocí SEM

K pozorování a fotodokumentaci vzorků jsem používala skenovací elektronový mikroskop SEM JEOL 6380 LV v Laboratoři elektronové mikroskopie na Přírodovědecké fakultě UK v Praze (viz Obr. 7). Práce začíná zapnutím SEM a počítače (provádí asistent laboratoře), mikroskop k fungování mimo jiné potřebuje i chlazení, takže je nutné zapnout vodu.

SEM je při práci pod vakuem, takže abych ho mohla otevřít, musela jsem ho nejdříve zavzdušnit. Poté je možné vysunout panel, ve kterém je umístěn na pohyblivý stolek určený k upevnění vzorku. Abych vzorky nebo vnitřní část mikroskopu neznečistila, nasadila jsem si gumové rukavice. Nyní jsem mohla bez obav pracovat. Ve správné poloze jsem vysunula z pohyblivého stolku vyjímatelnou část, do které jsem vložila vzorek a upevnila ho pomocí oboustranné samolepící pásky zesponu a šrouby ze stran tak, aby při naklápění vzorek nevypadl. Poté jsem mikroskop zavřela a nastavila ve vnitřním prostoru vakuum. SEM je propojen s počítačem a pomocí mechanických madel, které mi umožňovaly pohyb nahoru a dolů, do stran a rotaci, jsem si nastavila příslušný objekt do žádané polohy, vyladila jsem ostrost a astigmatismus. Astigmatismus jsem ladila nejlépe na nějaké nečistotě mimo vzorek, aby se mi vzorek zbytečně nenabíjel při následné fotodokumentaci. Dále je možné s objektem různě manipulovat, otáčet ho, naklápět apod. podle toho, v jaké poloze jsem chtěla mít daného jedince zdokumentovaného (samozřejmě jsem byla omezena plochou, kterou je jedinec přilepený k terčíku). Často jsem upravovala zvětšení, kontrast a světlost obrázku, méně často velikost urychlovacího napětí (velikost urychlovacího napětí či hodnotu spot size jsem měnila – snižovala - většinou jen při nabíjení vzorků, které vytváří nevzhledné pruhy před fotografií, ale má to své nevýhody, při moc nízkém napětí totiž dochází ke zhoršení kvality fotografie).

Při fotodokumentaci jsem u větších objektů nejčastěji využívala zvětšení v rozmezí 40 – 90x, u menších objektů a detailů 120 – 370x. Velikost urychlovacího napětí jsem používala 15, 20 nebo 25kV. Fotografie jsem ukládala ve formátu TIF (Tagged Image File Format) a upravovala v programu Microsoft Office Picture Manager a Picasa 3. Fotodokumentací pomocí SEM jsem strávila celkem asi 15 hodin.



Obr. 7: Skenovací elektronový mikroskop JEOL 6380 LV v Laboratoři elektronové mikroskopie Přírodovědecká fakulta UK v Praze. Foto Jana Dvořáková, 2013.

3.5 *Příprava preparátů pro světelnou mikroskopii*

Před samotnou přípravou preparátů pro světelnou mikroskopii jsem si vzorky rozdělila na ty, které bude třeba prosvětlit a na ty, které prosvětlit kyselinou mléčnou potřeba nebude. Někteří zástupci (především pancířníci a čmelíkovci) mají totiž velmi tmavou (silnou) kutikulu na povrchu těla, která by mohla znemožnit průnik světla v mikroskopu a tím i samotné mikroskopování a fotodokumentaci anatomických útvarů na tělech jednotlivých zástupců. Nejdříve jsem vybrané živočichy nechala na filtračním papíře, dokud se z nich neodsál přebytečný ethanol. Pak jsem vybrané zástupce ponechala 1 den namočené v kyselině mléčné, která lehce jejich povrch prosvětčila. Poté jsem z nich opět nechala odsát přebytečnou kyselinu na filtračním papíře a mohla je použít do trvalých preparátů.

Na očištěné podložní sklíčko jsem kápla větší kapku média Liquide de Fauré a do něj jsem umístila, podle velikosti živočichů, jeden nebo větší počet zástupců a přikryla

kulatým krycím sklíčkem. Když byl živočich větší, použila jsem rozdrčené krycí sklíčko k tomu, abych ho jím obložila a tím vytvořila oporu, která zamezila rozdrčení živočicha. Takto vytvořený preparát jsem nechala alespoň týden zaschnout a poté mikroskopovala. Ještě je možné okraj kulatého sklíčka orámovat průhledným lakem na nehty, který zabrání vyschnutí média (stejný postup při tvorbě trvalých preparátů jsem použila i u neprosvětlovaných preparátů, vyjma prosvětlení v kyselině mléčné).

3.6 Fotodokumentace vzorků pomocí světelného mikroskopu

K pozorování a fotodokumentaci trvalých preparátů jsem použila mikroskop s integrovanou kamerou Motic na katedře biologie na Pedagogické fakultě UK v Praze a k fotodokumentaci program Motic Images Plus 2.0 ML a také vlastní fotoaparát. Na takovémto mikroskopu se mikroskopuje obvyklým způsobem, jen je tu možnost připojení přes USB k počítači, ve kterém jsem ve výše zmíněném programu pořídila některé z fotografií. Zbytek jsem kvůli mému subjektivnímu pocitu o lepší kvalitě obrazu vyfotografovala obyčejným kompaktním fotoaparátem přiložením k okuláru. Také je na tomto mikroskopu možnost použití fázového kontrastu, který jsem využila při fotodokumentaci některých velmi světlých členovců, jako jsou například nepigmentované formy chvostoskoků a vidličnatky.

Na začátku práce jsem vždy zapojila mikroskop do zdroje energie a propojila ho pomocí USB kabelu s notebookem, ve kterém je nainstalován výše zmíněný program k fotodokumentaci, zapnula počítač a program. Poté jsem na mikroskopu seštelovala světlo a nastavila kondenzor, aby obraz byl ostrý, clona na kondenzoru zvýší kontrast. V programu je možné nastavovat mnoho vlastností kamery, já jsem nejčastěji používala nastavení clony a času. Nejdříve jsem použila automatické nastavení a pak jsem vše doladila tak, aby byl obraz ostrý. Také lze seštelovat barvy a měnit rozlišení. Kliknutím na ikonku fotoaparátu jsem daný obraz v mikroskopu vyfotila a díky další ikoně uložila ve vybraném formátu, většinou .jpg nebo .tif.

Když jsem chtěla použít fázový kontrast, musela jsem použít speciální objektiv a posunout destičku mezi stolkem a kondenzorem na destičku fázovou, která se od normální liší tím, že je tmavá s průhledným kroužkem uprostřed (fázový objektiv má naopak pouze tmavý kroužek uprostřed) a tak umožní vytáhnout z nevýrazného obrazu detaily.

V programu Helicon Focus lze také jednotlivé, různě zaostřené fotografie skládat do jedné a tím dosáhnout dokonale ostrého obrazu. Program pouhým kliknutím na mnou vybrané fotografie je skládá dohromady (překládá přes sebe). Tento postup jsem však využila jen u některých detailů, jelikož překrývání jednotlivých obrazů vytváří v programu řadu artefaktů a jejich odstranění je časově náročné a někdy je nelze odstranit úplně. Retušování jsem prováděla tak, že místo, na kterém byl artefakt, jsem opravila podle fotografie, na které bylo dané místo nejostřejší (probíhá to podobně, jako při gumování v programu malování). Při mikroskopování jsem nejčastěji používala zvětšení 4x u velkých jedinců a zvětšení 10x – 20x u malých jedinců nebo detailů. Práce na světelném mikroskopu mi zabrala asi 7 hodin.

3.7 Metodika tvorby internetového výukového atlasu

3.7.1 Program NVU

Původně jsem ke tvorbě internetových stránek používala program NVU 1.0. Je to jeden z těch jednodušších programů a jelikož nejsem moc technicky zdatná, zdál se být pro mě vhodný. Lze ho snadno zdarma stáhnout z internetu a navíc s ním už měla kolegyně Mgr. Radka Ondrová zkušenosti a tak jsem věděla, že se v případě problémů mám na koho obrátit.

Před začátkem práce jsem si musela pečlivě promyslet, jak by měly stránky vypadat a to z toho důvodu, že po vytvoření “kostry“ stránek jsem ji musela rozkopírovat na ostatní podstránky, aby všechny měly stejný vzhled a to by po pozdějších změnách bylo obtížné a musela bych přepracovat a překopírovat vše od začátku. V “kostře“ jsem ještě vytvořila provázanost jednotlivých podstránek, tzn. odkazy k jednotlivým bodům (tématům). To není obtížné, jen zdlouhavé. Odkazy stačí vytvořit vždy na první straně každého tematického celku, ty se poté rozkopírují do podstránek a jsou aktivní. Dále jsem ke každé “kostře“ vytvořila pozadí, nahrála fotografie vše, co jsem chtěla mít na každé stránce dané sekce jako podklad (základ). Poté už jsem “kostru“ mohla rozkopírovat. V každé podsekcí jsem pak doplnila požadovaný text, případně obrázky nebo nahrála soubory ke stažení.

Vytvoření pododkazů jednotlivých sekcí jsem mohla udělat až ve chvíli, kdy jsem měla jednotlivé podstránky vytvořené a uložené ve složce náležící k programu.

Odkazy lze vytvořit i z obrázků, což jsem použila na stránce “Atlas půdních členovců“, kde jsem odkaz vytvořila nejen z textu, ale i z obrázků k nim přiložených.

Program je jednoduchý, podobný Microsoft Word nebo Microsoft Power Point, ale s některými problémy jsem si nevěděla rady.

První problém nastal ve chvíli, kdy jsem potřebovala v levém sloupci vytvořit tabulku s odkazy na podskupiny dané sekce a zároveň psát do oblasti vpravo od tohoto sloupce text. To totiž program neumožňuje. Nelze ale ani vložit další tabulku vedle té v levém sloupci. To jsem vyřešila na základě rady kolegyně Mgr. Radky Ondrové tak, že jsem nejprve vložila jednu velkou tabulku a do ní teprve tu, kterou jsem chtěla použít jako levý sloupec s výčtem podsekcí (velká tabulka musela být navíc složená ze dvou oken vedle sebe, aby text nepřiléhal těsně k levému sloupci). Tento postup mi tedy poněkud prodloužil práci, jelikož jsem tak musela přepracovat celý program, jelikož došlo k narušení již výše zmíněné “kostry“.

Dalším problémem, na který jsem při tvorbě programu narazila, bylo, že i přes to, že jsem celý text (tabulky s texty) měla zarovnané na střed, v reálu se mi na stránce na střed zarovnával jen nadpis a “tělo“ stránky zůstávalo nevhledně přisazené k levému okraji obrazovky. Tento problém se vyskytl pouze při otevření stránky v prohlížeči Internet Explorer, v Google Chrome jsem tento problém neměla a tak jsem atlas otvírala raději v tomto prohlížeči.

Další věc, na kterou je jsem si musela dát pozor je, že všechny stránky a podstránky je potřeba všechny ukládat do jedné složky bez interpunkce a také do této stejné složky ukládat i všechny ostatní soubory, které chceme na stránky vložit (fotky, texty apod.) a ty také přejmenovat bez interpunkce, jinak se na stránky nenahrají.

Největším problémem ale bylo, když jsem potřebovala vytvořit ikonky pro materiály ke stažení tak, aby se nejednalo pouze o odkazy na další webové stránky, ale opravdu materiály ke stažení ve formě, ve které chci a by bylo možné je stáhnout, tzn. word, powerpoint apod. Tento problém jsem bohužel nebyla schopna já, ani kolegové, kteří s tímto programem pracovali, vyřešit. Na základě tohoto zásadního problému a také proto, že vytvořené stránky nevypadaly úplně profesionálně (alespoň v mém podání), jsem se rozhodla na poslední chvíli změnit program, ve kterém stránky udělám a to ve fázi, když už jsem měla stránky skoro hotové a několik dní jsem na nich pracovala. K nahrávání souborů jsem se rozhodla až v průběhu tvorby stránek, takže jsem si předem nezjišťovala, zda to lze a jak to v tomto programu udělat, ale když už jsem materiály ke stažení vytvořila, bylo mi líto je nepoužít.

3.7.2 Weby Google

Stránky jsem nakonec udělala v programu Weby Google (<https://sites.google.com/site/pudniclenovci/>), který je volně přístupný všem, kdo mají zřízený účet na google.cz. Do práce s touto aplikací mě zaškolil PhDr. Petr Novotný. Po přihlášení do účtu, je v horní liště možnost weby, kde lze webovou stránku jednoduše vytvořit, vložit jeho název a šablonu (styl písma, pozadí, barvy atd.). Práce v tomto programu je mnohem jednodušší a velice intuitivní. Jedním z hlavních výhod je také profesionální vzhled stránek, které už mají vytvořená pole pro vkládání textů a obrázků i levý sloupec pro rozcestník apod. Ovládání probíhá pomocí dvou ikonek v pravém horním rohu, jsou zde tužka, list se znaménkem plus a další (zde je možné stránku přesunout, smazat, vytisknout apod.).

List se znaménkem plus slouží k vytvoření nové stránky, tímto jsem začínala, abych si vytvořila všechny stránky, které budu potřebovat. Při vytváření nové stránky (listu), jsem zadala vždy název stránky (ten se poté zobrazí v levém sloupci) a vybrala jsem umístění. Nejdříve jsem vytvořila hierarchicky nadřazenou sekci, pod kterou jsem poté ukládala podřazené sekce. Když jsem měla vytvořené všechny potřebné stránky, mohla jsem pokračovat dál. Vytvořila jsem tedy sekce ÚVOD, ATLAS PŮDNÍCH ČLENOVCŮ, která obsahuje podsekce Chvostokoci, Hmyzenky, Larvy hmyzu, Pavouci, Štírci, Mnohonožky, Stonožky, Stonoženy, Stínky, Pancířníci, Čmelíkovci, Zákožkovci, Sametkovci,

Vidličnatky a sekci MATERIÁLY KE STAŽENÍ, která obsahuje podsekce Atlas půdních členovců, Didaktický test, Křížovka, Pracovní list, Terénní a laboratorní práce a Výuková prezentace.

Ikona tužky umožňuje úpravy na dané stránce. Po jejím stisknutí se zobrazí panel nástrojů, který umožňuje dělat úkony podobně jako v Microsoft Word a to změna typu, barvy, velikosti písma, nadpisové styly, zarovnání, tučné, kurzíva, podtržené apod. Také se v liště nachází značka, která slouží k rychlému vytvoření odkazu, je to pomlčka v závorkách. Nad lištou jsou možnosti VLOŽIT, FORMÁT, TABULKA (možnosti týkající se tabulek) A ROZLOŽENÍ (možnosti týkající se rozvržení stránky). VLOŽIT umožňuje vložit obrázek, graf, obsah, tabulku, ale i odkaz, složku, prezentaci apod. FORMÁT slouží k formátování nadpisů, tvorbě indexů apod. Upravovat je také samozřejmě možné nadpis a samotný text stránky. Pro jakýkoli další krok je nutné stávající stránku uložit. Ze všeho nejdřív jsem do každé jednotlivé stránky vložila text atlasu odpovídající dané skupině půdních členovců i s fotografiemi a nadpisy i texty jednotlivých kapitol jsem naformátovala. Poté jsem vložila obsah, který je aktivní, tzn., že je možné kliknout na kapitolu a obsah sám nalistuje danou kapitolu v textu.

Ikona DALŠÍ po rozbalení skrývá možnosti úpravy dané stránky, jako přesun do jiné sekce, smazání stránky, úprava rozvržení stránky apod., těchto možností jsem často využívala.

Do záhlaví jsem chtěla vložit pás fotografií ze SEM. Pás fotografií jsem vytvořila v programu Malování, přičemž jsem využila rozměry 200 x 1000 px. Na stránky jsem je vložila přes Další – Upravit rozvržení webu, kde jsem po kliknutí na záhlaví nahrála požadovanou fotografii.

Jediným omezením tohoto programu je kapacita a to 100MB, takže bylo nutné vyřešit, jakým způsobem budu vkládat to velké množství fotografií na stránky. Fotografie jsem nechtěla komprimovat, abych zachovala jejich kvalitu. Proto jsem zvolila jinou variantu - uložila jsem je do alba na webu Picasa a ze stránek na toto album odkazovala, čímž jsem dosáhla toho, že fotografie se na stránkách zobrazila, ale nezabírala tam kapacitně žádné místo. Fotografie jsem na stránky nekopírovala ze složky v počítači, ale vkládala přes stránky, kde vlevo nahoře je možnost VLOŽIT – Fotka Picasy.

Stejně tak jsem postupovala při vkládání materiálů ke stažení, tj. dokumentů,

prezentací apod. Ty jsem nahrála do úložiště dokumentů Google Disk, ze kterého jsem je na stránky vkládala. Nahrávala jsem je obdobně jako fotografie přes VLOŽIT - Dokument, Prezentace apod. Na stránce se pak odkaz objeví formou náhledu, takže si návštěvník může daný dokument nejdříve prohlédnout a poté, pokud se mu hodí, stáhnout. Dokumenty na Google Disk jsem musela nahrávat v co nejnovější verzi Microsoft Office, která mi byla dostupná, protože Google Disk dokumenty převádí do svého vlastního formátu a starší verze rozhodí a dokumenty nevypadají tak, jak jsem původně chtěla.

V atlase i na webových stránkách jsou také umístěny fotografie se šípkami, které ukazují na některé důležité anatomické znaky dané skupiny. Ty jsem vytvořila v programu Power Point, kam jsem vždy nakopírovala požadovanou fotografii, vložila šipku (vložit – tvary), změnila její barvu, velikost a směr podle potřeby a poté sloučila s obrázkem, aby při změně velikosti fotografie směřovala pořád na stejné místo. Odtud jsem si ji přes Malování, kde jsem fotku i se šípkami doupravila, uložila.

Do příloh (na stránkách do sekce materiály ke stažení) jsem vložila ještě několik materiálů, které mohou sloužit jako inspirace pro učitele, kteří tento tematický blok vyučují. Jde o didaktický test, který jsem vytvořila při studiu na Pedagogické fakultě UK v Praze v rámci předmětu Tvorba a využití didaktických testů (PhDr. RNDr. Hana Voňková, Ph.D.) a který je otestovaný v praxi. Dále jsem zařadila návrh na výukovou prezentaci na téma půdní členovci i s doprovodným textem. Návrh na laboratorní práce pochází z praktických hodin Půdní biologie (RNDr. Jan Mourek, Ph.D.) a ostatní materiály (pracovní list, didaktická hra) jsem vytvořila až pro účely diplomové práce na základě zkušeností z předmětů Didaktika biologie I a II (RNDr. Lenka Pavlasová, Ph.D.) a z vlastní pedagogické praxe na základní škole a gymnáziu. Na stránkách je v sekci MATERIÁLY KE STAŽENÍ vložen i celý Atlas půdních členovců.

Formu internetových stránek jsem si vybrala proto, že stále ještě interaktivní tabule na všech školách nejsou, zato možnost připojení k internetu ano, tudíž jsem usoudila, že je tato forma dostupnější a snadněji přístupná pro více učitelů a dětí.

Text jsem v elektronické podobě atlasu zpracovala do následujících sekcí:

- SYSTÉM, kde jsem uvedla systematické zařazení dané skupiny půdních členovců
- ANATOMIE A MORFOLOGIE, kam jsem zahrнула anatomické a morfologické znaky dané skupiny
- BIOLOGIE A VÝZNAM, zde jsou uvedeny informace o tom, kde žijí, čím se živí, jak se vyvíjí jedinci dané skupiny, popř. i početnost a zajímavosti
- ZÁSTUPCI, kde jsem uvedla nejběžnější půdní zástupce dané skupiny žijící u nás
- FOTOGALERIE, kam jsem zařadila pouze vlastnoručně vytvořené fotografie ze SEM i světelného mikroskopu
- POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE, kde jsou ke každé sekci uvedeny zdroje literatury, ze kterých jsem při jejich tvorbě čerpala.

K diplomové práci přikládám CD, na kterém jsou náhledy vytvořených webových stránek a soubory ke stažení.

4. Výsledky

4.1 *Vlastní atlas půdních bezobratlých*

Vlastní interaktivní výukový program (viz webová stránka - <https://sites.google.com/site/pudniclenovci/>) je fotografický atlas půdních členovců (upravená a rozšířená verze atlasu z mé bakalářské práce Dvořáková, 2010), doplněný o nové fotografie jak ze SEM, tak ze světelného mikroskopu. Dále jsou doplněny návrhy na didaktický test, pracovní list, terénní a laboratorní práci, didaktickou hru a výukovou prezentaci tematicky zaměřené na půdní členovce, které jsou umístěny v kapitole přílohy. Tento atlas je pracovaný ve formě webové stránky, která má být dostupná všem zájemcům o tuto problematiku, především však učitelům, kterým by mohla být vodítkem a pomocí při přípravě na výuku této problematiky.

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (CHELICERATA)

Třída: PAVOUKOVCI (ARACHNIDA)

Řád: pavouci (Araneida)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

Tělo pavouků je členěno na **hlavohrud' a zadeček**, zadeček je k hlavohrudi připojen tenkou stopkou (Obr. 9). Tenké stopkovité napojení zadečku na hlavohrud' umožňuje velkou pohyblivost zadečku, kterou pavouci využívají při předení sítí nebo balení kořisti do pavučiny.

Na hlavohrudi je umístěno **6 nebo 8 jednoduchých očí** a celkem 6 párů končetin. Oči jsou seskupené do dvou příčných řad nebo jsou po stranách skupinky po třech očích. Tykadla chybí. Klepítka (**chelicery**) jsou dvoučlánkové, opatřené jedovou žlázou, subchelátního

typu. Makadla (**pedipalpy**) mají dospělí samci upravené v sekundární pářící (kopulační) orgány (Obr. 8). Před vlastním pářením vypouštějí sperma na speciální pavučinku a pak ho nasávají do pedipalp, aby ho mohli předat do semenné schránky (někdy pohlavní destička neboli epigyne) samice. Vlastní samčí pářící orgán, tzv. **bulbus**, se nachází v rozšířeném místě na chodidlech pedipalp. Samičky mají makadla výrazně užší než samci, bez pářícího orgánu. Pavouci mají **4 páry kráčivých nohou**, na kterých mají chloupky sloužící k vnímání vzdušných vln (Obr. 8).

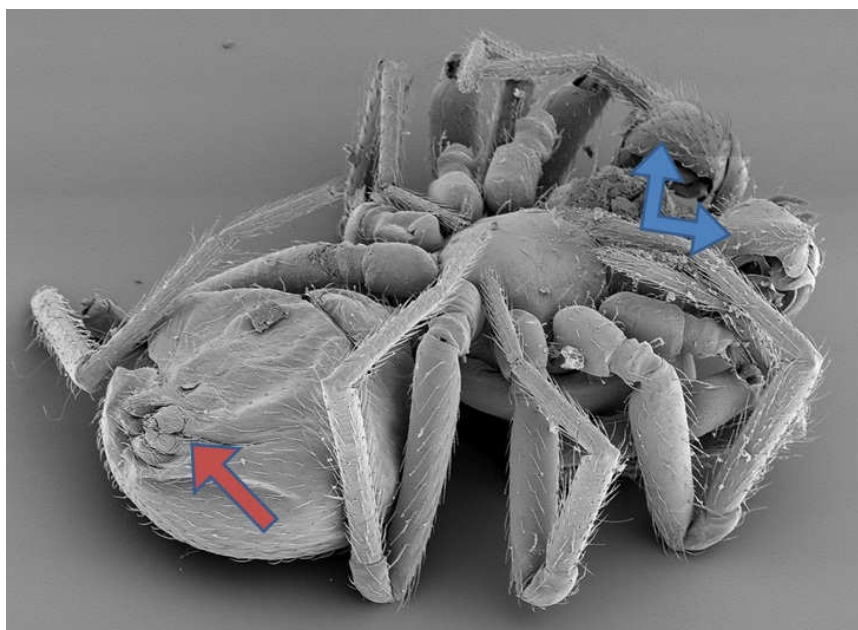
Zadeček pavouků je měkký, obvykle nečláňovaný, bez nohou, na konci nese **snovací bradavky** (většinou 3 páry, u některých primitivních skupin 4 páry), které vznikly přeměnou zadečkových končetin. Snovací bradavky jsou přeměněné končetiny (Obr. 8). Ústí na nich snovací žlázy, ze kterých se vytváří hedvábná pavučinová vlákna (sekret žláz na vzduchu tuhne a vytváří se vlákno asi 4 mikrometry silné).

Kromě snovacích žláz je u některých čeledí pavouků vytvořeno tzv. **kribellum**, tj. dírkovaná destička, která slouží k tvorbě ultrajemného vlášení. Toto vlášení je vyčesáváno tzv. kalamistrem, což je hřebínek brv na nohách. Pavouci, kteří jsou vybaveni kribellem nepotřebují lep, kribellové vlášení má totiž vysoký stupeň přilnavosti.

Na břišní straně zadečku leží vývody pohlavních žláz. Po stranách pohlavních vývodů leží **plicní vaky** (1 - 2 páry) kryté víčky, kterými pavouci dýchají (buď jen plicní vaky, nebo v kombinaci se vzdušnicemi).

Vylučování probíhá coxálními žlázami a malpighickými trubicemi nebo nefrocyty.

Pavouci mají **dobře rozvinuté smysly**, velmi dobře vnímají tepelné, pachové a mechanické podněty.



Obr. 8: Pavouk z čeledi Linyphiidae, samec, břišní pohled. Červená šipka ukazuje na 3 páry snovacích bradavek, modrá šipka na druhotné kopulační orgány na makadlech, podle kterých poznáme, že jde o samce. Patrné je i tenké napojení zadečku na hlavohruď. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Pavouci jsou **gonochoristé**, to znamená, že mají oddělená pohlaví (zvlášť samci a zvlášť samičky). U pavouků je také patrný silný **pohlavní dimorfismus**. Samečci bývají menší než samičky, ale většinou jsou výrazněji zbarvení a mají druhotné kopulační orgány na makadlech. Spermie uložené ve spermatoforech přenáší sameček pedipalpami do semenné schránky samice, samičky potom zapřádají nakladená oplozená vajíčka do zvláštního zámotku, tzn. **kokonu**. Pavouci pečují o potomstvo.

Všichni pavouci jsou **dravci**, živí se převážně hmyzem, který chytají do sítí nebo přepadají skokem nebo plížením, některé druhy zvládnou uchvátit i kořist většího vzrůstu. Mohou přijímat jen **tekutou potravu**, proto mají před ústním otvorem filtr z chloupků, který brání vniknutí větších částic do trávicí soustavy a tím ucpání výběžků střeva. Po usmrcení kořisti do ní vstříknou trávicí šťávy, po natrávení vznikne tekutý obsah, který následně vysávají. Tomuto jevu se říká **mimotělní trávení**.

Řada pavouků je součástí edafonu. Významní jsou jako predátoři regulující populace ostatních živočichů. Podporují tvorbu humusu (prostřednictvím výkalů) a provzdušňují půdu tvořením chodbiček a nor.

Vlákna ze sekretu snovacích žláz používají pavouci k různým účelům. Někteří pavouci splétají **sítě neboli pavučiny** charakteristického tvaru používané k chytání kořisti. Jiní tvoří tzv. „**babí léto**“, to slouží některým malým druhům pavouků k přemísťování na nová místa a tím k rozšiřování jejich druhu (je to způsobeno pudovými projevy). Tato dlouhá vlákna unášená větrem můžeme vidět většinou koncem léta/začátkem podzimu. Další druhy vláken používají například jako **výstelku hnízd** či k obalení vajíček, tedy k tvorbě **kokonu**.

Zajímavostí je běžný manželský kanibalismus, kdy samička po pohlavním aktu samečka sežere. Pro pavouky jsou charakteristické zasnubní hry před kopulací, které mají ochránit samečky před tím, aby se kořisti sameček nestali předčasně.

Pavouci mají speciální **orgány k vnímání otřesů** a mechanoreceptorické brvy rozmístěné po celém povrchu těla.

Charakteristickým pohybem pavouků je běh. Pavoučí jed slouží při výzkumech pro přípravu léků proti epilepsii. U nás je známo kolem 1000 druhů.

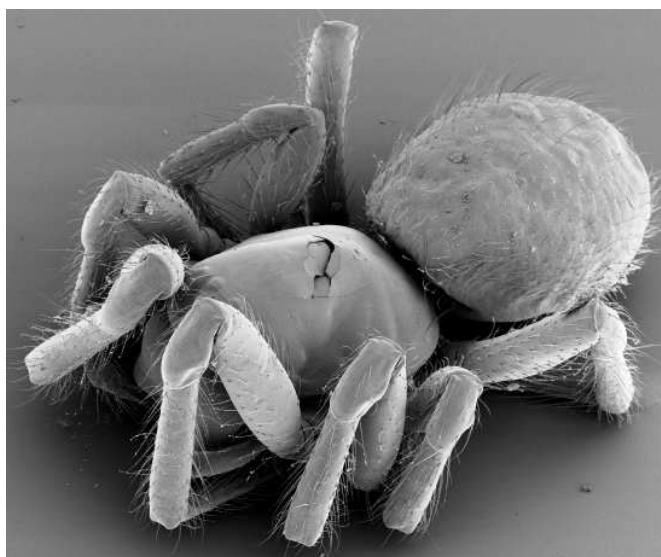
ZÁSTUPCI

Příklady půdních zástupců pavouků:

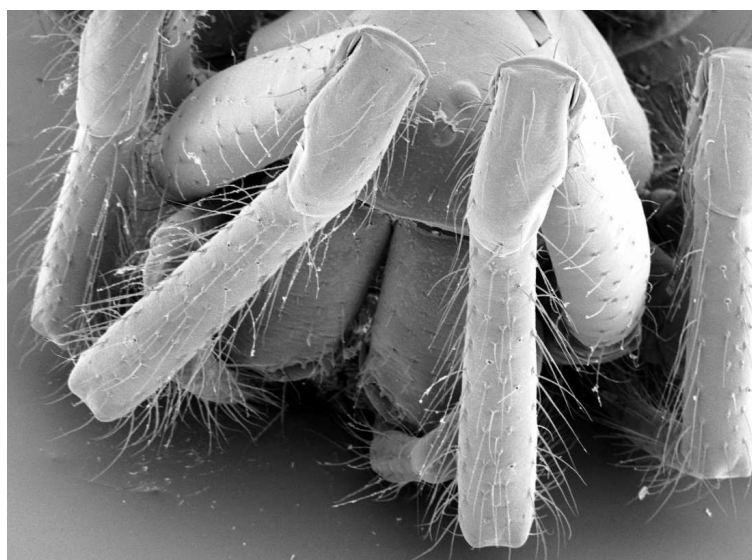
Z podřádu **sklípkani** (Ortognahta, Mygalomorphae) je to např. u nás běžný sklípkánek (*Atypus*), který je asi 1,5 cm velký, chelicery směřují dopředu, má 2 páry plicních vaků a tělo pokryté dlouhými chlupy, žije na okrajích lesů v norách vystlaných pavučinovými trubicemi.

Z podřádu **dvouplícní** (Labidognatha, Araneomorphae) je to např. čeled' slíd'ákovití (Lycosidae), což jsou pavouci menší než 5 cm, chelicery směřují kolmo dolů, mají 1 pár plicních vaků doplněný vzdušnicemi a charakteristickým znakem je pro ně uspořádání očí do tří příčných řad.

FOTOGALERIE



Obr. 9: Pavouk z čeledi Linyphiidae, samice, hřbetní pohled. Patrné je rozdělení těla na hlavohruď a zadeček (ten je silně ochlupen) a 4 páry kráčivých končetin. Vlevo dole na hlavohrudí jsou vidět jednotlivá očka. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 10: Pavouk z čeledi Linyphiidae, samice, detail hlavohrudí s klepítky (chelicerami), mezi prvním párem kráčivých končetin jsou viditelné 2 ze 4 párů očí. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Buchar J., a kol., 1995; Jankovská I., a kol. 2006; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004;
Coleman D. C., a kol., 2004, Miller F., 1971, Hanel L., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (CHELICERATA)

Třída: PAVOUKOVCI (ARACHNIDA)

Řád: štírci (Pseudoscorpionida)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

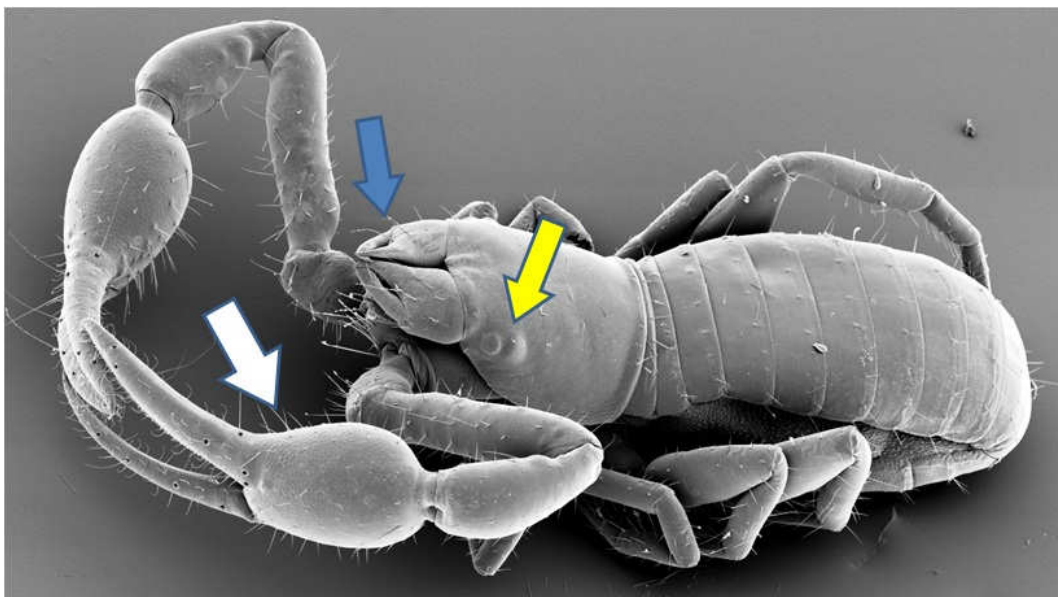
Jsou to 0,8 – 7 mm velcí, běložlutě až černohnědě zbarvení půdní bezobratlí živočichové. Jejich tělo má vejčitý, mírně zploštělý tvar a je pokryto brvami a jemnými hmatovými chlupy.

Tělo mají rozděleno na **hlavohrud'** a **zadeček**. Hlavohrud' je kryta souvislým nečleněným štítem, tzv. **karapaxem**. Na přední části hlavohrudi jsou umístěny 1 – 2 páry očí (Obr. 11 a 12), u některých zástupců ale oči chybějí nebo jsou přítomny jen oční skvrny. Dále jsou na hlavohrudi umístěna drobná dvoučlánková klepítka neboli **chelicery** (Obr. 11 a 16), ty slouží k příjmu potravy, je na nich umístěno tzv. flagellum (několik kratších brv) a snovací hrbolek, kde vyúsťují **snovací žlázy**. Kromě klepítek jsou na hlavohrudi přítomna i mohutná makadla neboli **pedipalpy** s hmatovými brvami, které slouží k uchvacování kořisti. Mají 6 článků, přičemž 1. článek je silně vyvinut v tzv. ruku, kterou tvoří nepohyblivý prst a k němu se nůžkovitě pohybuje 2. článek chodidla. Oba články tvoří **klepeto** (Obr. 11, 12 a 17). Nepohyblivý prst je zakončen velkým zubem s vývodem **jedové žlázy**, kyčle makadel mají funkci čelistí. Štírci mají **4 páry kráčivých nohou**, které vyrůstají z břišní strany hlavohrudi. Na koncích chodidel mají 2 drápky a kuželovitý přichytný ústroj, tzv. arolium, díky němuž se štírci mohou pohybovat po nakloněných i svislých a hladkých plochách.

Zadeček je plochý, bez končetin a má celkem 11 článků. Ze hřbetní i břišní strany je kryt štítky (tzv. tergity na hřbetní a sternity na břišní straně). Na břišní straně mezi 2. a 3.

článkem vyúsťují **pohlavní orgány**, které mají rozlišitelné pohlavní pole (různé u samců a samic). Zadeček není zúžený (jako je tomu u štírů).

Dýchají dvěma páry **vzdušnic**.



Obr. 11: Štírek *Neobisium carcinoides* z čeledi Neobisiidae, samec, celkový pohled. Modrá šipka ukazuje na chelicery, bílá na pedipalpy zakončené klepety. Na bocích hlavohrudi jsou patrné dva páry jednoduchých očí (žlutá šipka). (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Štírci jsou **gonochoristé**, tzn., že mají oddělená pohlaví. Samičky kladou vajíčka v kokonech, samci vytvářejí stopkovité spermatofory, které při zásnubních tancích přilepují k podkladu, aby je samice mohly posbírat. Oplození je vnitřní.

Žijí skrytě v mechu, v půdě, v opadance, pod kameny či pod kůrou stromů. Můžeme je nalézt i v hnízdech ptáků, savců, společenského hmyzu, v jeskyních, ve skladech i v domácnosti. Jakožto organismy žijící v půdě jsou součástí edafonu.

Jsou to **dravci**, živí se hlavně drobnými členovci, např. roztoči, chvostoskoky a pisivkami, které aktivně loví.

Vývin probíhá **postupně** od vajíčka k dospělci přes **3 nymfální stádia**. Samičky pečují o vajíčka i vylíhlé nymfy. Embryonální stadia jsou přisátá k tělu samičky, odkud jsou vyživována. V této době se samička ukrývá v komůrce vystlané vlákny ze snovacích žláz. Z nymfálního stádia, které již žije samostatně, se vyvíjí dospělec.

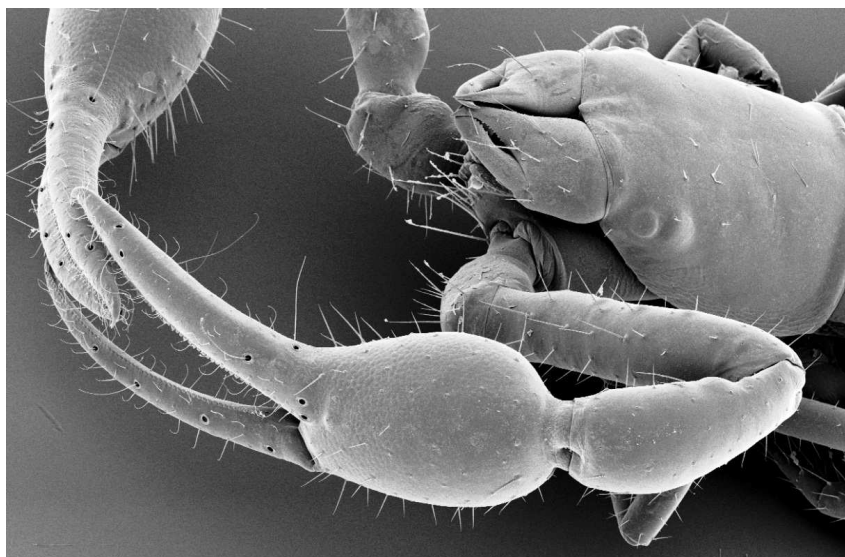
Štírci dokážou běhat vpřed i vzad a kromě vlastního pohybu jsou rozšiřováni hmyzem, ptáky, savci, na které se přichycují (zoochorie, forézie).

Vyskytují se na celé Zemi, kromě arktické a antarktické oblasti na řadě stanovišť, ale ne ve velkém počtu. U nás je asi 25 druhů.

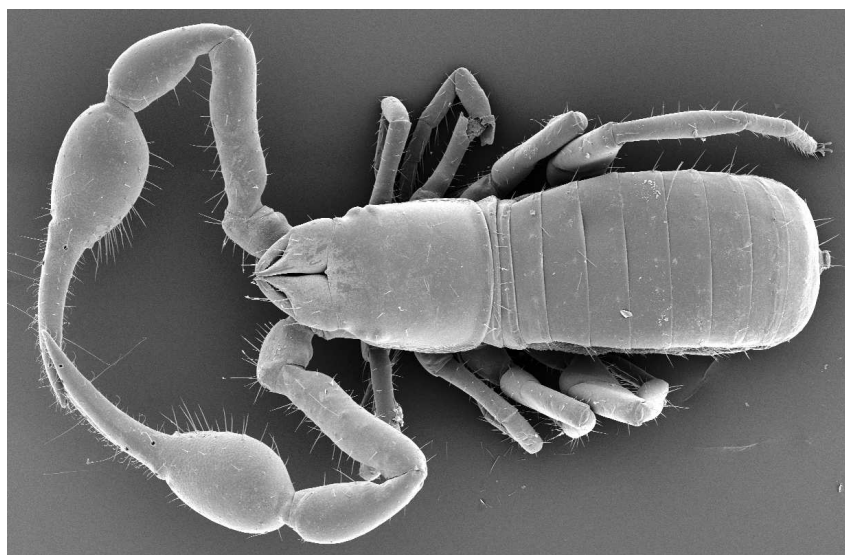
ZÁSTUPCI

Příklady půdních zástupců štírků jsou štírek obecný (*Chelifer cancroides*) s velikostí 2 - 4 mm, kosmopolitně rozšířený, žije pod kůrou stromů, v hnízdech. Měchýřky mezi drápky mu umožňují lézt i na kolmých a hladkých plochách. Dále je to štírek knihový (*Cheiridium museorum*), ten je necelé 2 mm velký, žije pod kůrou stromů, pod kameny, v ptačích hnízdech nebo ve skladech, kde se živí drobnými členovci. Kutikulu má pokrytou jemnými hrbolky. A pak také štírek mechový (*Neobisium cancroides*), který žije v mechu a opadance, loví chvostoskoky a roztoče.

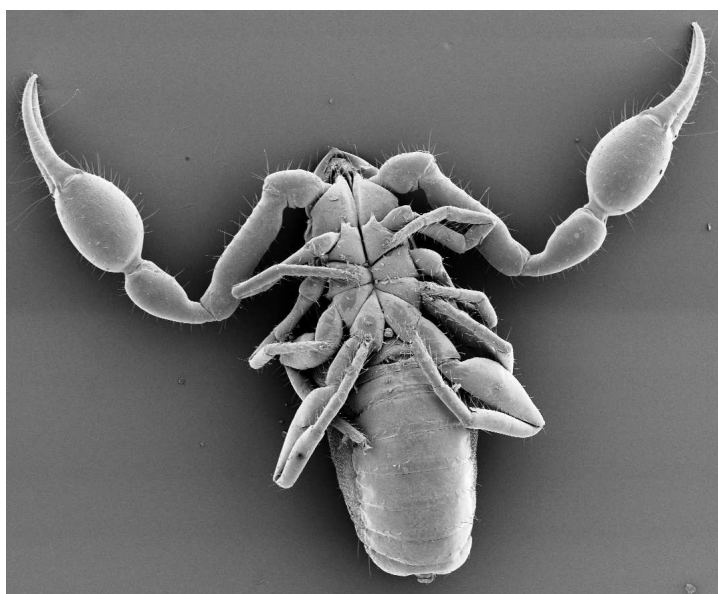
FOTOGALERIE



Obr. 12: Štírek *Neobisium carcinoides* z čeledi Neobisiidae, samec, detail hlavohrudi s chelicerami a pedipalpami zakončenými klepety. Na bocích hlavohrudi jsou patrné dva páry jednoduchých očí. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 13: Štírek *Neobisium carcinoides* z čeledi Neobisiidae, samec, pohled z hřbetní strany. Zde je dobře vidět, že je zadeček zakončen odlišným způsobem než u štírů, tj. není přítomen bodec. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 14: Štírek *Neobisium carcinoides* z čeledi Neobisiidae, samec, pohled z břišní strany.
(orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 15: Štírek *Chelifer cancroides* z čeledi Cheliferidae, hřbetní pohled (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 16: Štírek *Chelifer cancroides* z čeledi Cheliferidae, detail chelicer (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 17: Štírek *Chelifer cancroides* z čeledi Cheliferidae, detail klepeta (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Buchar J., a kol., 1995; Coleman D.C., a kol., 2004; Jankovská I. a kol., 2006; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Tilling S. a kol., 2001; Verner P., 1971; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (*ARTHROPODA*)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (*CHELICERATA*)

Třída: PAVOUKOVCI (*ARACHNIDA*)

Řád: roztoči (*Acari*)

Podřád: čmelíkovci (*Gamasida*)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

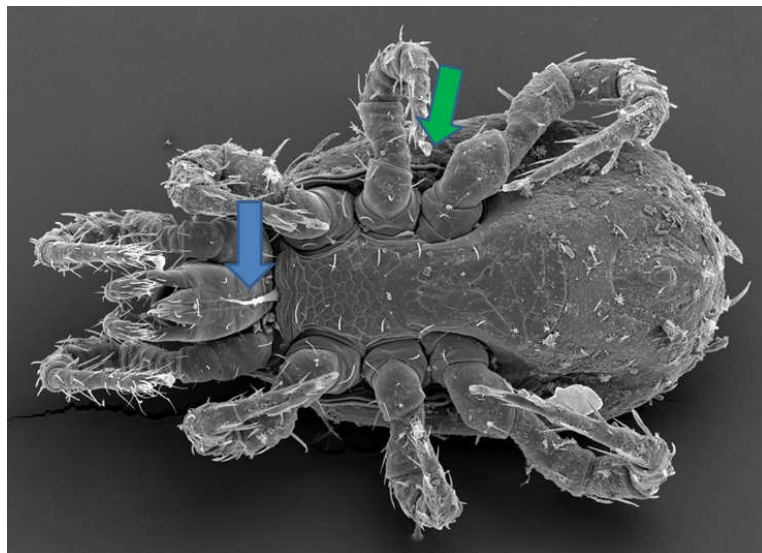
Tělo roztočů čmelíkovců je oválné až kulovité, někdy dorzoventrálně zploštělé. Mají většinou silně **sklerotizovanou kutikulu**, která má ochranný význam. Stejně jako u ostatních skupin roztočů původní rozdělení těla na hlavohruď a zadeček zaniká, tělo je druhotně členěno na dva oddíly, **gnathosoma** a **idiosoma**.

Gnathosoma je válcovité pouzdro tvořené kyčlemi makadel. Vpředu vybíhá v epistom, uvnitř jsou umístěné **chelicery** (klepítka), které jsou u samců často vybavené tzv. spermatodactylem (Obr. 20), což je výrůstek sloužící pro přenos spermatoforu při páření. Po stranách jsou **pedipalpy** (makadla), které nejsou opatřené drápkami. U báze gnathosomatu na břišní straně těla se nachází charakteristický štětičkovitý orgán - tzv. tritosternum (viz Obr. 18). Chelicery čmelíkovců mají podobu ozubených kleštíček, pedipalpy jsou podobné nohám a slouží jako smyslové orgány, u některých zástupců jsou uzpůsobeny k uchopování potravy.

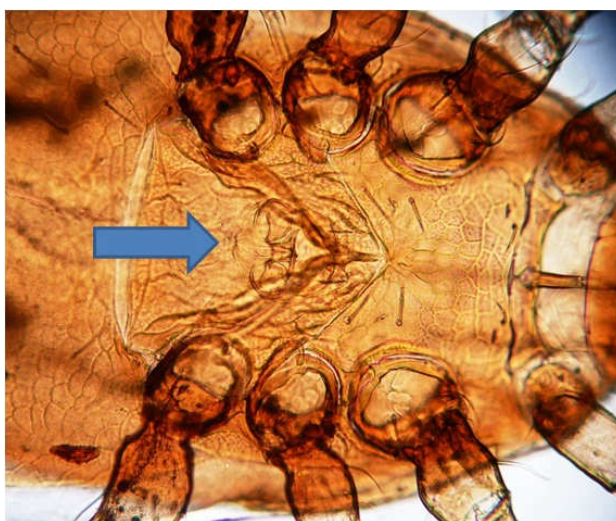
Idiosoma nese kráčivé končetiny a většinu útrobních orgánů. Je kryto jedním nebo více dobře sklerotizovanými štítky, je obrvené a genitální otvor je uzavřený štítky.

Čmelíkovci mají **4 páry nohou**, které jsou složeny z 6 článků, volně pohyblivé v kyčlích. Na chodidlech mají drápkami, samci brvy a výrůstky. **Dýchají vzdušnicemi nebo celým povrchem těla. Jeden pár vstupních otvorů do vzdušnic (stigmata)** je umístěn vedle kyčlí mezi 2. a 4. párem nohou (Obr. 18 a 20). Základním smyslem čmelíkovců je hmat, **oči chybí**.

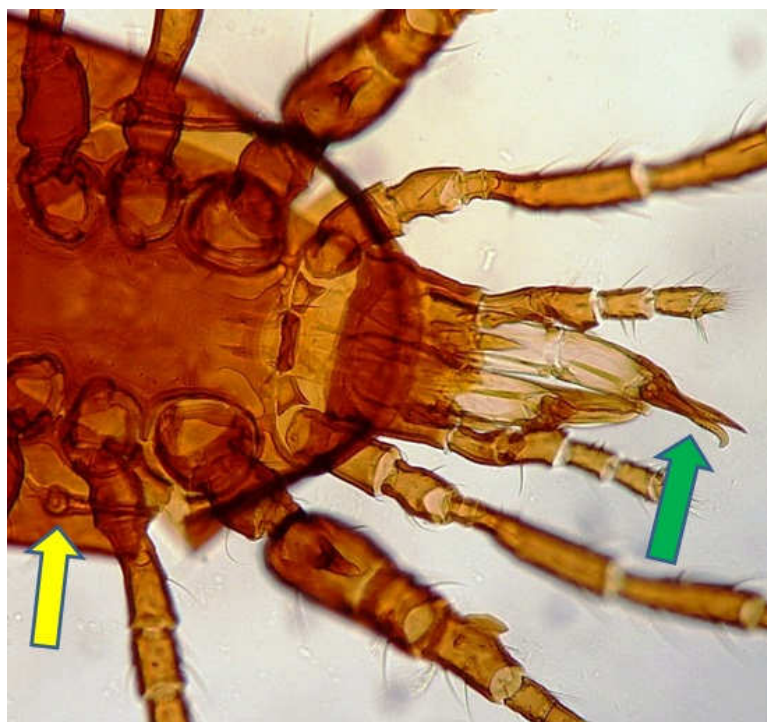
Čmelíkovci **nemají cévní soustavu**. Nervová soustava je, stejně jako u ostatních roztočů, druhotně koncentrovaná.



Obr. 18: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, pohled z břišní strany, samice. Vedle vkloubení 3. a 4. páru nohou jsou dobře patrná stigmata - otvory do vzdušnic (zelená šipka). Kyčle jsou vkloubeny pohyblivě. Modrá šipka ukazuje tritosternum. (orig. Jana Dvořáková, 2013, SEM)



Obr. 19: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, samice, detail. Dobře viditelný je pohlavní otvor, krytý nepárovou trojúhelníkovitou destičkou, která se odklápí jako poklop - je kloubně připojená vzadu, otvor mívá dopředu (šipka). (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 20: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, detail přední části těla, samec. Dobře videlné gnathosoma, na cheliceře je vidět spermatodaktyl (zelená šipka). Žlutou šipkou jsou označena stigmata. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Jsou to **gonochoristé**. Někteří jsou **parazité**, jiní se živí **dravě** (drobným hmyzem, chvostoskoky a roztoči) nebo **sporami hub a tlejícími látkami**. Druhy živící se sporamai hub nebo tlejícími látkami jsou významné tím, že tak přispívají k tvorbě humusu. Dravé druhy jsou významné tím, že regulují početnost ostatních skupin půdních živočichů a tím přispívají k biologické rovnováze.

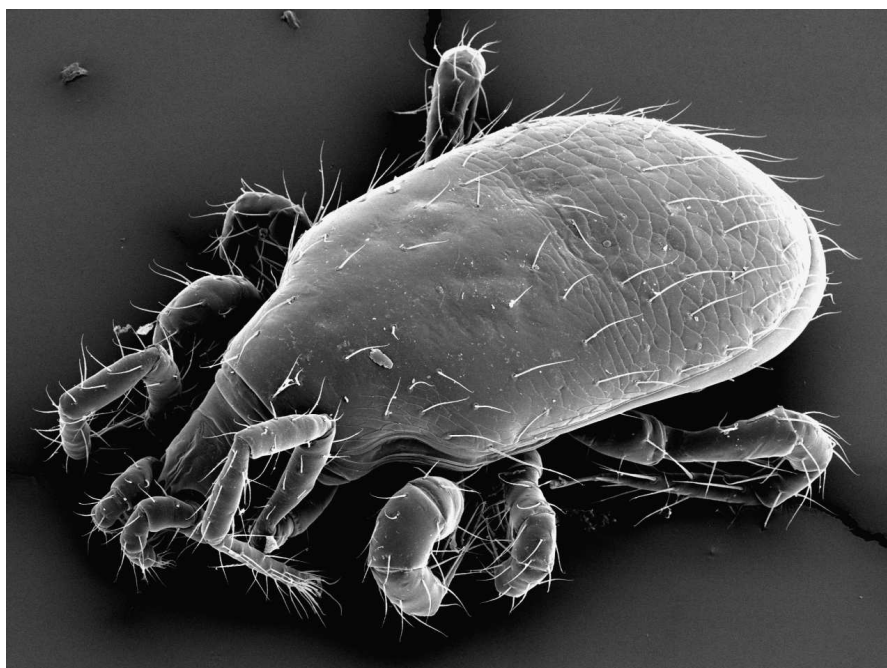
Žijí v půdě, v mechu, hrabance, na rostlinách, jsou součástí edafonu. Parazitičtí čmelíkovci žijí v hostitelích (obratlovci), například v chovech ptactva a včel. **Vývin** je **nepřímý**, přes několik larválních stupňů, larva má pouze 3 páry pohybových končetin, nymfy a dospělci mají 4 páry nohou, časté je klidové stádium.

ZÁSTUPCI

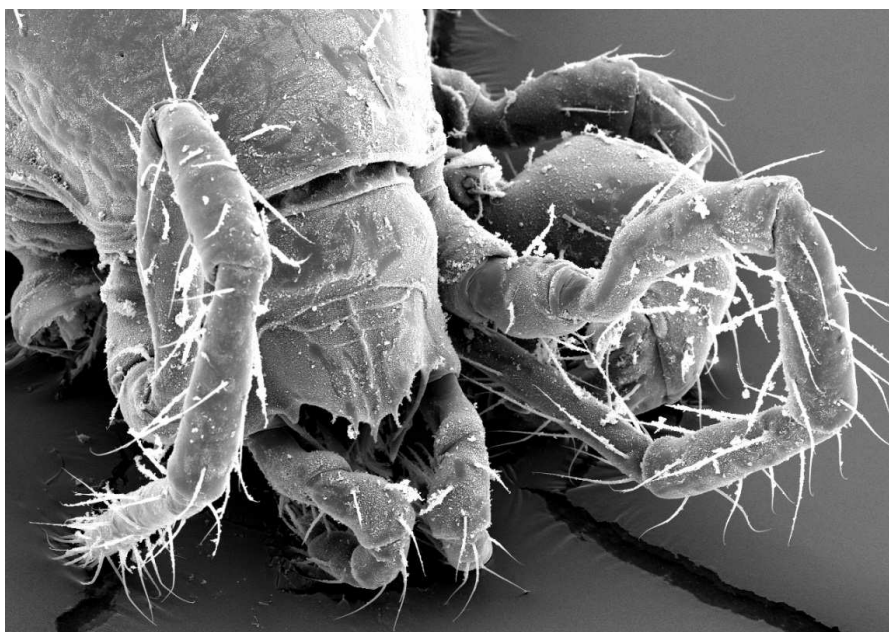
Čmelíkovci se tradičně dělí na dvě velké skupiny - Gamasina a Uropodina. Do skupiny **Gamasina** patří většinou draví, někdy parazitičtí, rychle se pohybující čmelíkovci s dlouhýma nohama. Druhý pár končetin je u samců často zesílený, opatřený výrůstky, které slouží samci k přidržování samičky při kopulaci. Můžeme je často nalézt například na břišní straně chrobáků. Zde se nejedná o parazitismus, ale tzv. forezii, kdy jeden druh živočicha využívá jiný jako dopravní prostředek.

Do skupiny Uropodina patří většinou detritofágní (živí se rostlinným opadem) druhy, které mají většinou čokkovitý nebo hruškovitý tvar těla a krátké nohy, které zapadají do kyčelních jamek na břišní straně těla. Pohybují se pomalu a připomínají malé želvičky. Nymfální stádia se často přemísťují pomocí forezie na větším hmyzu tak, že jsou přilepená řitním otvorem k jejich tělu.

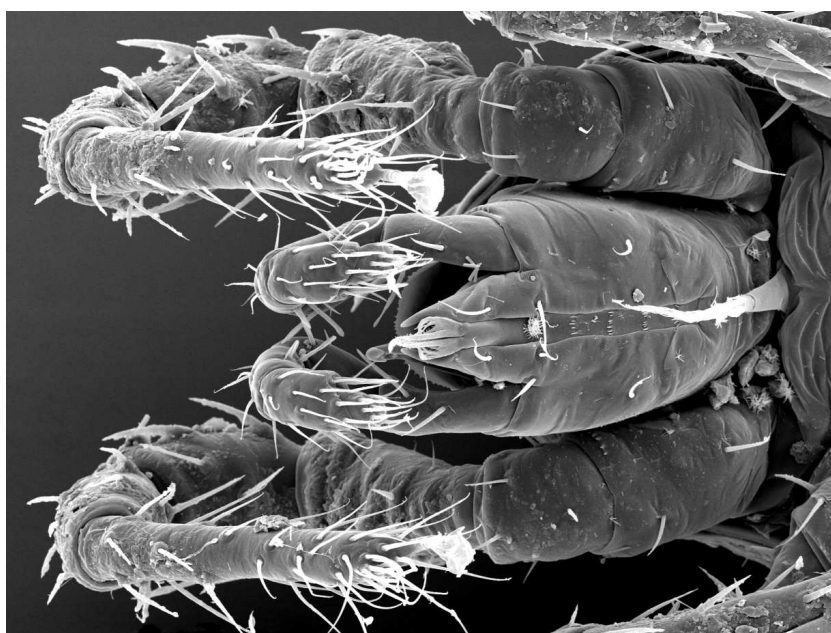
FOTOGALERIE



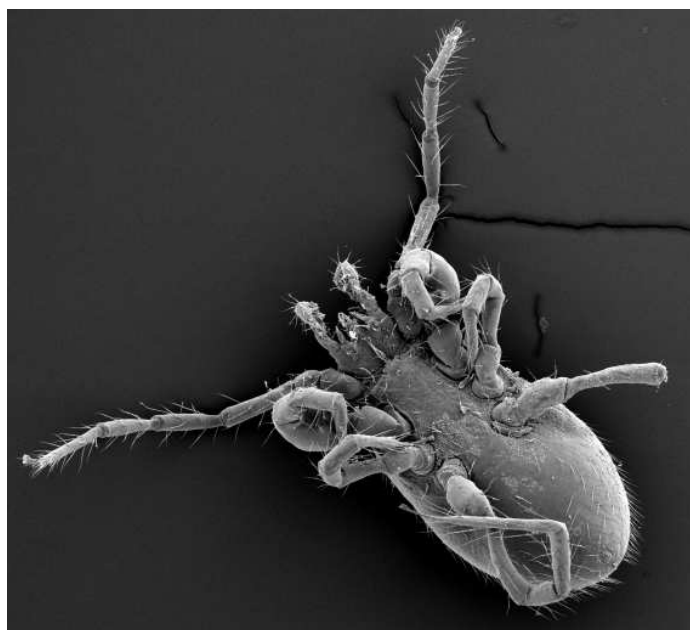
Obr. 21: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, celkový pohled. Samice nemají výrazně zesílené končetiny druhého páru. (orig. Jana Dvořáková, 2013, SEM)



Obr. 22: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, detail gnathosomatu v pohledu z hřbetní strany. Dobře patrný je epistom a makadla (pedipalpy). (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



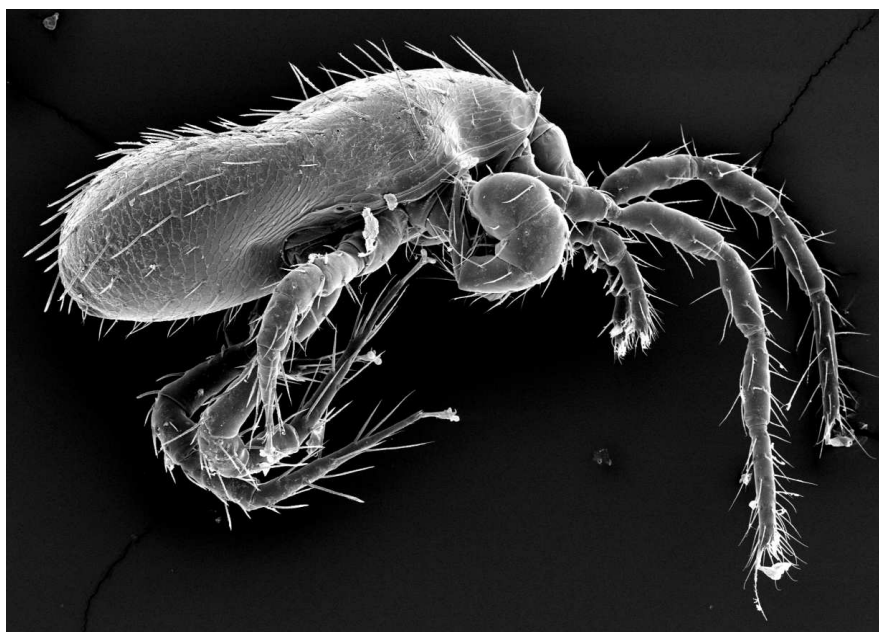
Obr. 23: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, detail gnathosomatu v pohledu z břišní strany. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



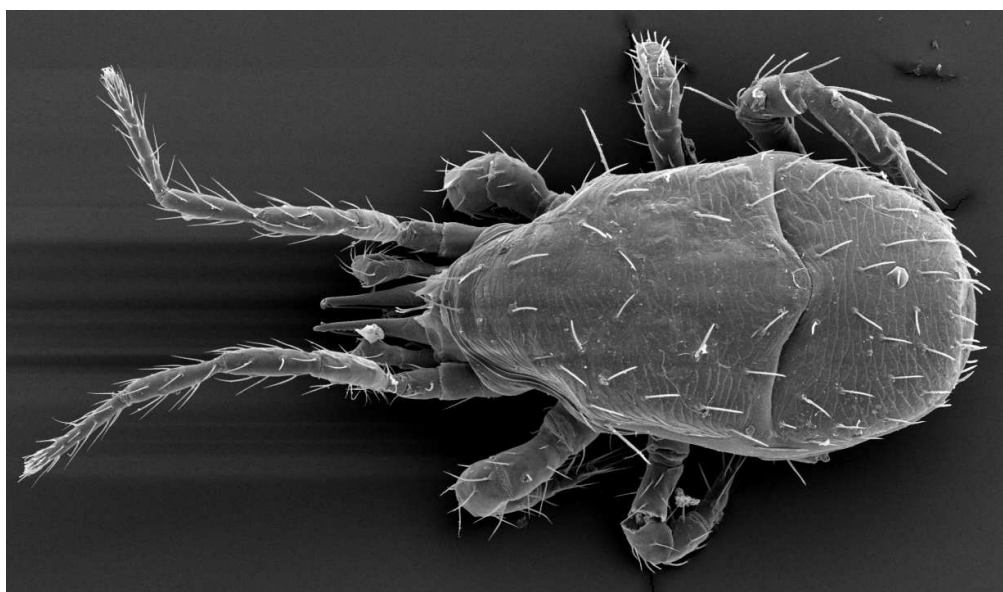
Obr. 24: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, pohled z břišní strany, samec. Patrné jsou ztlustlé nohy 2. páru. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



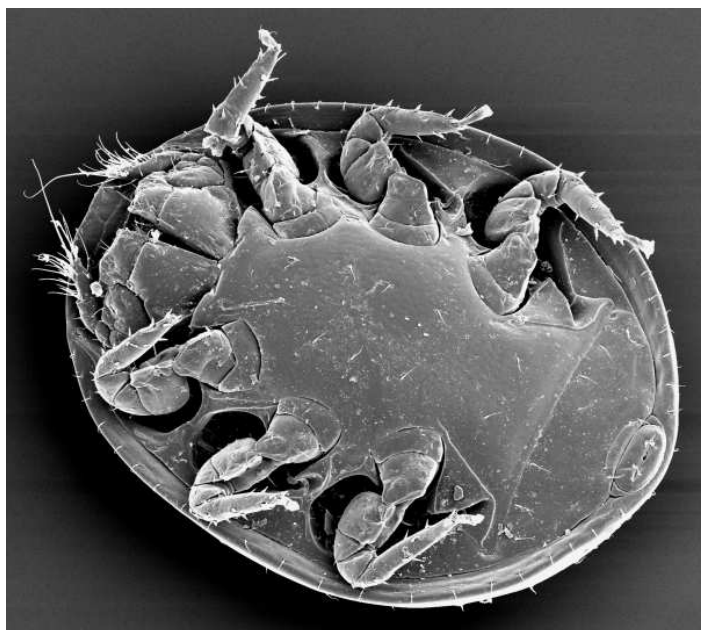
Obr. 25: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, samec, detail přední části těla, pohled z břišní strany. Zesílený 2. pár nohou je typickým znakem pro samce. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 26: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, samec, pohled z boku. Zesílený 2. pár nohou je typickým znakem pro samce. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 27: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, nymfa, hřbetní štít je u nymf často rozdělený, což je na fotografii dobře vidět. Výrazné jsou chelicery vyrůstající z gnathosomatu. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 28: Čmelíkovec ze skupiny Uropodina, dobře viditelné jsou kyčelní jamky, do kterých ukládají nohy, když jsou ohroženi predátorem. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 29 Čmelíkovec ze skupiny Uropodina, samice s vajíčkem (ovál v zadní třetině těla). (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 30: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, samice, jedna chelicera je zatažená, druhá vytažená. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 31: Čmelíkovec ze skupiny Gamasina, detail gnathosomatu, dobře jsou vidět chelicery. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

ZDROJE/POUŽITÁ LITERATURA

Coleman D. C. a kol., 2004; Jankovská I. a kol., 2006; Sedlák E., 2000;
Šamšíňák K., Dusbábek F., 1971; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (CHELICERATA)

Třída: PAVOUKOVCI (ARACHNIDA)

Řád: roztoči (Acari)

Podřád: sametkovci (Trombidiformes, Prostigmata, Actinenida)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

Sametkovci jsou převážně **středně velcí až velcí** roztoči. Délka těla se pohybuje v rozmezí 0,5 – 4 mm. Jsou obvykle bělaví, žlutaví nebo nápadně **pestře zbarvení** (červení, zelení nebo skvrnití) a hustě **pokrytí papilkami** (Obr. 35) **nebo chlupy**, které dodávají tělu sametový vzhled.

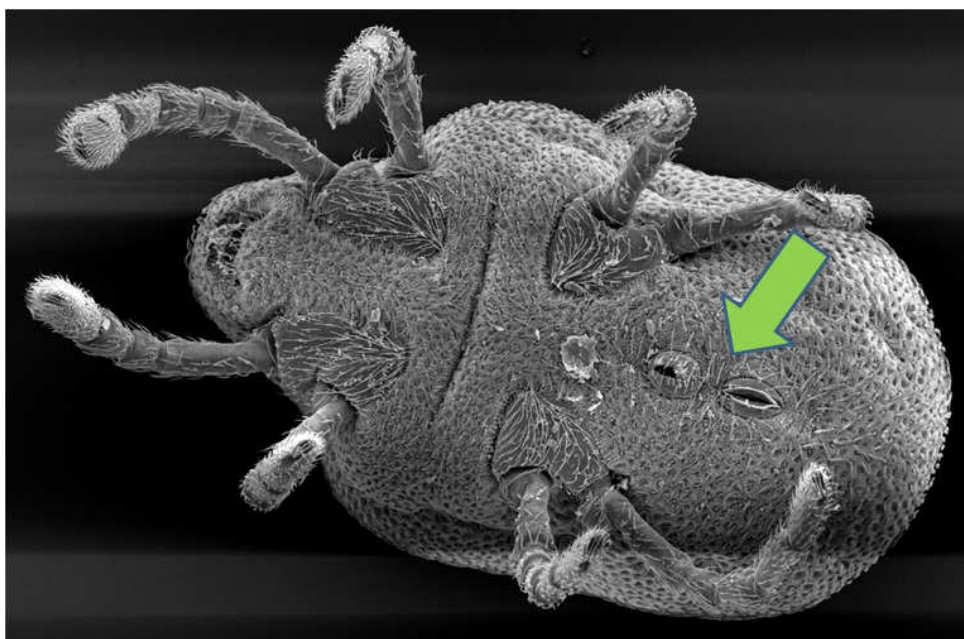
Tělo je většinou **měkké** (málo sklerotizované) a je zřetelně rozděleno na gnathosoma a idiodosoma.

Na gnathosoma jsou **chelicery** (klepítka), které jsou klíšťkovité (Obr. 34) a slouží k ukusování pevné potravy nebo bodcovité (Obr. 35) a slouží k vysávání tekuté potravy.

Pedipalpy (makadla) jsou většinou dobře vyvinuté a poměrně dlouhé a připomínají tvarem kráčivé nohy. U některých skupin sametkovců jsou uzpůsobené k lovu a nesou trny nebo klíšťky. Na bázi makadel vyúsťují (pokud jsou přítomna) **stigmata**.

Stejně jako ostatní roztoči mají sametkovci **4 páry nohou**. Kyčle jsou úplně vnořeny do břišní strany hlavohruďi a tím pádem jsou nejen nepohyblivé, ale téměř neznatelně vyčnívají nad povrch těla. Pohlavní a řitní otvor kryjí párové **genitální a anální destičky** (Obr 32, 33). U odvozenějších skupin sametkovců je střevo slepě zakončené a nestrávené zbytky potravy jsou odstraňovány jen při svlékání kutikuly.

Dýchají trachejemi nebo celým povrchem těla. Nervová soustava je, stejně jako u ostatních roztočů, druhotně koncentrovaná.



Obr. 32: Sametkovec, pohled z břišní strany. Šipka směřuje na nepárové vyústění pohlavních orgánů, kryté párovými genitálními destičkami a řitní otvor je krytý párem análních destiček. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Sametky jsou velmi pestrá skupina roztočů, v půdě jsou velmi hojní.

Jsou to **gonochoristé**. Mají složitý **vývin**, **larvy** mají **3 páry nohou**, **nymfa** má **1 – 3 stádia**, často je přítomno klidové stádium, stejně jako u ostatních roztočů.

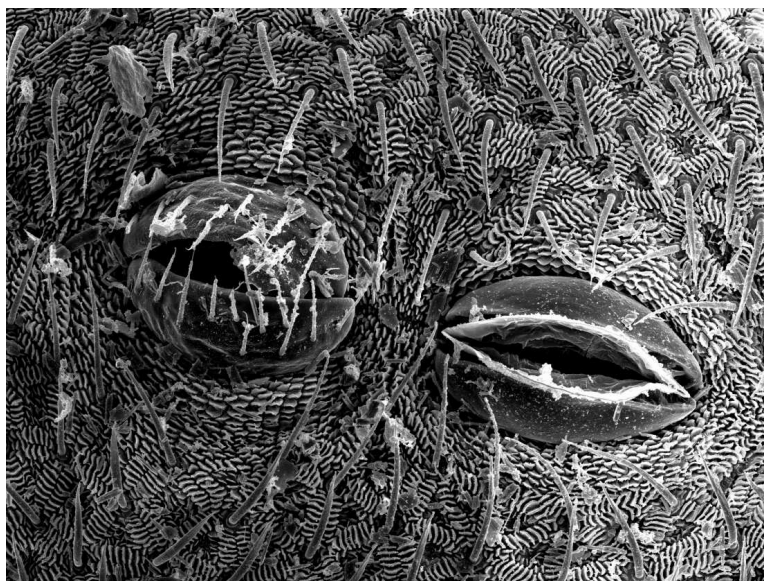
Žijí volně v půdě, v humusu, pod kameny, v opadance pod kůrou stromů a na rostlinách. Půdní zástupci často rychle běhají.

Mají různé potravní strategie. Primitivní skupiny, které připomínají nedospělé pancířníky, jsou většinou saprofágní. Nymfy a dospělci tzv. pravých sametek se živí především **dravě**. Pojídají drobné členovce a jejich vajíčka. Některé druhy se živí **fytofágně**. Larvy se živí **paraziticky**. Cizopasí na hmyzu a nejrůznějších bezobratlých živočiších, jako jsou měkkýši, kroužkovci, sekáči a larvy hmyzu. Někdy je můžeme vidět dokonce na spodní straně křídel motýlů či zlatooček. Někdy je jich tak obrovské množství, že je jimi hostitel úplně obalen.

ZÁSTUPCI

Příklady půdních zástupců sametkoců mohou být sametka rudá (*Trombidium holosericeum*), která je nápadně sametově červená a patří k našim největším roztočům, měří 3 – 4 mm. Žije v hrabance, její larvy parazitují na hmyzu i pavoucích, dospělá stadia požírají vajíčka hmyzu nebo sametka zarděnková, podzimní (*Neotrombicula autumnalis*), ta je velká asi 1,5 mm, dospělá stadia žijí dravým způsobem v půdě. Pouhým okem neviditelné larvy vylézají koncem léta ze země a nabodávají kůži různých obratlovců i lidí, rozpouštějí přitom podkožní tkáň a vytvářejí tak v kůži kanálky. Natrávené tkáňe vysávají. Napadení se u lidí projevuje tzv. trombidiózou, které se jinak říká žňová vyrážka. K přemnožení sametky zarděnkové dochází na suchých loukách nebo na neudržovaných travních sídlištích.

FOTOGALERIE



Obr. 33: Sametkovec, pohled z břišní strany, detail na vyústění pohlavních orgánů (vlevo), kryté párovými genitálními destičkami a řitní otvor (vpravo) je krytý párem análních destiček. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 34: Sametkovec, detail gnathosomatu. Dobře viditelné jsou bodcovité chelicery a hákovité pedipalpy. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 35: Sametkovec, detail gnathosomatu. Dobře viditelné jsou bodcovité chelicery, papilky na povrchu těla a dva páry očí. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Buchar J., a kol., 1995; Kratochvíl J., 1980; Sedlák E., 2000; Smrž J. a kol., 2004; Šifner F., 2004; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (CHELICERATA)

Třída: PAVOUKOVCI (ARACHNIDA)

Řád: roztoči (*Acari*)

Podřád: pancířníci (*Cryptostigmata, Oribatida*)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

Pancířníci jsou 0,15 – 2 mm velcí roztoči. Jejich tělo je pokryto většinou **silně sklerotizovanou kutikulou**, jakýmsi pancířem, který slouží jako ochrana proti predátorům.

Původní rozdělení těla na hlavohruď a zadeček zaniká a gnathosoma nese klepítka (chelicery) a makadla (pedipalpy), stejně jako u ostatních roztočů. Tělo je druhotně členěno výraznou příčnou rýhou na **2 oddíly, propodosoma a hysterosoma**, které nesou po 2 párech kráčivých končetin a jsou spolu spojeny pevně nebo pohyblivě (Obr. 38).

Propodosoma je přední oddíl, který nese 2 páry noh, dále je zde na hřbetní straně umístěn pár specializovaných smyslových chlupů, tzv. **sensilů**, které vyrůstají z číškovitých jamek na hřbetní části a fungují jako mechanoreceptory (Obr. 36, 43). Sensily pancířníků mají velmi rozmanité tvary. Hřbetní část propodosomatu je kryta štítem. Hysterosoma je válcovité, kvádrovité nebo polokulovité, kryté štítem.

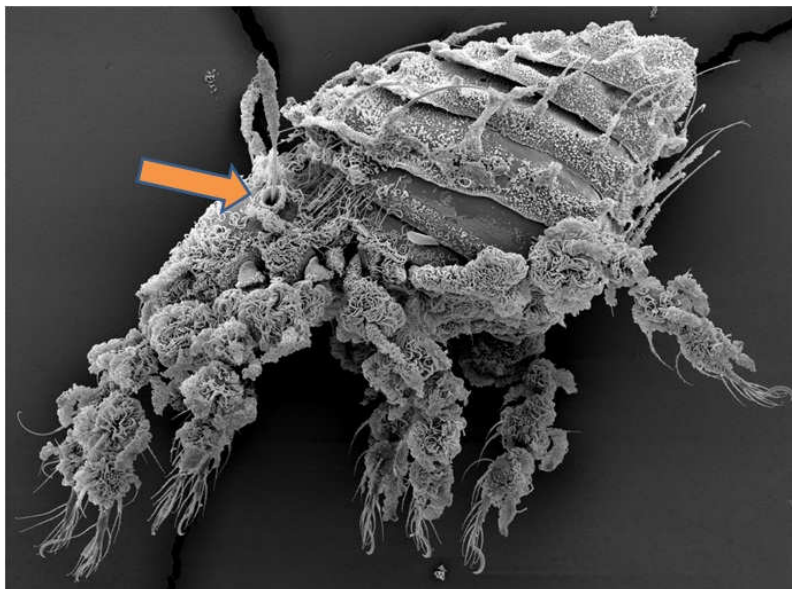
Na břišní straně se nachází nepárové vyústění pohlavních orgánů, které jsou kryté párovými genitálními destičkami, řitní otvor je krytý párem análních destiček.

Pancířníci mají **4 páry nohou**, které jsou pětičlenné, s kloubními pouzdry, na chodidlech mají 1-3 drápky, charakteristické je ochlupení nohou. Kyčle jsou vrostlé do břišního štítu.

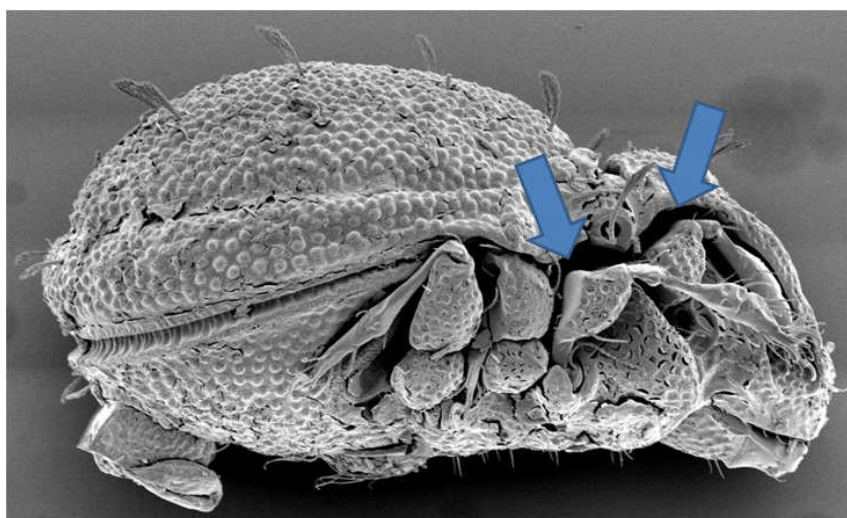
Tělo i nohy pancířníků jsou pokryté vrstvou tzv. **cerotegumentu** (Obr. 36).

Dýchají vzdušnicemi nebo **celým povrchem těla**. Otvory do vzdušnic - tzv. stigmata chybí nebo jsou skrytá u vkloubení končetin. Základním smyslem u pancířníků je hmat.

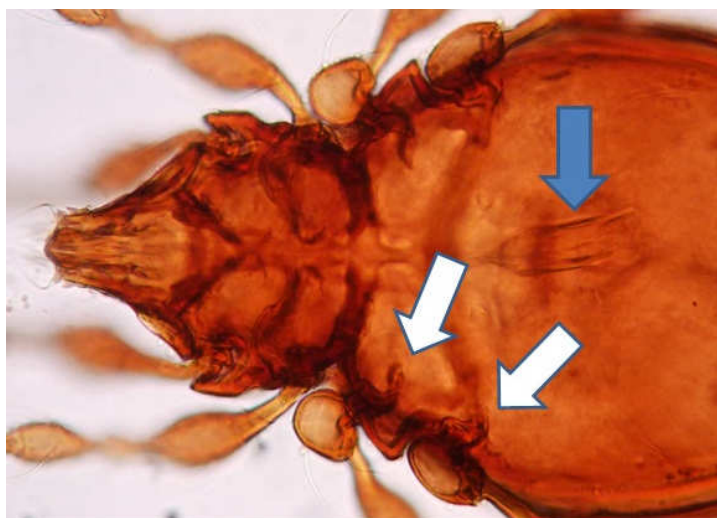
Oči chybí, ale u některých zástupců je druhotně vyvinut fotoreceptor (lentikulus) na hřbetní straně těla, který připomíná jakési nepravé nepárové "oko". Chybí také cévní soustava. Nervová soustava je druhotně koncentrovaná.



Obr. 36: Pancířník z čeledi Damaeidae, *Porobelba spinosa*, boční pohled. Viditelný je vyvinutý vláknitý cerotegument a tzv. "skalpy" - svlečky nedospělých stádií. Šipka směřuje na číska (bothridie), ze kterých vyrůstají smyslové brvy (sensily). (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 37: Pancířník rodu *Carabodes*, boční pohled. Šipky ukazují na jamky, kam ukládá nohy, když je ohrožen predátorem. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 38: Pancířník z čeledi Suctobelbidae, *Allosuctobelba grandis*, samička. Uprostřed hysterosomatu (zadní části těla) je vidět zatažené kladélko (modrá šipka). Dobře patrné jsou kyčle vrostlé do břišní strany těla (bílé šipky). (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Pancířníci jsou **gonochoristé**, ale velmi častá je u nich partenogeneze, tzn., že sami kladou neoplozená vajíčka, ze kterých se vyvíjejí opět samice.

K oplození dochází přenosem **spermatoforu**, což je pouzdro tvořené samci obsahující spermie, které je umístěné na tenké stopce. Spermatofor pancířníků svým tvarem připomíná miniaturní špendlík s průhlednou skleněnou hlavičkou. U většiny zástupců pancířníků kladou samci spermatofor volně na pevný podklad a samice je sbírá svým pohlavním otvorem.

Pancířníci žijí ve svrchní vrstvě různých typů půdy, v mechu, opadance, někteří volně na rostlinách, keřích, stromech nebo trvale na kůře stromů, v mechových a lišejníkových nárostech na skalách. Jsou součástí edafonu.

Pancířníci jsou převážně **saprofágové** - živí se mrtvou organickou hmotou rostlinného nebo živočišného původu. Některé druhy se živí striktně živou mikroflórou, některé druhy oba tyto typy výživy kombinují. Existují i druhy **mykofágní**, tzn., že se živí houbami.

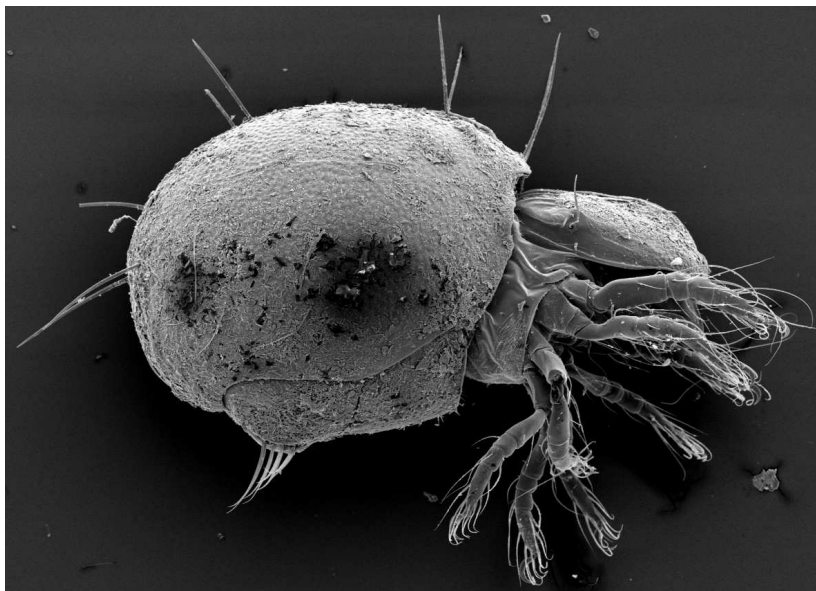
V porovnání s ostatními skupinami roztočů jsou to spíše **K – stratégové**, tzn., že ve své životní strategii uplatňují vyšší důraz na kvalitu a konkurenceschopnost potomstva, mají poměrně dlouhé životní cykly a v průběhu života kladou nízký počet vajíček.

Vývin pancířníků zahrnuje, stejně jako u ostatních skupin roztočů, jedno stadium larvální (larvy mají 3 páry nohou), **3 stadia nymfální** (nymfy už mají 4 páry nohou jako dospělci) a **dospělec**. Svlečené kožky předchozích stádií nosí dospělci některých zástupců jako kryt na hřbetní straně.

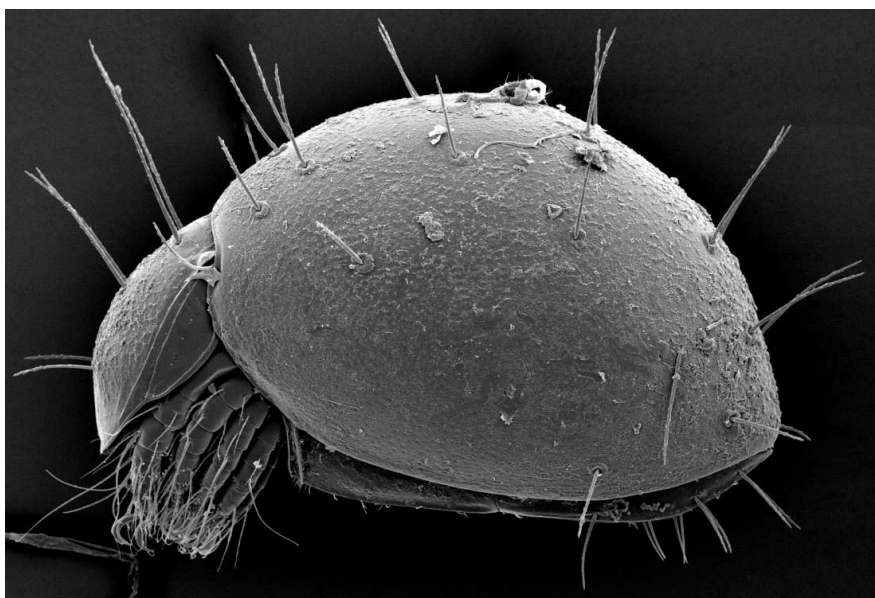
V **půdě** jsou významnou složkou edafonu, jsou důležitou součástí detritového potravního řetězce, mají výrazný podíl na **tvorbě humusu**. Významnou roli hrají pancířníci v koloběhu fosforu v půdě. Nejhojnější jsou v lesních půdách. V 1 m² půdy žije 50 000 až 500 000 jedinců. Nejvyšší početnosti dosahují v jehličnatých lesích se silnou vrstvou hrabanky.

Některé druhy jsou mezihostiteli vývojových stádií tasemnic hospodářských zvířat, například koní nebo koz. Někteří zástupci se dožívají až 18 měsíců života.

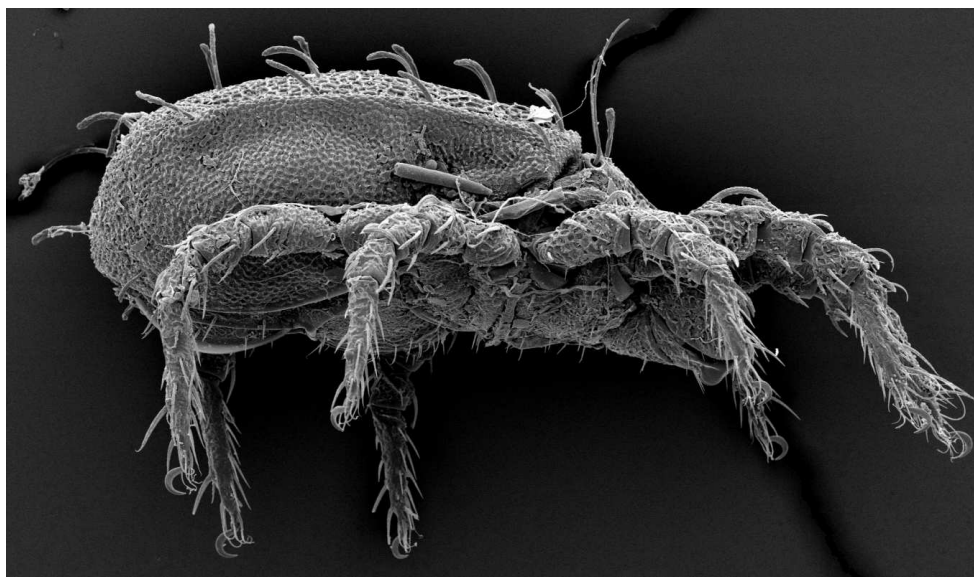
FOTOGALERIE



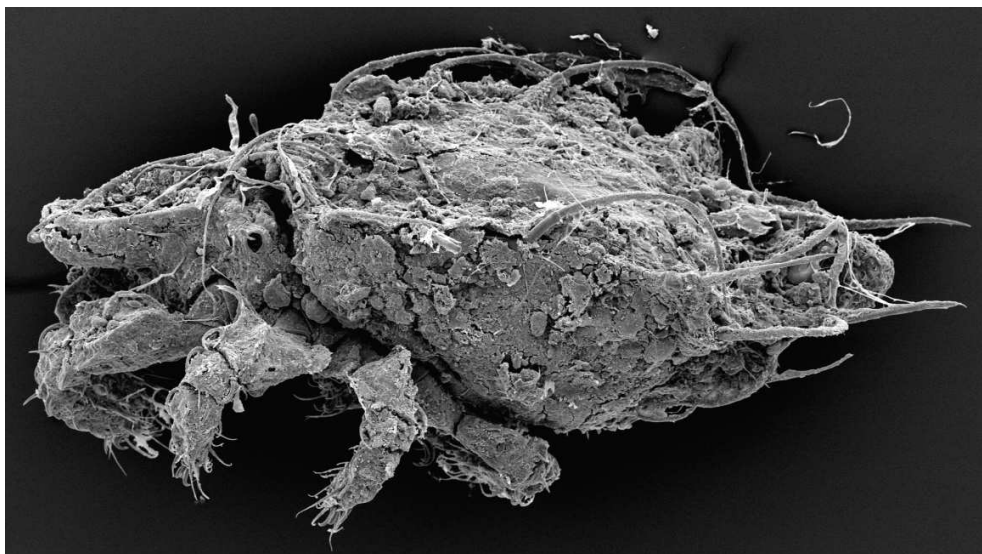
Obr. 39: Pancířník z čeledi Phthiradaridae, *Steganacarus cf. magnus*, boční pohled. Je schopen se sklápět a sbalovat do kuličky. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



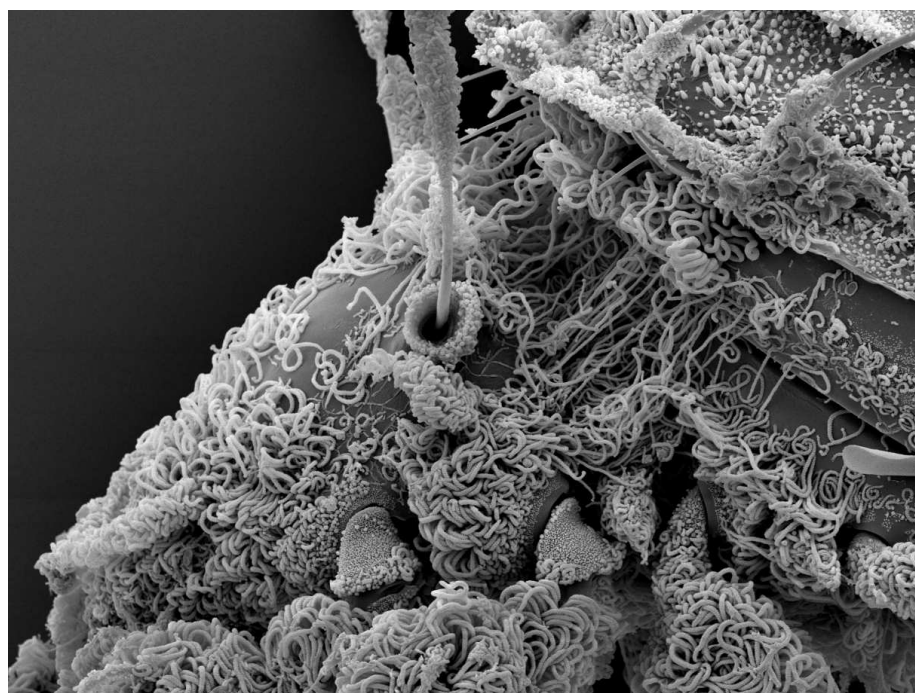
Obr. 40: Pancířník z čeledi Euphthiracaridae, *Rhysotritia duplicata*, boční pohled. Výrazné jsou brvy na povrchu těla. Zajímaví jsou tím, že se při podráždění umějí zaklápět a zatáhnout nohy do těla, čímž se chrání před predátory. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



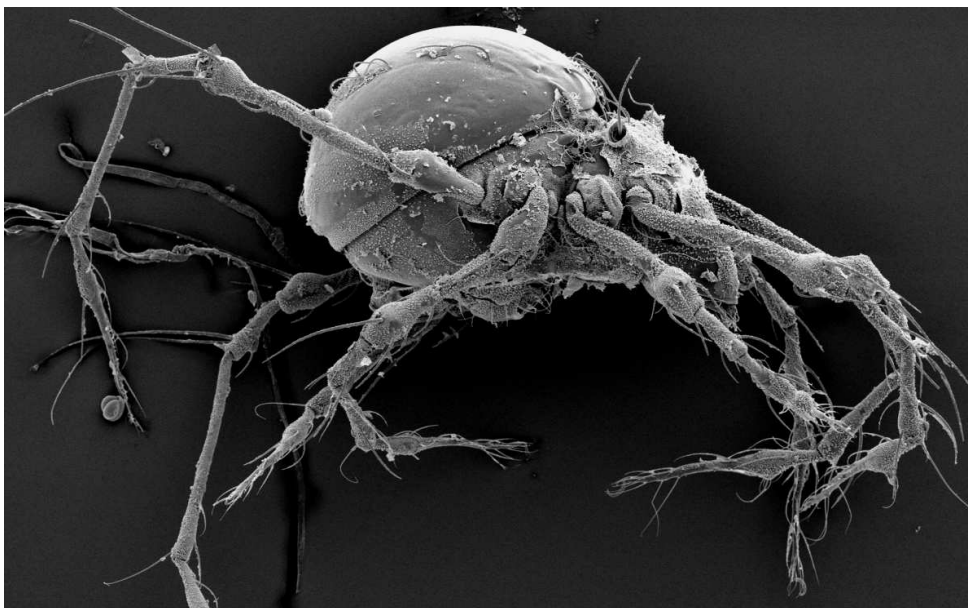
Obr. 41: Pancířník z čeledi Nothridae, rod *Nothrus*, boční pohled. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 42: Pancířník z čeledi Camisiidae, *Camisia spinifer*, boční pohled. Maskuje se pomocí nalepených kousků půdy a detritu. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



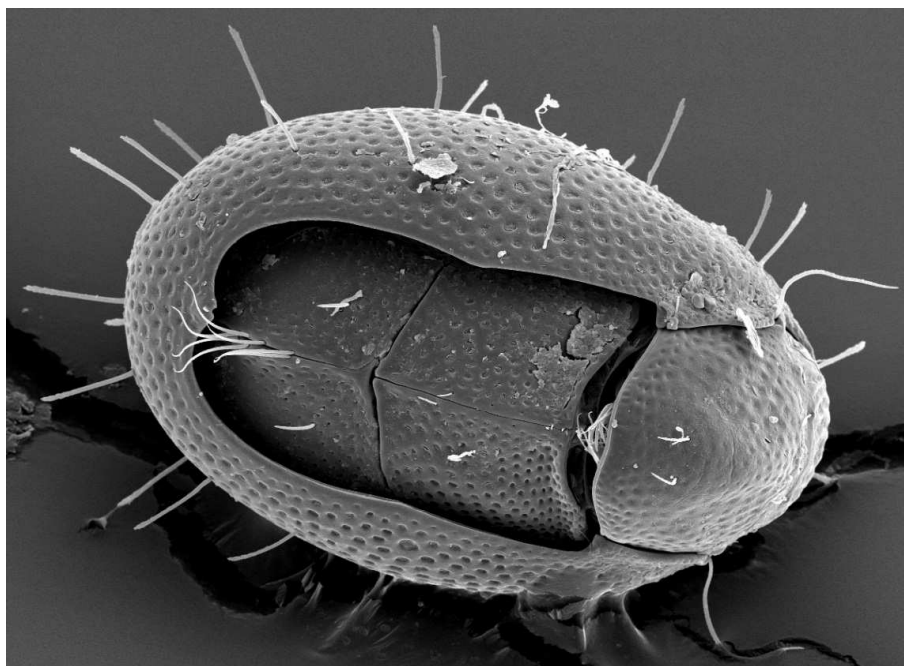
Obr. 43: Pancířník z čeledi Damaeidae, *Porobelba spinosa*, detail přední části těla. Viditelný je vyvinutý vláknitý cerotegument a uprostřed fotografie čísky (bothridie), ze kterých vyrůstají smyslové brvy (sensily). (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 44: Pancířník z čeledi Damaeidae, *Damaeus gracilipes*, boční pohled. Výrazně dlouhé končetiny mu dávají pavoukovitý vzhled. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 45: Pancířník z čeledi Damaeidae, *Damaeus gracilipes*, detail těla. Viditelné jsou výrazné kalíšky s méně výraznými sensilami a odlupující se cerotegument. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 46: Pancířník rodu *Steganacarus*, pohled z břišní strany, pancířník je úplně zabalený.
(orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



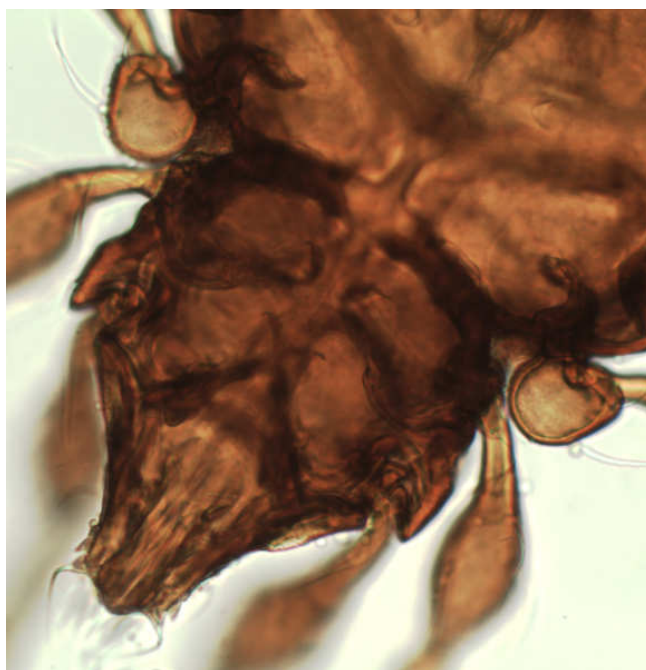
Obr. 47: Pancířník z čeledi Euphthiracaridae, *Rhysotritia duplicata*, boční pohled. Také se umějí zaklápět. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 48: Pancířník z čeledi Nothridae, rod Nothrus, boční pohled. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 49: Pancířník z čeledi Damaeidae, *Porobelba spinosa*, boční pohled. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 50: Pancířník z čeledi Suctobelbidae, *Allosuctobelba grandis*, detail přední části těla. Dobře patrné jsou kyčle rostlé do břišní strany těla. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

ZDROJE/POUŽITÁ LITERATURA

Buchar J., a kol., 1995; Coleman D. C. a kol., 2004; Kunst M., 1971; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Weigmann G., 2006; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Podkmen: KLEPÍTKATCI (CHELICERATA)

Třída: PAVOUKOVCI (ARACHNIDA)

Řád: roztoči (Acari)

Podřád: zákožkovci (Astigmata, Acaridida)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

Zákožkovci jsou drobní, bělaví až nažloutlí, **nesklerotizovaní** roztoči, často **dlouze ochlupení** (Obr. 53), podobní nedospělým stádiím pancířníků. Většinou je přítomna výrazná příčná rýha mezi 2. a 3. párem nohou, dělící tělo na **2 oddíly**.

Pedipalpy (makadla) jsou dvoučlankované, **chelicery** (klepítka) klíšťkovité.

Mají **4 páry nohou**. **Kyčle nohou** jsou vrostlé a **splynuly s povrchem těla** (Obr. 53). Pohlavní a řitní otvor kryjí párové **genitální a anální destičky**, které nejsou tak dobře patrné jako u pancířníků. Nikdy nemají vyvinuté sensily v číškovitých jamkách.

Stigmata, stejně jako celá tracheální soustava chybějí, **dýchají celým povrchem těla**. Střevo je úplné a je vytvořena řiť. Nervová soustava je druhotně koncentrovaná, podobně jako u ostatních skupin roztočů.

Mají řadu morfologických znaků shodných s pancířníky a podle některých akarologů se dokonce z fylogenetického hlediska jedná o vnitřní větev pancířníků.

BIOLOGIE A VÝZNAM

Jsou to **gonochoristé**.

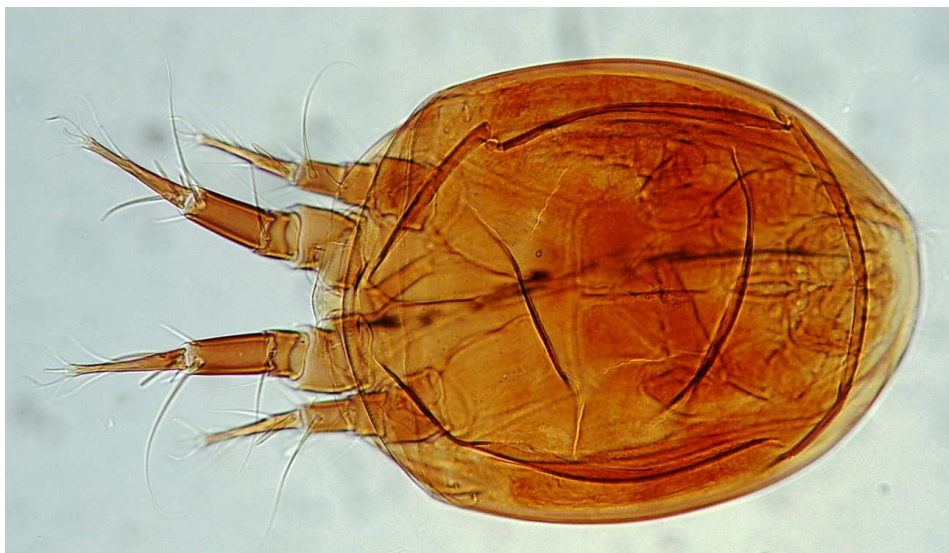
Zákožkovci jsou volně žijící **saprofágové**, ale často i **závažní parazité** ptáků, savců a lidí (zákožka svrabová, lupovka kuří). Žijí v lidské pokožce, kde vyvrtávají chodbičky a způsobují kožní onemocnění zvané svrab.

Vyskytují se v půdě, skladech s obilím, v sušených potravinách, v hromadách tlející slámy, některé skupiny i v postelích. Mohou působit **alergie**.

Mají složitý **vývin**, obdobně jako u ostatních roztočů mají **larvy** zákožkoců **3 páry nohou**. Následují **1 – 3 nymfální stádia**. Často je přítomno klidové stádium, tzv. hypopus, které nechává pasivně šířit pomocí forézie na větších členovcích (Obr. 51, 52).

Ve srovnání s pancířníky jsou to převážně **r – stratégové**, tzn., že ve své životní strategii uplatňují vyšší důraz vysokou produkci potomstva a jeho mobilitu, přičemž kvalita a konkurenceschopnost je odsunuta do pozadí.

FOTOGALERIE



Obr. 51: Zákožkovec, cestovní nymfa hypopus, hřbetní pohled. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 52: Zákožkovec, cestovní nymfa hypopus, hřbetní pohled. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 53: Zákožkovec rodu *Tyrophagus*, pohled z břišní strany. Patrné je dlouhé ochlupení, kyčle nohou vrostlé do tělní stěny. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Kratochvíl J., 1980; Papáček M. a kol., 2000; Sedlák E., 2000; Smrž J. a kol., 2004; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Podkmen: KORÝŠI (CRUSTACEA)

Nadtřída: RAKOVCI (MALACOSTRACA)

Řád: stejnonožci (Isopoda)

Čeleď: stínky (Oniscidea)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

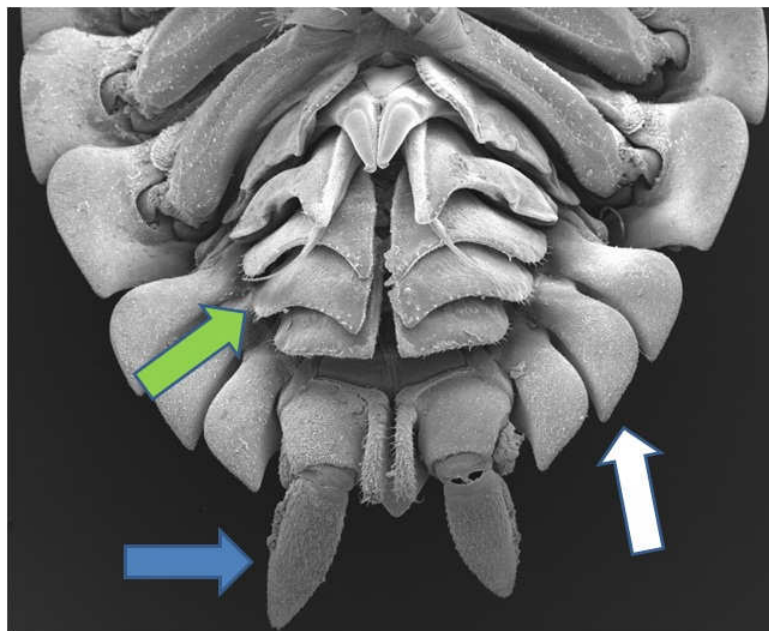
Stínky mají zaoblené, dorzoventrálně **zploštělé**, podlouhlé oválné tělo šedé barvy, dlouhé nejčastěji kolem 1,5 cm. Někteří zástupci stínek, tzv. svinky, jsou schopné tzv. volvace - při podráždění se svinují do kuličky a brání se tak před predací.

Hlava srůstá s prvním hrudním článkem v hlavohrud' (cephalothorax). Na hlavě jsou umístěny **2 páry tykadel** (1. pár tykadel je značně redukovaný, má podobu malých hrbolkovitých výběžků) (Obr. 55, 56). Hlavohrudní krunýř (caparpace) není vytvořen. Hřbetní štítky jsou na bocích rozšířené v tzv. **epimery** (Obr. 54, 55 a 57), kromě dvou prvních jsou hrudní články volné. Hrudní články jsou volné (nesrostlé).

Stínky mají **7 párů hrudních** a **6 párů zadečkových končetin**. Hrudní nožky jsou kráčivé, nerozeklané a nenesou klepeta, zatímco zadečkové nožky jsou dvouvětevné, ploché a slouží k dýchání (jsou zde umístěné dutinky omývané krvomízkou, tzv. tracheální políčka) (Obr. 54). První dva páry zadečkových nožek jsou u samců přeměněné v kopulační ústrojí. Na rozdíl od příbuzné berušky vodní nejsou zadečkové články stínek srostlé.

Vylučovacími orgány jsou **maxilární žlázy**. **Nervová soustava je žebříčková**. Dýchají váčkovitými **vzdušnicovými plicemi neboli tracheálními váčky** (umístěnými na zadečkových nožkách).

Samice mají na břišní straně speciální destičky vyrůstající z kyčelních článků hrudních nožek, tzv. oostegity, které vytvářejí jakýsi koš (marsupium) a kryjí vajíčka s vyvíjejícími se embryi.



Obr. 54: Stínka (Oniscidea) z čeledi Porcellionidae, zadeček samce, pohled z břišní strany. Můžeme vidět dva typy zadečkových nožek - ploché lupínkovité nožky slouží k dýchání (zelená šipka) a poslední pár, tzv. uropody (modrá šipka). Bílá šipka ukazuje na epimery, což jsou na bocích rozšířené hřbetní štítky. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Žijí pod kameny, v tlejícím listí, v mechu, ve sklepích i sklenících, jsou součástí edafonu. Živí se rostlinnými zbytky včetně tlejícího dřeva, jsou saprofágní. **Vývin** je **přímý**, bez larválního stádia. Samička nosí vajíčka v "koši" (marsupiu) na spodní straně hrudi. Jejich trus přispívá k tvorbě optimální struktury půdy. Často se vyskytují ve větších shlucích.

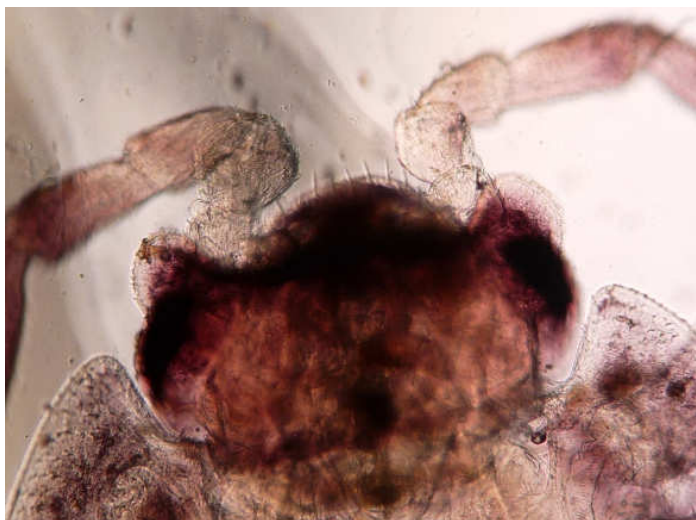
ZÁSTUPCI

Příklady půdních zástupců stínkovitých jsou stínka obecná (*Porcellio scaber*), která dorůstá až 15 mm, obývá vlhká místa, staré zdi, sklepy, spadané listí, můžeme ji nalézt pod kůrou stromů, pod kameny, nesvinuje se do kuličky. Dále je to stínka zední (*Oniscus asellus*), tmavošedá se světlými skvrnkami, až 18 mm velká, s výrazně zploštělým tělem, je to vlhkomilný druh, nesvinuje se. A svinka obecná (*Armadillidium vulgare*), která má klenuté tělo schopné svinout se do kuličky, obývá suchá místa, od mnohonožek svinulí se liší tím, že má na telsonu vyvinuté uropody a má na hrudních člancích jen po jednom páru nohou.

FOTOGALERIE



Obr. 55: Stínka (Oniscidea) z čeledi Porcellionidae, hlavohrud' a první tři volné hrudní články, pohled z břišní strany. 1. pár tykadel je značně redukovaný a není téměř patrný. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 56: Stínka (Oniscidea) z čeledi Porcellionidae, hlavohrud' a první volný hrudní článek, pohled z hřbetní strany. Tmavá místa po stranách hlavohrudí jsou složené oči. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 57: Stínka (Oniscidea) z čeledi Porcellionidae, zadeček, pohled z hřbetní strany. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Bergstedt Ch. a kol., 2005; Buchar J. a kol., 1995; Jankovská I. a kol., 2006; Papáček M. a kol., 2000; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Tilling S. a kol., 2001; Hanel L., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Nadtřída: STONOŽKOVCI (MYRIAPODA)

Třída: stonoženky (Symphyla)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

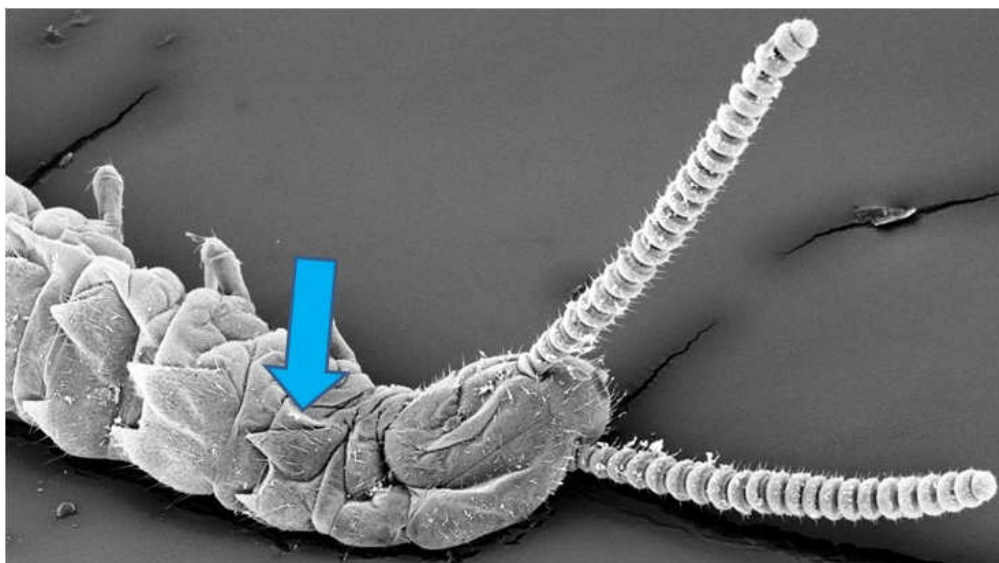
Stonoženky jsou 1 - 8 mm dlouhé, mají drobné, měkké bílé, nepigmentované tělo, které je **článkované** a shora **kryté** větším počtem hřbetních štítků (tzv. **tergity**) (Obr. 58). Tělo je členěno na **hlavu**, **trup** a **koncový článek** neboli **telson** se silnými štěty (cerky), na nichž jsou snovací žlázy (Obr. 61).

Hlava je bez očí, nese 1 pár poměrně dlouhých tykadel, jednotlivé tykadlové články mají tvar korálků. Za bázi tykadel je spánkový otvor, tzv. Tömösváryho orgán, který funguje pravděpodobně jako chemoreceptor a také hygromreceptor (čidlo k vnímání vlhkosti) (Obr. 59). Pod bázi tykadel se nachází průduch tracheální soustavy (stigma).

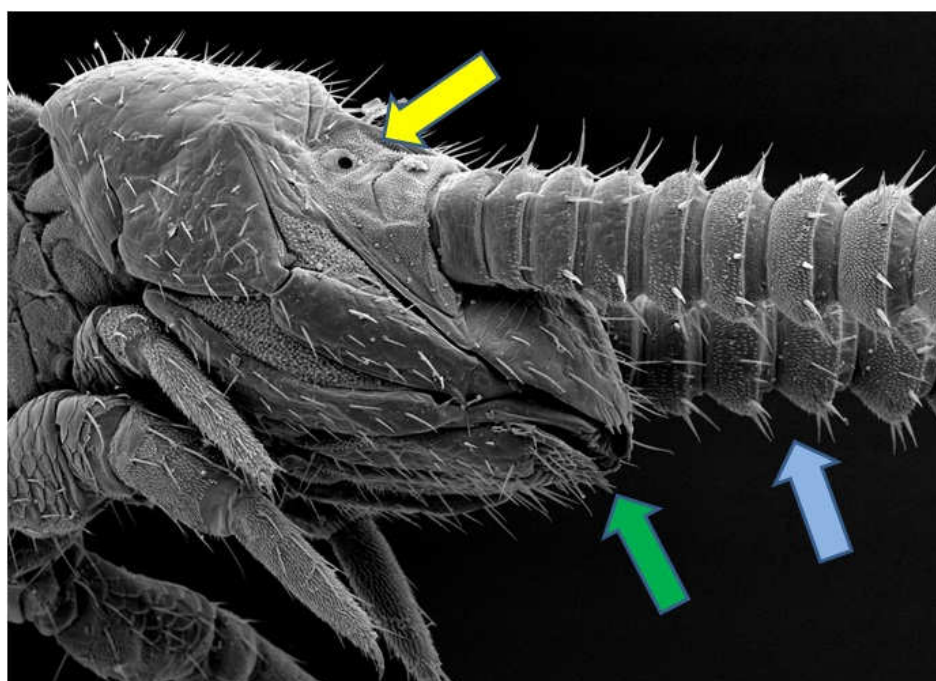
Trup má 12 článků, každý článek nese jeden pár nohou. Kyčle 3. - 11. páru nohou nesou kyčelní váčky, které slouží k dýchání.

Na telsonu je umístěn pár dlouhých smyslových vlásků a pár smyslových štětů, které mají na špičce snovací žlázy.

Dýchají **vzdušnicemi**, vylučovacím ústrojím jsou **malpighické trubice**. Ústní ústrojí je **kousací** (Obr. 59). Vyústění pohlavních orgánů se nachází na přední části těla.



Obr. 58: Stonoženka (Symphyla), přední část těla s hlavou, pohled z hřbetní strany. Šipkou jsou označené hřbetní štítky - tergity. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 59: Stonoženka (Symphyla), detail hlavy, pohled z boku. Žlutá šipka směřuje na Tömösváryho orgán, zelená na kousací ústní ústrojí a modrá na silná tykadla s korálkovitými články, vyrůstající z přední poloviny hlavy. Oči u stonoženek zcela chybí. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Stonoženky žijí pod kameny, v tlejícím listí, v humusu, v půdě, hlavně na vápencovém podkladě, jsou součástí edafonu. Jsou **všežravé**, živí se hlavně vlákny hub a odumřelými rostlinnými pletivy.

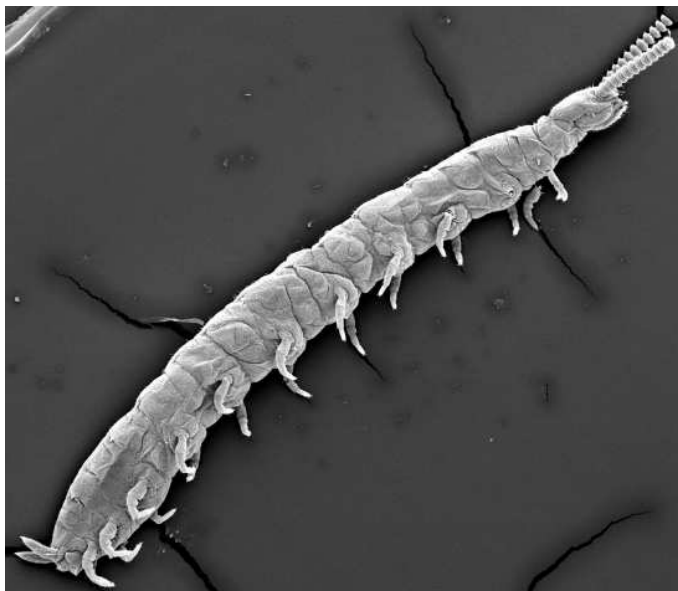
Rozmnožují se **vajíčky**, která samice kladou ve skupinkách na společné stopce. **Vývin** probíhá tzv. **anamorfosou**, což je postupný vývin přes několik mezistupňů, přičemž po každém svlékání se vytvoří další článek až do plného počtu. Nedospělá stadia mají 6 – 11 párů kráčivých nohou, u dospělců je vyvinuto 12 párů.

Jejich význam spočívá v tom, že rozkládají rostlinné zbytky a produkují trus, čímž podporují tvorbu humusu. Také vytvářejí v půdě póry, čímž ji provzdušňují. Některé druhy jsou škůdci na ananasovníku chocholatém, jemuž okusují kořenové špičky (Jižní Asie, Jižní Amerika). U nás žije asi 10 druhů stonoženek.

ZÁSTUPCI

Příkladem půdního zástupce stonoženek je stonoženka bílá (*Scutigereilla immaculata*), která je běžná pod kameny a v humusovém horizontu půdy.

FOTOGALERIE



Obr. 60: Stonoženka (Symphyla), boční pohled. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 61: Stonožka (Symphyla), konec těla se snovacími bradavkami a smyslovými štěty.
(orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Coleman D. C. a kol., 2004; Dobrouka L., 1957; Ruppert, E. E. a kol., 2004; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Nadtřída: STONOŽKOVCI (MYRIAPODA)

Třída: mnohonožky (Diplopoda)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

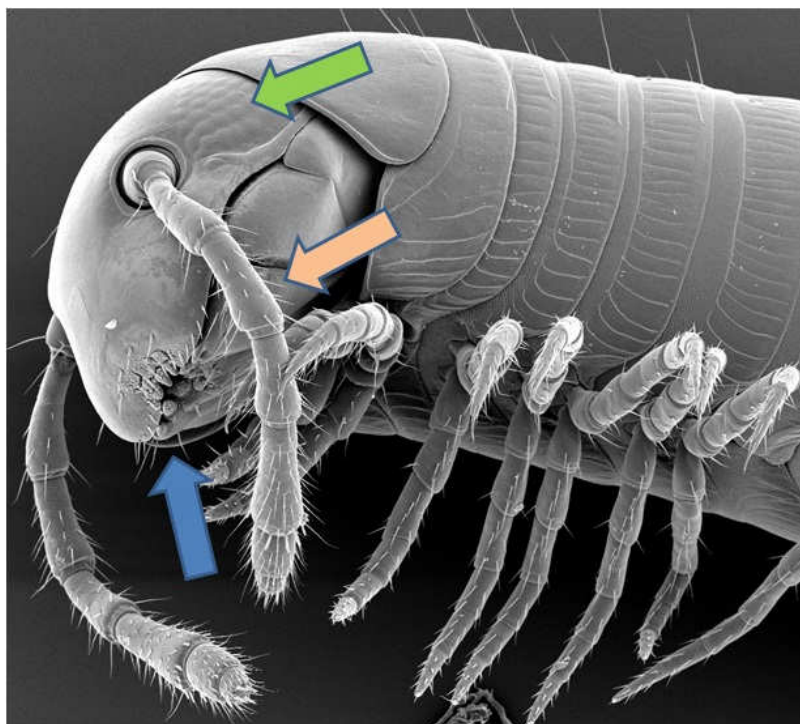
Mnohonožky jsou obvykle 2 mm až 4,5 cm velké (některé tropické druhy mohou dosahovat délky až 30 cm), bíle, žlutě, hnědě až černě zbarvené, většinou pokryté silnou kutikulou, která je prostoupená uhličitanem vápenatým.

Na hlavě je 1 pár jednoduchých nevětvených a poměrně krátkých tykadel. U tykadel je Tömösváryho orgán, což je smyslový orgán k vnímání vlhkosti a pravděpodobně i chemoreceptor. Dále jsou na hlavě umístěna jednoduchá očka uložená ve 2 skupinách na očních polích a 1 pár kusadel. 1. pár čelistí tvoří **gnathochilarium** a **2. pár čelistí je redukován**. Ústní ústrojí je **kousací**.

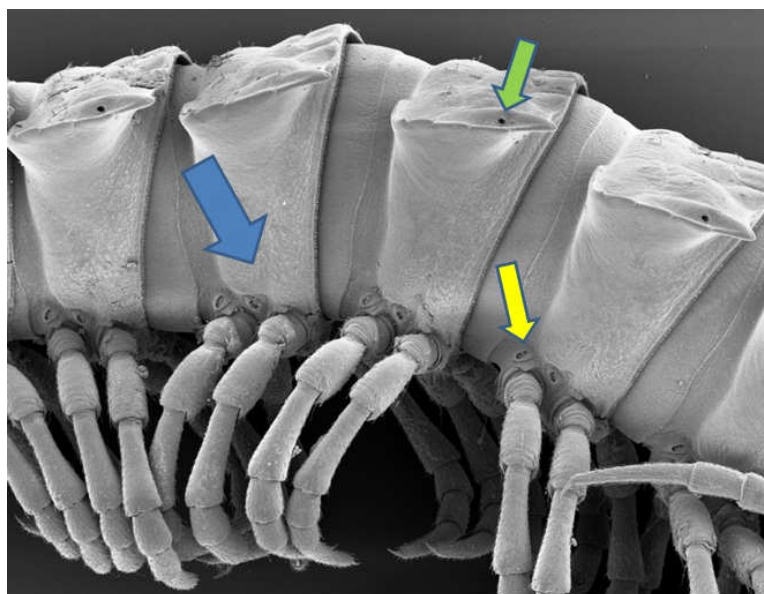
Tělo mnohonožek je **válcovité**, na průřezu kruhové (což jim umožňuje spirální stáčení), (Obr. 62) nebo půlkruhové z břišní strany zploštělé (umožňuje svinutí do kuličky). Plochule mají na hřbetní straně výběžky do stran, takže se tělo shora jeví jako ploché (Obr. 63, 67 a 68). Naše druhy mají 11 až 63 článků.

První článek trupu, tzv. krček (collum) je **bez noh**, další 3 články nesou po **1 páru noh** (Obr. 62) (na 3. článku jsou pohlavní otvory). Zbytek těla tvořen tzv. **diplosegmenty**, tzn. články, které splývají po dvou a nesou po **2 párech končetin** (Obr. 63). Poslední 2 články jsou bez nohou (Obr. 65, 71). Nohy vyrůstají z břišní strany těla směrem dolů, u samců je 1. pár nohou (tykadla) změněn v pomocné **pářící zařízení**, nohy na 7. dvojčlánku jsou přeměněné v **pářící nožky**. Telson je ukončen přívěskem (Obr. 65) (není u svinulí, Obr. 71) a je bez končetin.

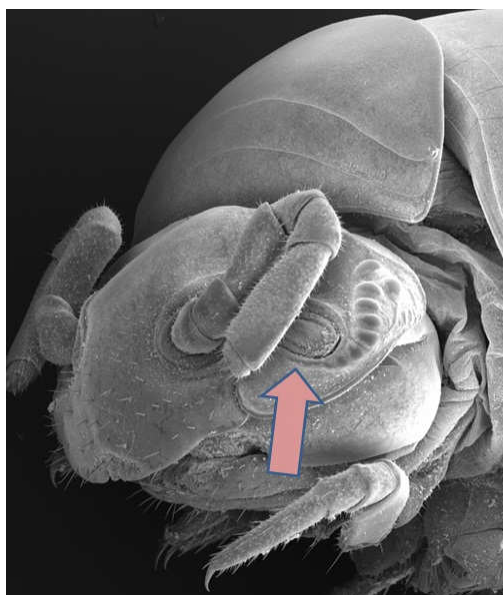
Mnohonožky dýchají **vzdušnicemi**, vyústěním vzdušnic na povrch těla jsou **průduchy** (**stigmata**), které jsou umístěné u báze končetin (Obr. 63, 69). Pohlavní orgány vyúsťují na 3. tělním článku.



Obr. 62: Mnohonožka (Diplopoda) z čeledi mnohonožkovití (Julidae), přední část těla. Na hlavě vidíme kloubně ukotvená tykadla (oranžová šipka), kousací ústní ústrojí (modrá šipka) a na vrchu hlavy skupinu jednoduchých očí (zelená šipka). (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 63: Mnohonožka plochule (*Polydesmus*) z čeledi plochulovití (Polydesmidae), tělní články, pohled z boku. Modrá šipka směřuje na 2 páry končetin na 1 tělním článku (tzn. existenci diplosegmentů). U kloubního spojení nohou jsou umístěna stigmata (žlutá šipka). Ve hřbetních štítcích jsou vyústění zápašných žláz (zelená šipka). (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 64: Mnohonožka svinule (*Glomeris*), z čeledi svinulovití (Glomeridae), detail hlavy. Šipka vpravo od vkloubení tykadla ukazuje na Tömösváryho orgán, vpravo od něj vidíme skupinky jednoduchých očí. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Kopulace probíhá pomocí přeměněných nohou na 7. a 8. tělním článku samců. Rozmnožují se **vajíčky**, která samička klade do speciálních komůrek pod zemí, kde je chrání před nebezpečím tak, že se kolem nich obtočí. Vývin probíhá v 7 stádiích, tzv. **anamorfosu**, což je postupný vývin přes několik mezistupňů, přičemž po každém svlékání se vytvoří další článek až do plného počtu. Čerstvě vylíhlé mnohonožky mají jen 3 páry nohou, postupným růstem jim přibývají tělní články s dalšími páry nohou až do dospělosti. Nejvíce končetin má americký druh *Illacme plenipes* (375 párů).

Žijí i v zimním období pod sněhem ve spadlém listí, pod kameny, pod kůrou, v mechu nebo hluboko v zemi. Vyžadují dostatečnou vlhkost prostředí, nejčastěji se vyskytují na vlhkých místech s bohatými vrstvami spadlého listí v krajinách s vápencovým podkladem, ale i na obdělávaných půdách, jsou součástí edafonu.

Živí se živou nebo mrtvou organickou hmotou rostlinného nebo živočišného původu, tj. jsou to **detritofágové** a **saprofágové**, pár druhů je dravých. Významné jsou tím, že rozkládají rostlinné zbytky a přijímají minerální částice půdy a tím podporují tvorbu humusu. Také díky svému pohybu v půdě (provrtáváním a prohrabáváním) vytvářejí v půdě póry. Některé druhy jsou škůdci především ve sklenicích a pařeništích, kde ničí rostliny okusem podzemních částí.

Mnohonožky žijí převážně nočním způsobem života, přes den jsou skryty v půdě. Mladí jedinci mají světlejší barvu než dospělci. Mnoho druhů mnohonožek je slepých. Při nebezpečí se většina druhů spirálovitě stočí, svinule se stáčejí do kuličky.

ZÁSTUPCI

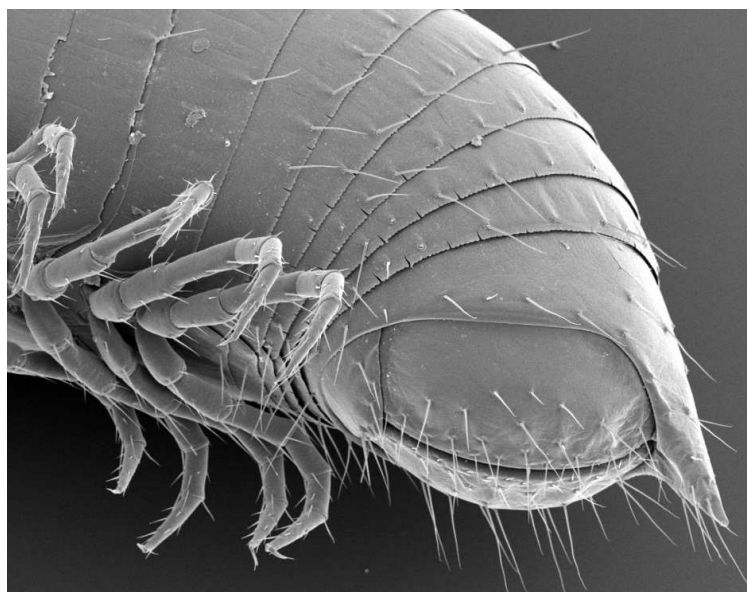
U nás je v současné době známo 73 druhů mnohonožek. Příklady půdních zástupců:

Podtřída volnoretky (Pselaphognatha) mají tělo bez inkrustace, v dospělosti mají 13 až 17 párů nohou, čelisti jsou uloženy volně (nesrostlé), patří sem **řád chlupule** (Schizocephala) a příkladem zástupce je chlupule podkorní (*Polyxenus lagurus*), ta dorůstá do velikosti cca 2 mm, má měkké tělo, pokryté krátkými štětinkami naplněnými vzduchem, na konci těla

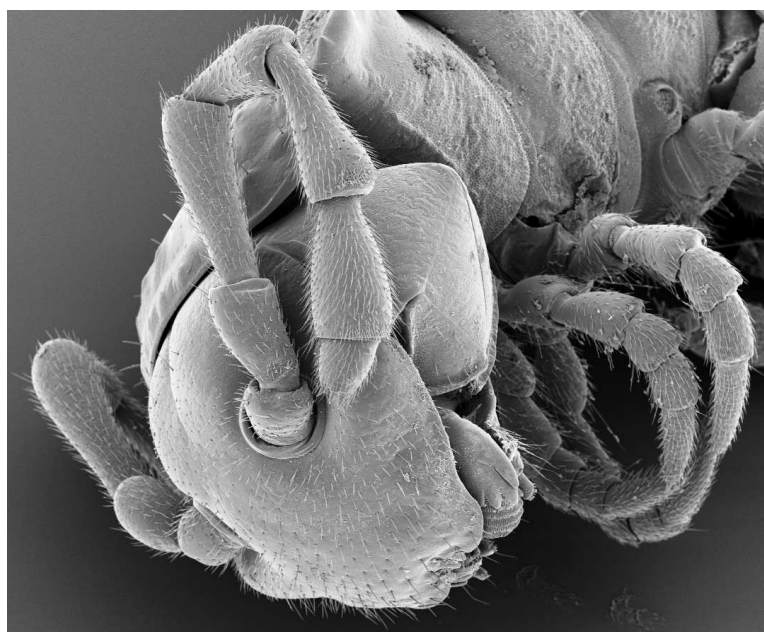
ocáskovitý přívěsek. Žije v mechu, pod kůrou a pod kameny, živí se řasami. Samci vytvářejí pavučinky, na které umísťují shluky pohlavních buněk, samice je poté nasávají do pohlavních otvorů.

Podtřída srostloretky (Chilognatha) mají inkrustovanou kutikulu, zřetelné gnathochilarium – tzn. 1. pár čelistí je srostlý, spolu s horním pyskem uzavírá ústní ústrojí. Půdní zástupci z **řádu mnohonožky** (Opistospermophora) jsou mnohonožka dvou pásá (*Schisophyllum sabulosum*), která má válcovité černohnědé tělo se dvěma podélnými žlutými pruhy na hřbetě, poslední článek je ocáskovitě protažen, mají až 45 mm a žijí ve spadném listí a pod kameny a také mnohonožka slepá (*Blaniulus guttulatus*), ta má redukované oči, takže je slepá, způsobuje škody na bramborách a jahodách, někdy je nalezena i v mraveništích. Do **řádu plochule** (Proterospermophora) patří půdní plochule křehká (*Polydesmus complanatus*), je to hnědá, 23 mm velká mnohonožka, dorzoventrálně zploštělá, tzn. z hřbetní a břišní strany, trupové články mají postranní křídélka (Obr. 63, 67 a 68), žije v opadance, pod kameny a dřevem vlhkých listnatých lesů, je slepá, samička klade vajíčka do úkrytu chráněného vrstvičkou výměšku střeva. Z **řádu svinule** (Oniscomorpha) můžeme jmenovat svinuli lesní (*Glomeris pustulata*), která má krátké, silně vyklenuté tělo schopné volvace, tzn. svinutí se do kuličky (Obr. 70), je 5 až 14 mm dlouhá, má hnědou barvu se světlými skvrnami, žije na otevřených stanovištích, pod kameny, v listí a mechu, chybí jim pachové žlázy.

FOTOGALERIE



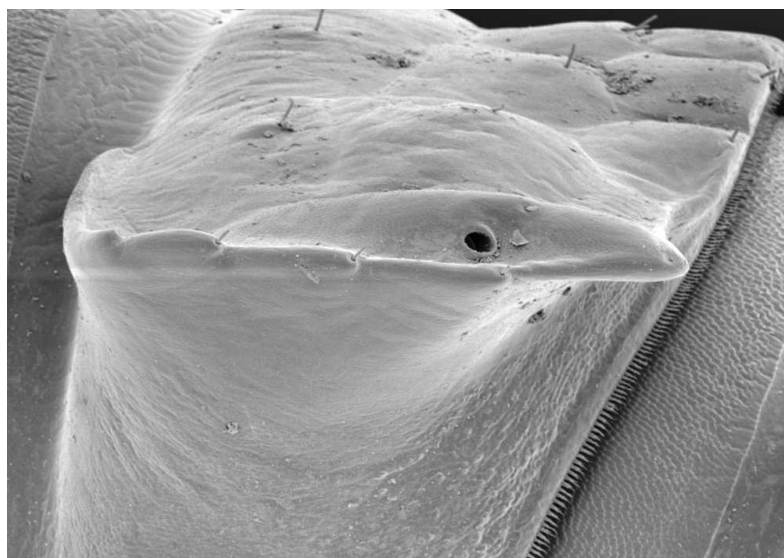
Obr. 65: Mnohonožka (Diplopoda) z čeledi mnohonožkovití (Julidae), koncová část těla. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



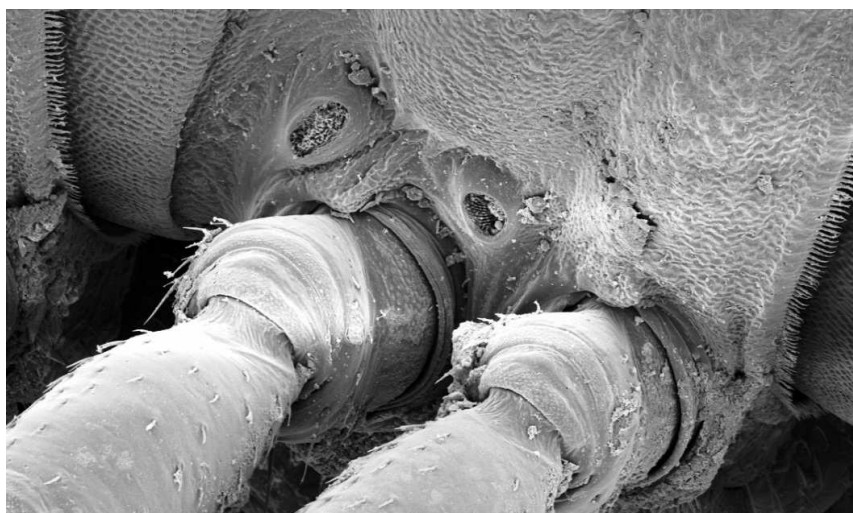
Obr. 66: Plochule (*Polydesmus*), detail hlavy. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 67: Plochule (*Polydesmus*), přední část těla, pohled z boku. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



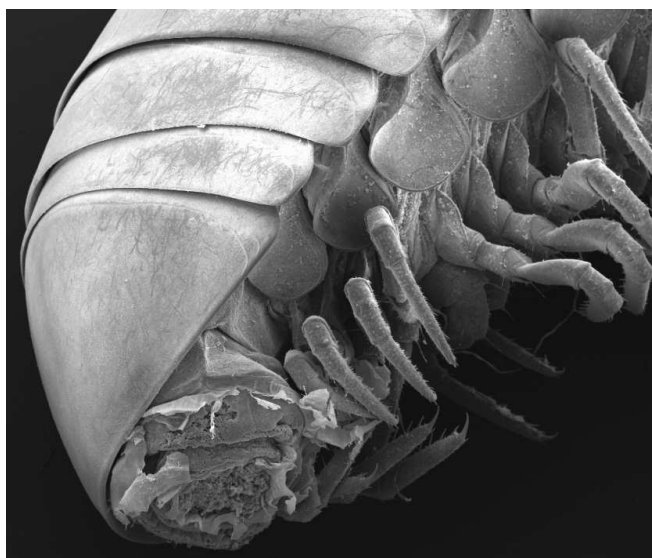
Obr. 68: Plochule (*Polydesmus*), detail postranního výběžku hřbetní strany těla, patrný je otvor obranné zápašné žlázy, typický pro mnohonožky. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 69: Plochule (*Polydesmus*), průduchy (stigmata) na trupových člancích, které přivádějí vzduch do vzdušnic (trachejí). (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 70: Svinule (*Glomeris*), pohled z boku. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 71: Svinule (*Glomeris*), koncová část těla, telson nerozdělený, oproti svinkám chybí uropody. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Bergstedt Ch. a kol., 2005; Buchar J. a kol., 1995; Coleman D. C. a kol., 2004; Farkač J. a kol., 2005; Jankovská I. a kol., 2006; Kratochvíl J., 1980; Lang J., 1957; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Hanel L., 2010

SYSTEM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Nadtřída: STONOŽKOVCI (MYRIAPODA)

Třída: stonožky (Chilopoda)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

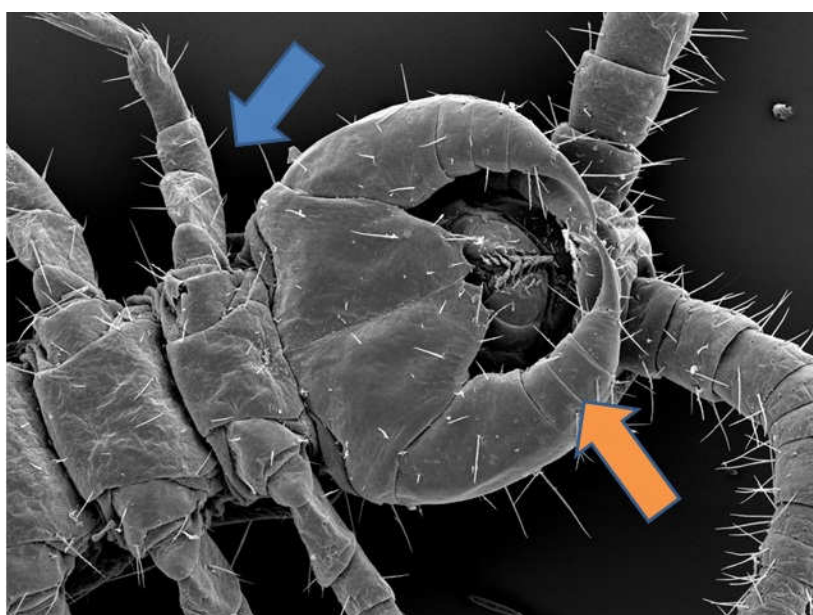
Stonožky jsou obvykle 6 – 60 mm velcí členovci (některé subtropické a tropické druhy mohou být mnohem větší), kteří jsou hnědění, žlutě nebo rezavě zbarvení.

Hlava je zřetelně oddělená od trupu, plochá, čočkovitá, ústní ústrojí kousací, po stranách většinou **jednoduché oči**, někteří zástupci jsou slepí (zemivky). Na hlavě jsou umístěny **hlavové přívěsky**. Je to 1 pár jednoduchých nitkovitých tykadel, silně sklerotizovaná kusadla a 2 páry čelistí. Na hlavě u báze tykadel mají Tömösváryho orgán, což je smyslový orgán sloužící k vnímání vlhkosti a pravděpodobně i chemoreceptor.

Tělo stonožek je dorzoventrálně zploštělé, délka vždy převládá nad šířkou. Každý tělní článek je kryt hřbetním štítkem (**tergitem**), přičemž trupové články mají buď stejně velké hřbetní štítky, nebo se střídají krátké a dlouhé. Počet trupových článků se může pohybovat mezi 10 a 191 články. Stonožky mají vždy **lichý počet článků trupu**, na každém článku **1 pár nohou** (Obr. 72, 73). V závislosti na systematické skupině, případně konkrétním druhu, mají stonožky od 15 do 177 párů nohou, které jsou zakončené hákovitě zahnutými drápkami.

Na 1. článku trupu jsou tzv. **kusadlové (čelistní) nožky** opatřené drápkami (Obr. 72, 78), které slouží k chytání a usmrcování kořisti a obsahují jedové žlázy. Na předposledním tělním článku dospělce, tzv. **genitálním článku**, ústí pohlavní orgány. Předposlední pár nohou je silnější a delší, tzv. **vlečné nohy** se smyslovými receptory (slouží k zachycení kořisti, u samců) (Obr. 75). Poslední pár končetin jsou gonopody, vnější kopulační orgány.

Stonožky dýchají **vzdušnicemi**. Vylučovacím ústrojím jsou **malpighické trubice**.



Obr. 72: Stonožka (Chilopoda), detail hlavy a přední části trupu, pohled z břišní strany. Oranžová šipka ukazuje na zahnuté kusadlové nožky zakončené drápkem. Stonožky mají na každém tělním článku po 1 páru noh (modrá šipka). (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Stonožky jsou odděleného pohlaví a rozmnožují se **vajíčky**. Samci kladou **spermatofory** na pavučinovou síťku. Spermatofor je pouzdro nebo hmota tvořená samci, obsahující spermie, která je průběhu kopulace vcelku přenesena do samičího pohlavního ústrojí.

Žijí v lesní půdě, v hrabance, pod mechem, kameny, kůrou, ve starých pařezech v údolích potoků a řek, v lesích ve všech nadmořských výškách, jsou součástí edafonu. Jsou to **dravci**, kořist uchvacují kusadlovými nožkami a usmrcují ji jedem. Živí se například hmyzem, stínkami, mnohonožkami a pavouky.

U stonožek rozlišujeme **2 typy** vývinu. Jednak je to **epimorfóza**, kdy larvální stádia mají již od začátku plný počet článků, tento typ vývinu je typický pro mnohočlenky a stejnočlenky. Druhý typ představuje **hemianamorfóza**, při které larvám postupně přirůstají tělní články, takto se vyvíjí strašníci a různočlenky. Líhnou se po celý rok, svlékají se i v dospělosti, žijí 2 – 3 roky.

Samci některých druhů stonožek tvoří jen malý počet, zato ale obrovských spermií opatřených háčkem, které se zaháknou v samičím pohlavním aparátu a tak ho úplně vyplní, čímž zabrání vniknutí spermií dalších jedinců.

ZÁSTUPCI

U nás je v současné době známo 73 druhů stonožek. Příklady půdních zástupců stonožek:

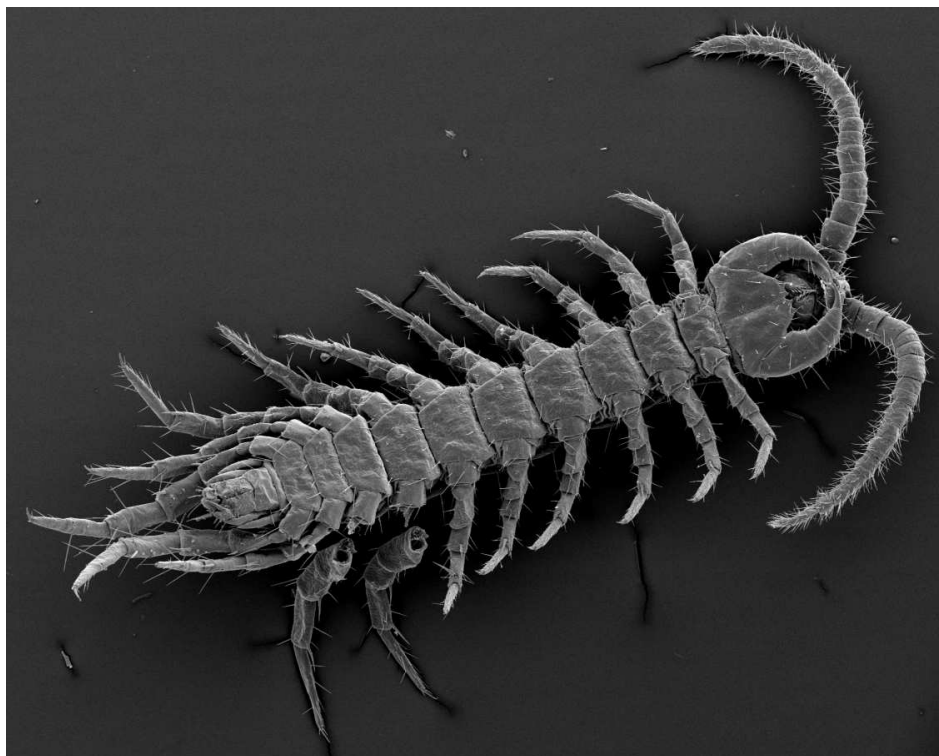
Řád strašníci (Sculigeromorpha), kam patří strašník dalmatský (*Scutigera coleoptrata*), který má ploché a poměrně krátké tělo (jen 8 hřbetních štítků), složené oči, dlouhá tykadla a nohy. Rychle se pohybuje, obývá stepní lokality jižní Moravy, je to jihoevropský druh.

Do **řádu mnohočlenky** (Geophilomorpha) patří půdní zemivka žlutavá (*Geophilus longicornis*), ta má dlouhé, štíhlé, světle žluté tělo, 20 až 50 mm, na rovnoměrných tělních člancích mají více než 30 párů krátkých končetin a je slepá. Žije v hrabance a v půdě (až do 40 cm hloubky) v chodbičkách žížal a v tlející organické hmotě, živí se dravě (malými půdními živočichy).

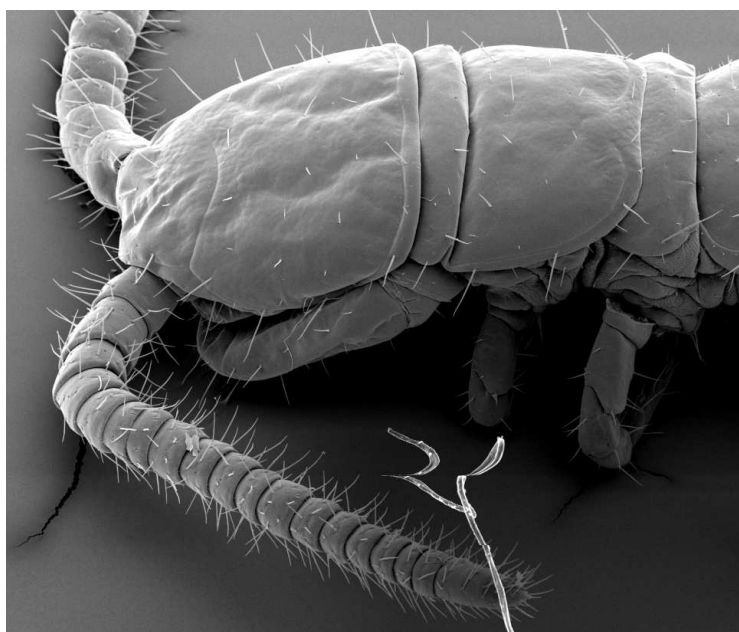
Z **řádu různočlenky** (Lithobiomorpha) můžeme jmenovat stonožku škvorovou (*Lithobius forficatus*), je to náš nejběžnější druh stonožek. Má dlouhé tělo, až 30 mm, na kterém se střídají se dlouhé a krátké tegrity a dlouhá tykadla. Mláďata mají jen 7 párů nohou, které postupně přibývají, dospělí 15 párů. Žije ve svrchních vrstvách půdy, pod kůrou, pod kameny, ve spadaném listí, loví hlavně v noci. Má vlečné nohy s hmatovou funkcí.

Z **řádu stejnočlenky** (Scolopendromorpha) je půdním zástupcem stonoha pásovaná (*Scolopendra cingulata*), která má téměř stejně dlouhé hřbetní články, krátká tykadla a silné vlečné nohy. Bolestivě a nebezpečně koušou, je to jihoevropský druh.

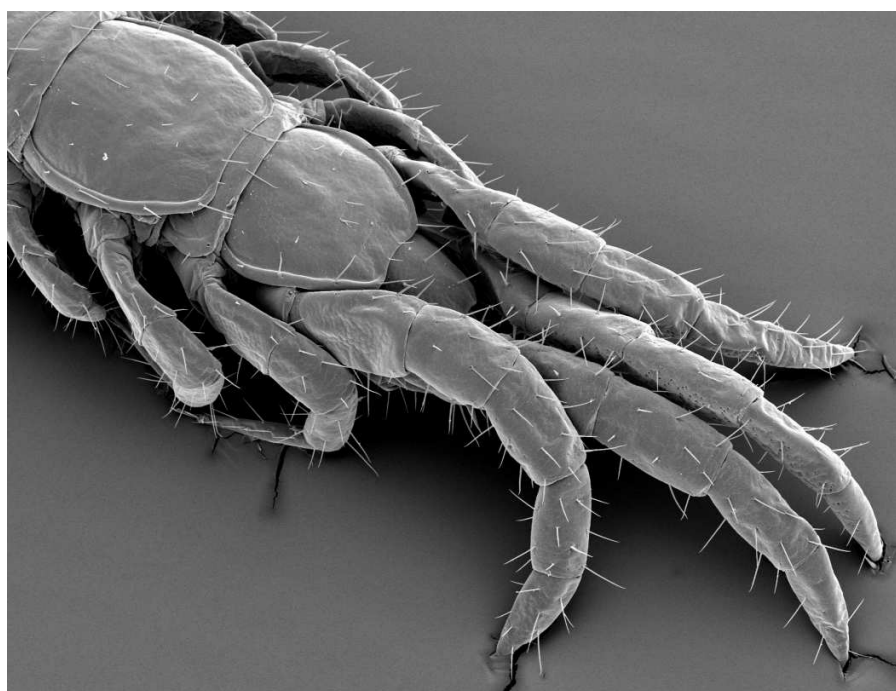
FOTOGALERIE



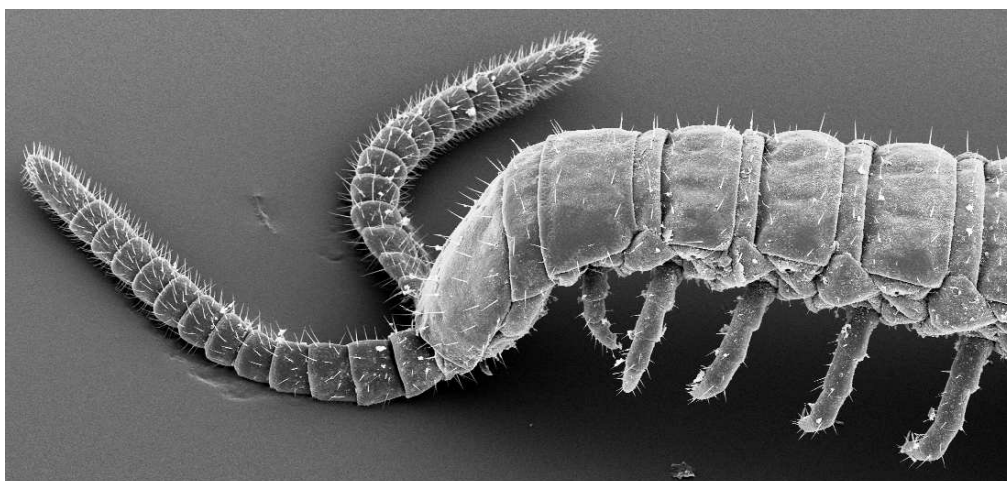
Obr. 73: Stonožka (Chilopoda) ze skupiny různočlenky (Lithobiomorpha), nedospělý jedinec, pohled z břišní strany. Stonožky mají na každém tělním článku po 1 páru noh. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



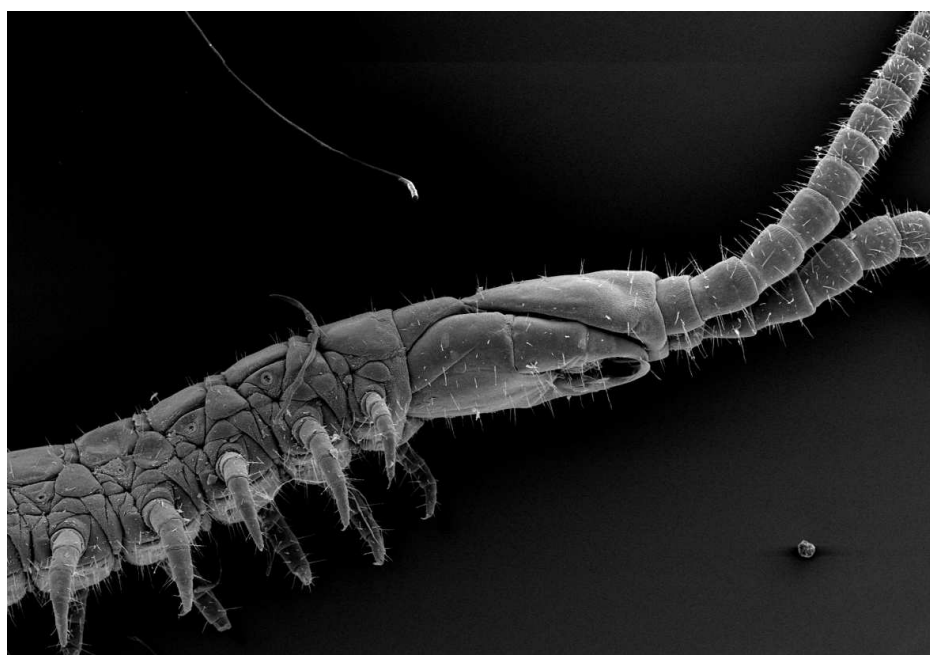
Obr. 74: Stonožka (Chilopoda) ze skupiny různočlenky (Lithobiomorpha), detail přední části těla, pohled z boku. Patrné je střídání krátkého a dlouhého hřbetního štítku. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 75: Stonožka (Chilopoda) ze skupiny různočlenky (Lithobiomorpha), předposlední pár jsou vlečné nohy, poslední pár je také prodloužený, zřejmě se jedná o nedospělého jedince. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 76: Stonožka (Chilopoda) ze skupiny mnohočlenek, rod zemivka (*Geophilus*), přední část těla, pohled shora. Kratší úseky nejsou kratší hřbetní štítky, ale pouze kutikula, která je spojuje. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 77: Stonožka (Chilopoda) ze skupiny mnohočlenek, rod zemivka (*Geophilus*). Kratší úseky nejsou kratší hřbetní štítky, ale pouze kutikula, která je spojuje. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 78: Stonožka (Chilopoda), detail hlavy, pohled z břišní strany. Vidět jsou zahnuté kusadlové nožky zakončené drápkem. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Bergstedt Ch. a kol., 2005; Buchar J. a kol., 1995; Folkmanová B., 1957; Farkač J. a kol., 2005; Jankovská I. a kol., 2006; Miersch M., 2001; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Hanel L., 2010

SYSTEM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Nadřída: Šestinozí (Haxapoda)

Třída: chvostoskoci (Collembola)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

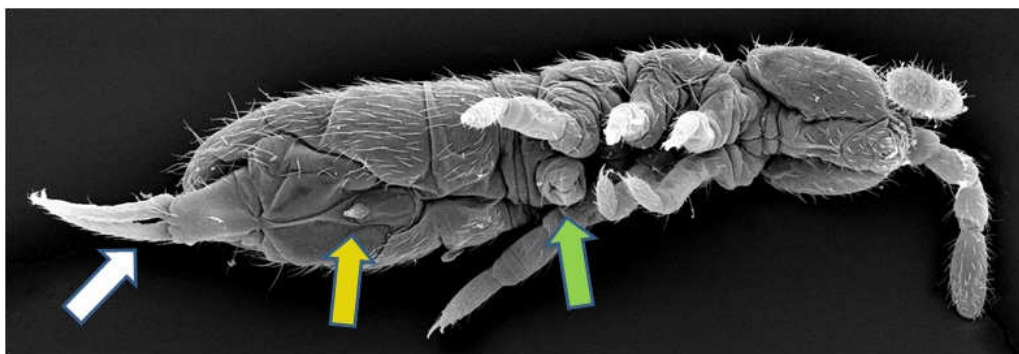
Chvostoskoci jsou drobní, bezkřídlí, bělaví nebo pestře zbarvení, 0,2 až 10 mm velcí členovci. Tělo má protáhlý až kulovitý tvar, je kryté tenkou kutikulou.

Na hlavě je umístěno **kousací nebo bodavě savé** ústní ústrojí (vkloubené uvnitř hlavové kapsule, součástí ústního ústrojí jsou nečlánkovaná kusadla) různě dlouhá **tykadla** se smyslovými útvary a **složené oči** (Obr. 80, 94) tvořené maximálně 8 ommatidii (někteří chvostoskoci oči nemají). Dále je zde **tykadlový ústroj**, který je hlavním ústrojím čichu **azatykadlový ústroj**, což je malý kulatý hrbolek pokrytý tenkou chitinovou blankou, za kterým jsou umístěny oči (oční pole mají černě zbarvené – temná skvrna).

Členění těla je různé. **Volnočlenky** (Arthropleona) mají oddělené hrudní a zadečkové články a protáhlé tělo, zatímco **srostločlenky** (Symphypleona) mají srostlé hrudní články a různě splývající články zadečku a kulovité tělo.

Zadeček má **6 článků** a nese útvary vzniklé přeměnou končetin. Na 1. zadečkovém článku je **ventrální tubus** (Obr. 79), to je krátká rourka pomocí níž se tlakem hemolymfy vychlipují váčky sloužící k přichycení k podkladu. Na 3. článku je **retinakulum** (Obr. 79), kleštičkovitá záchytky pro furku. Na 4. článku je **furka** (Obr. 79, 80 a 81) neboli skládací vidlička, která slouží k únikové reakci, u druhů žijících v hlubších vrstvách půdy může být zcela redukována. Retinakulum společně s furkou tvoří skákací aparát. Na 5. článku jsou pohlavní vývody a **trichobothrie** (smyslové vlásky), na 6. článku jsou anální trny.

Dýchají **povrchem těla**, vzdušnice (tracheje) chybějí.



Obr. 79: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Isotomidae, rod *Folsomia*, na 1. zadečkovém článku je zřetelný ventrální tubus (zelená šipka), na 4. zadečkovém článku je vidět výrazná furka (bílá šipka), na 3. zadečkovém článku je retinakulum (žlutá šipka). (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 80: Chvostoskok ze skupiny srostločlenky (Symphypleona) z čeledi Sminthuridae, rod *Sminthurus*, celkový pohled z boku. Vidět jsou dlouhá tykadla, na hlavě složené oči (bílá šipka), 3 páry kráčivých končetin a výrazná furka (červená šipka). Jedná se o typické epiedafické zástupce. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 81: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Tomoceridae, rod *Tomocerus*, pohled z boku. Patrné je ochlupení, výrazná jsou tykadla, složené oko (červená šipka) a furka (modrá šipka). Vidět je i naplněné střevo (žlutá šipka). (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Chvostokoci žijí v půdě, v lesní hrabance, na vegetaci nebo na vodní hladině. Jsou důležitou součástí edafonu, významně se podílí na tvorbě humusu, jelikož provádějí rozkladné a půdotvorné procesy. Živí se detritem a hyfami hub, rostlinnými pletivy z živých i odumírajících rostlin, jsou **saprofágní**. Někteří zástupci jsou masožraví, jiní mohou přenášet řadu virových onemocnění rostlin.

Jsou odolní proti toxinům, které se jim hromadí ve střevě a při každém svlékání jsou odvrhovány.

Samec potírá spermatofor (zásobárna spermatu) feromony. Když samici dozrají vajíčka a potřebuje je oplodnit, díky feromonům snadněji spermie najde. Vývin je typu **epimorfózy**, tzn., že larvální stádia mají již od začátku plný počet tělních článků, jsou podobná dospělci a 4-5 krát se svlékají.

Mohou se vyskytovat v ohromném množství, někdy až několik set milionů jedinců na 1 ha. V hlubších vrstvách půdy se jich vyskytuje méně než na povrchu.

Existuje několik **ekologických typů** chvostoskoků. Jendak jsou to tzv. **epigeické druhy**, které žijí převážně na povrchu půdy nebo na vegetaci. Jsou to velké, silně pigmentované (pigment slouží jako ochrana před UV zářením), většinou výrazně zbarvené druhy s dobře vyvinutými očima. Mají výrazné a dlouhé končetiny, článkovaná tykadla a furku, často jsou výrazně ochlupení. Jejich těla mají trojrozměrný tvar. **Druhy euedafické**, tzn. vlastní obyvatelé půdy, žijí ve větších hloubkách půdy (až do 20 cm), nesnášejí sluneční světlo. Jejich tělo je menší, protáhlé, nepigmentované a většinou holé. Končetiny, tykadla a furka jsou výrazně zkrácené, furka někdy úplně chybí. Tyto druhy jsou často slepé. **Druhy hemiedafické** ve všech parametrech tvoří mezistupeň mezi euedafickými a epigeickými druhy, tzn., že jsou menší, nenápadně zbarvené, oči mají částečně redukované, kratší furka, končetiny, tykadla i ochlupení. Tvar těla válcovitý. Žijí v opadu a humusu, občas vylézají na povrch.

U nás bylo zjištěno asi 400 druhů chvostoskoků.

ZÁSTUPCI

Příklady půdních zástupců chvostoskoků:

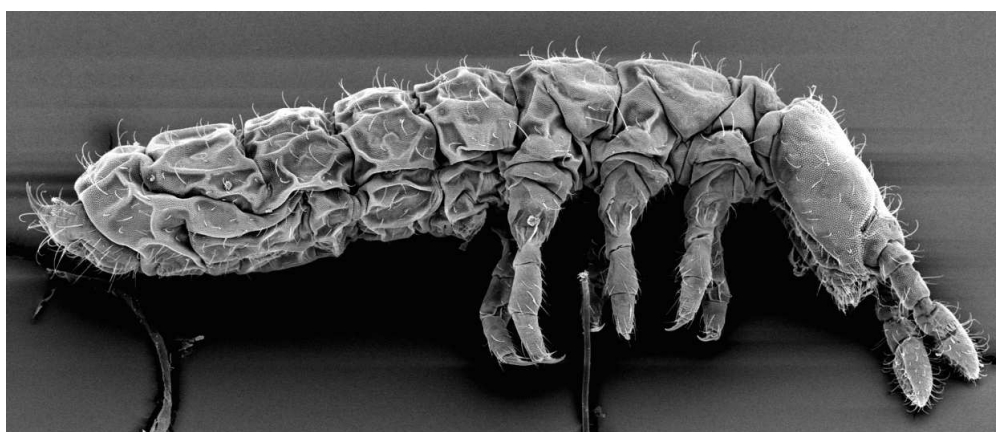
Do skupiny **srostločlenky** (Symphypleona) patří podrepka pestrá (*Sminthurus viridis*), která má kulovité tělo, žije na luční vegetaci, v létě v lesích, na trávě, na obilí.

Ze skupiny **volnočlenky** (Arthropleona) je to například mákovka vodní (*Podura aquatica*) modravě černá, asi 1 mm velká. Vyskytuje se na hladině a u břehů stojatých vod, lehce se udrží na povrchové blance vody, na které se dobře pohybuje, živí se tlejícími částmi rostlin. Dále larvěnka obrovská (*Tetodontophora bielanensis*), je to náš největší druh chvostoskoka, 6 až 9 mm, šedomodrá, žije v humusu nebo mechu vlhkých lesů. Běžná je i huňatka mechová (*Entomobrya muscorum*), která má na hrudi a zadečku má podélné tmavé pruhy, žije v mechu. Poskok škodlivý (*Folsomia fimetaria*) je škůdce ve sklenících a pařeništích, ožírání jemné kořínky rostlin a poskok měnlivý (*Isotoma viridis*) má nazelenalou barvu, často je vidět zjara na hromadě sněhu.

FOTOGALERIE



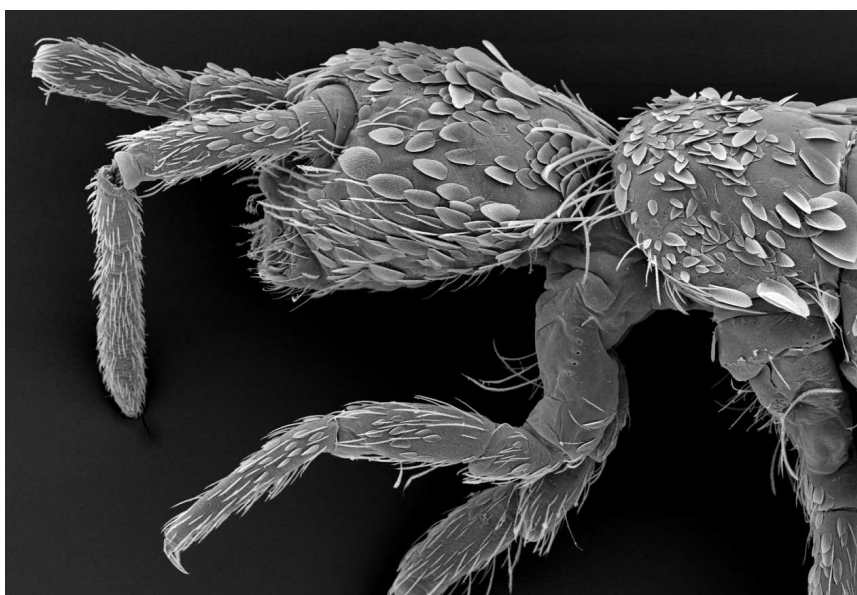
Obr. 82: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Isotomidae (poskokovítí), *Isotomiella minor* patří mezi málo pigmentované hemiedagfické druhy. Mezi posledním párem končetin je zřetelný ventrální tubus, na zadní části těla je vidět výrazná furka. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



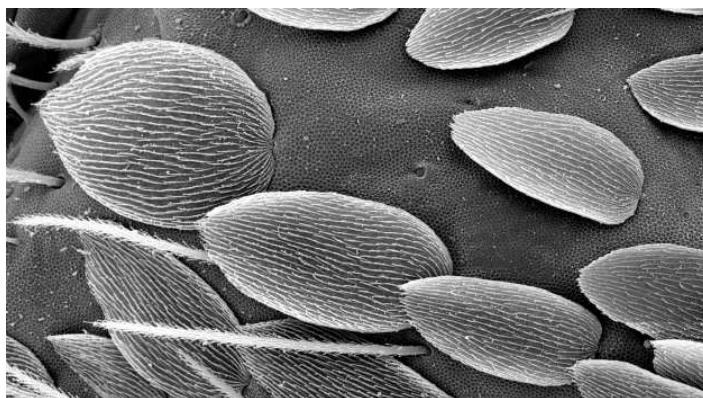
Obr. 83: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Onychiuridae, rod *Protaphorura*, patří mezi typické euedafické zástupce. Skákací aparát zcela chybí a tělo je prakticky bez pigmentu. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



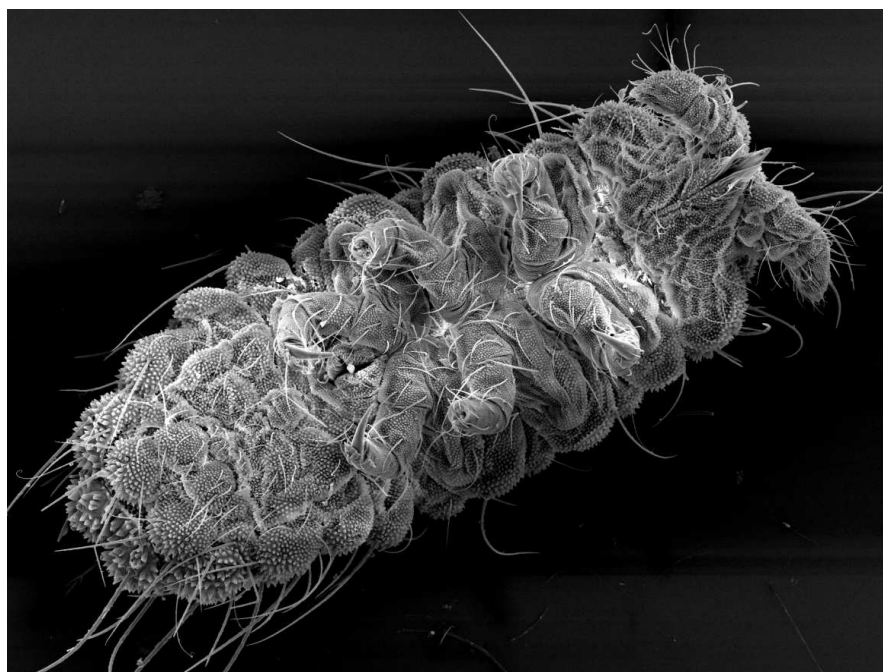
Obr. 84: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Entomobryidae, rod *Lepidocyrtus*, patří mezi typické epiedafické chvostoskoky. Zřetelný je ventrální tubus, umístěný na 1. zadečkovém článku, směřující mezi 3. pár končetin. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



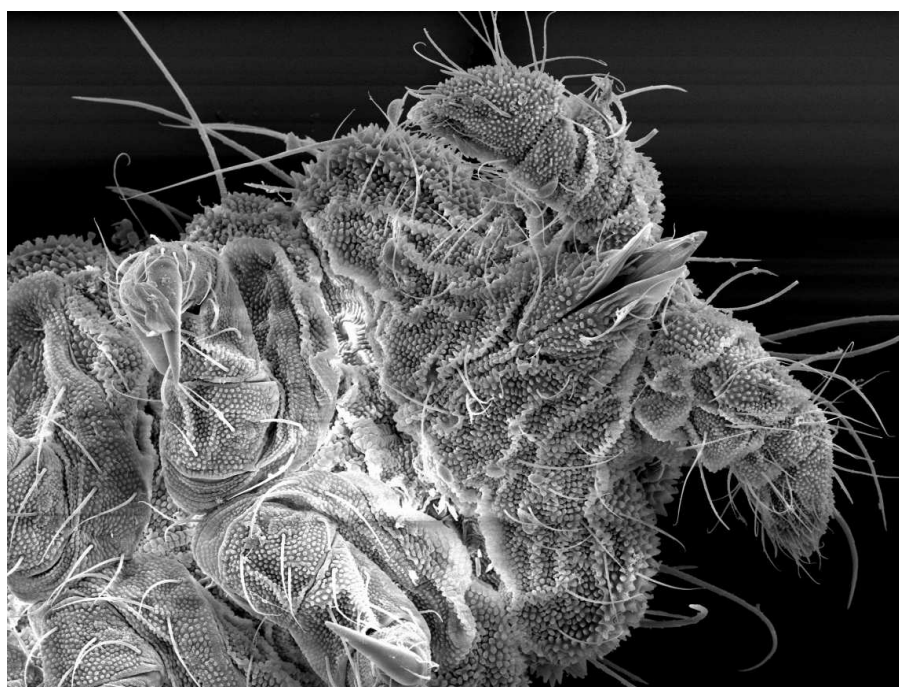
Obr. 85: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Entomobryidae, rod *Lepidocyrtus*, detail hlavy, části hrudi a 1. páru kráčivých končetin. Vidět je výrazné ochlupení a šupiny, patrné je i zakončení nohy drápkem. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



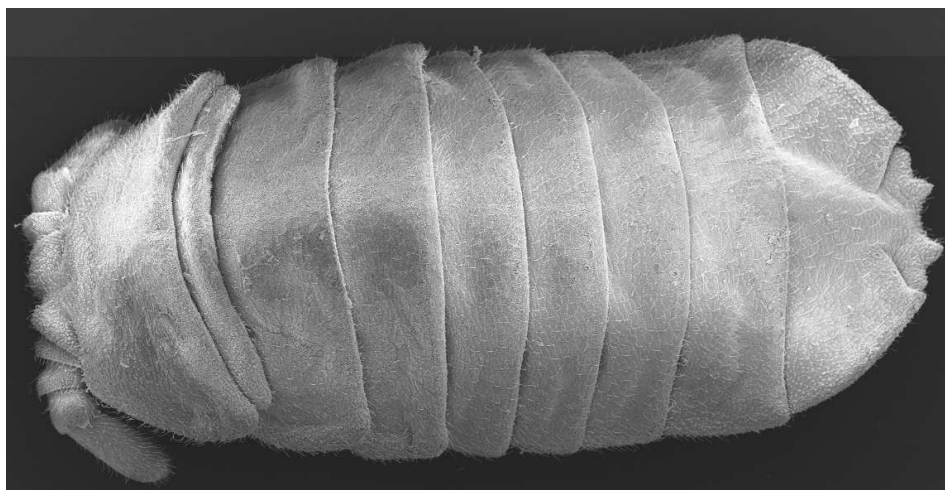
Obr. 86: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Entomobryidae, rod *Lepidocyrtus*, detail šupinek a chlupů na hlavě. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



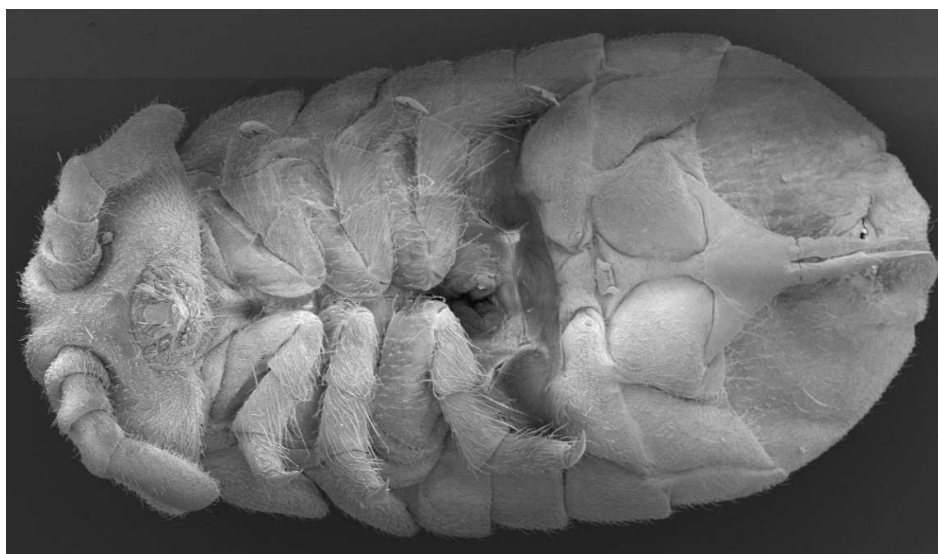
Obr. 87: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Neanuridae, pohled z břišní strany. Jedná se o typického zástupce hemiedafických chvostoskoků. Patrné jsou dlouhé drápky na koncích končetin a tělo pokryté papilkami a chlupy. Skákací aparát je naopak zcela redukovaný. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



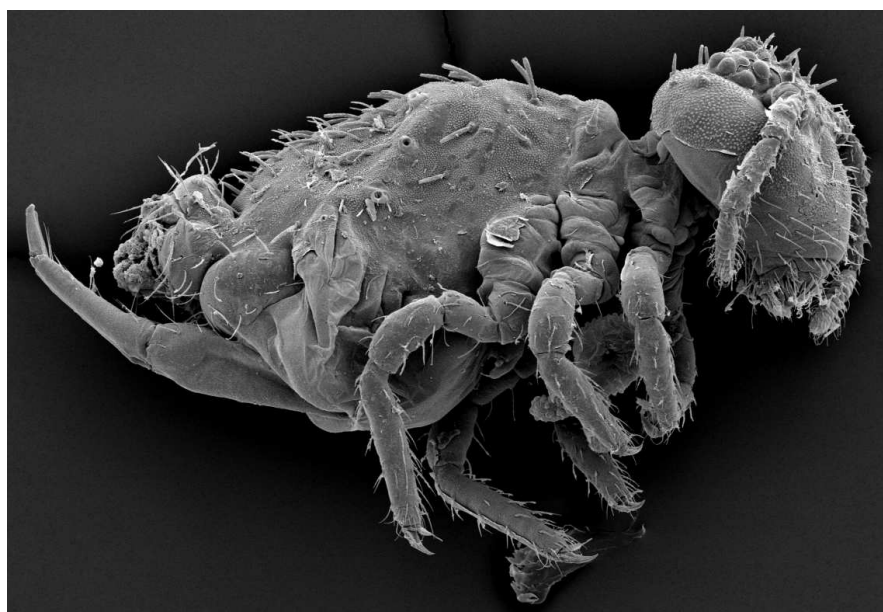
Obr. 88: Chvostokok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Neanuridae, detail hlavy z břišní strany. Mezi tykadly je dobře patrné bodavě savé ústní ústrojí. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 89: Chvostokok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Onychiuridae, larvénka obrovská (*Tetrodontophora bielansensis*), hřbetní pohled. Jedná se o největší náš druh chvostokoka. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 90: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Onychiuridae, larvénka obrovská (*Tetrodontophora bielanensis*), pohled z břišní strany. Vpravo je dobře patrná skákací vidlička (furka), která je však u tohoto zavalitého epiedafického druhu příliš krátká na to, aby mu umožňovala skákání. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



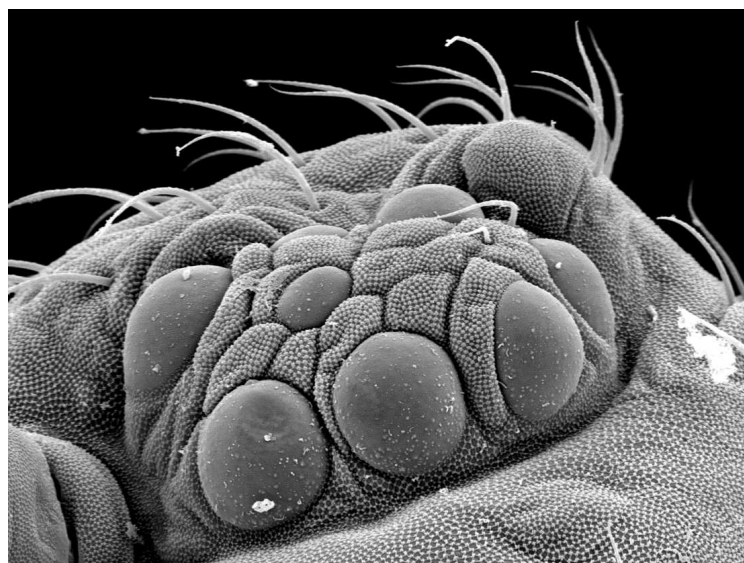
Obr. 91: Chvostoskok ze skupiny srostločlenky (Symphypleona) z čeledi Sminthuridae, *Lipothrix lubbocki*, celkový pohled z boku. Na konci těla je vidět výrazná furka. Jedná se o typické epiedafické zástupce. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 92: Chvostoskok ze skupiny srostločlenky (Symphypleona) z čeledi Sminthuridae, *Lipothrix lubbocki*, detail hlavy. Na vrcholu hlavy jsou vidět velkésložené oči. Patrná jsou také tykadla, kousací ústní ústrojí a napojení hlavy na hrud'. Jedná se o typické epiedafické zástupce. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 93: Chvostoskok ze skupiny srostločlenky (Symphypleona) z čeledi Sminthuridae, *Lipothrix lubbocki*, detail drápku na konci kráčivých končetin (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 94: Chvostoskok ze skupiny srostločlenky (Symphypleona) z čeledi Sminthuridae, rod *Sminthurus*, detail složeného oka. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 95: Chvostoskok ze skupiny srostločlenky (Symphypleona) z čeledi Sminthuridae, *Lipothrix lubbocki*, celkový pohled. Jedinec je silně pigmentovaný, což spolu s výrazně vyvinutými očima prozrazuje, že se jedná o typického epiedafického chvostoskoka. Na končetině je vidět ochlupení a zakončení drápkem. Jedná se o typické epiedafické zástupce. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 96: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Entomobryidae, rod *Lepidocyrtus* patří mezi typické epiedafické chvostoskoky. Pohled na hlavu, hrud' a přední část zadečku z boku. Mezi 3 párem končetin je vidět ventrální tubus, znatelné je i ochlupení v oblasti hrudi. Na hlavě jsou patrné dobře vyvinuté oči a v zadečkové části těla trávicí trakt naplněný potravou. Dlouhé kráčivé nohy jsou zakončeny drápky. Pigmentovaný jedinec. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 97: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Entomobryidae, druh *Lepidocyrtus*. Pohled na zadní část těla z boku. Na konci zadečku je vidět furka. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 98: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Tomoceridae, rod *Tomocerus*, hlava z boku. Patrné je ochlupení, velké složené oko a kousací ústní ústrojí. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 99: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Tomoceridae, druh *Tomocerus*, zadní část z boku. Patrné je ochlupení, drápky na koncích končetin a dkouhá furka. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 100: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Isotomidae, celkový pohled. Patrná je výrazná pigmentace těla. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 101: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Onychiuridae, celkový pohled v pohledu z boku. Jedná se o nepigmentovaného euedafického chvostoskoka bez skákacího aparátu a očí. Výrazné je naplněné střevo. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 102: Chvostoskok ze skupiny volnočlenky (Arthropleona) z čeledi Isotomidae, rod *Folsomia*, celkový pohled. Pigmentovaný jedinec s krátkou furkou, typický představitel hemiedafických chvostoskoků. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Bergstedt Ch. a kol., 2005; Jankovská I. a kol., 2006; Miersch M., 2001; Nosek J., 1957; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Tilling S. a kol., 2001; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Nadřída: Šestinozí (Haxapoda)

Třída: hmyzenky (Protura)

ANATOMIE A MORFOLOGIE

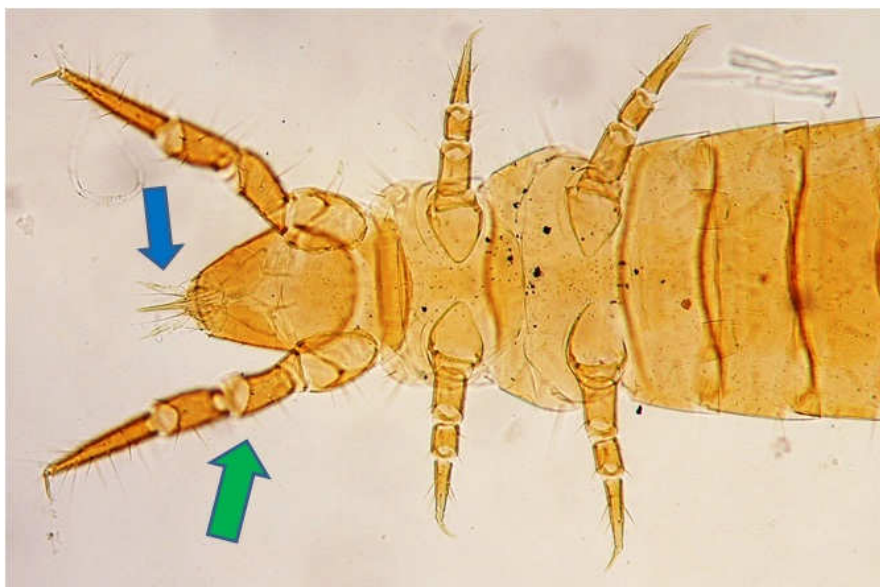
Hmyzenky mají bezkřídlé, protáhlé, slabě pigmentované protáhlé tělo 0,5 až 2,5 mm dlouhé, řídce porostlé krátkými štětinkami (Obr. 104).

Tělo hmyzenek je členěno na předohrud', středohrud', zadohrud' a zadeček. **Tykadla a oči chybí**, jejich funkci nahrazuje první pár končetin (Obr. 103, 104, 105). Mají čelistní makadla, po stranách hlavy leží **pseudoculus**, což je čočkovitý smyslový orgán, zbytek tykadel. Ústní orgány mají **bodavě savé** (Obr. 103), vkloubené **uvnitř** hlavové kapsule.

První pár nohou směřuje dopředu a neslouží k pohybu, ale smyslovou a uchvacovací funkci. Jsou velmi pohyblivé díky rozdělení štítků předohrudí na více samostatných. Další 2 páry nohou slouží k pohybu (Obr. 103, 104).

Zadeček je tvořen 12 články včetně telsonu, na prvních třech jsou zachované rudimenty (zbytky) končetin. Na 11. článku zadečku vyúsťuje pohlavní soustava.

Dýchají **vzdušnicemi**, na středohrudí a zadohrudí je umístěno po 1 páru průduchů (stigmat). Malpighické trubice chybí.



Obr. 103: Hmyzenka (Protura), přední část těla. Modrá šipka ukazuje na bodavě savé ústní ústrojí, zelená na 1. pár končetin, který směřuje dopředu a přebírá smyslovou funkci chybějících tykadel. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

BIOLOGIE A VÝZNAM

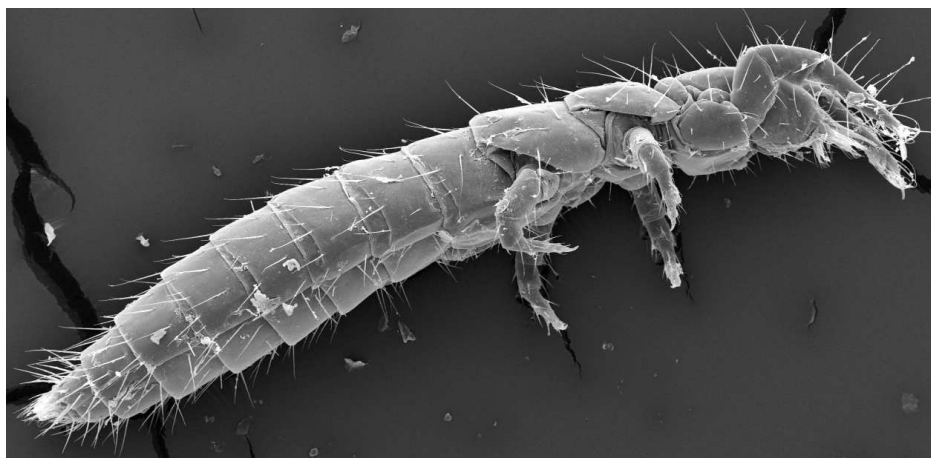
Hmyzenky jsou **gonochoristé**, což znamená, že mají oddělené pohlaví. Vývin probíhá **anamorfosou**, tzn., že z vajíčka se líhne larva s 8 články zadečku, po každém svlékání se vytvoří další článek až do plného počtu 12 článků.

Žijí v půdě s určitým stupněm vlhkosti a dostatkem tlejících látek, skrytě v detritu (rozpadající se odumřelá organická hmota), v opadance, půdním humusu, v mechu, pod kameny, tlející kůrou pařezů, jsou součástí edafonu. V 1 m² půdy žije maximálně 1000 až 7000 jedinců. Přesto, že nejsou úplně přizpůsobené k hrabání, dokážou se dostat do hloubky až 25 cm. Živí se vysáváním vláken hub. U nás je známo asi 30 druhů.

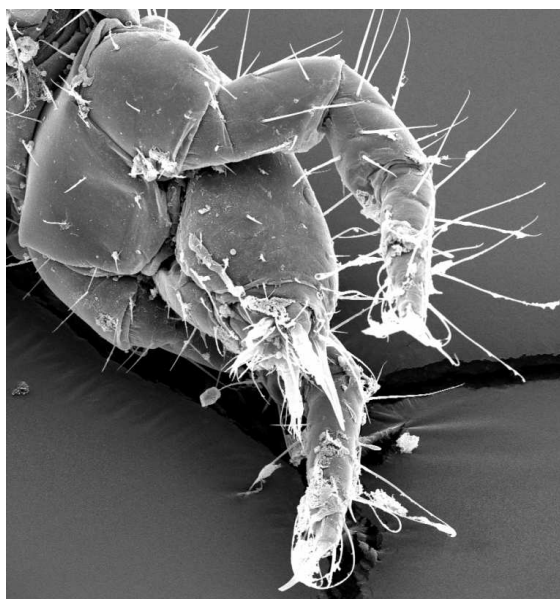
ZÁSTUPCI

Příkladem půdního zástupce hmyzeček je hmyzenka půdní (*Acerentomon doderoi*) je to běžný druh, žije v půdě smíšených lesů.

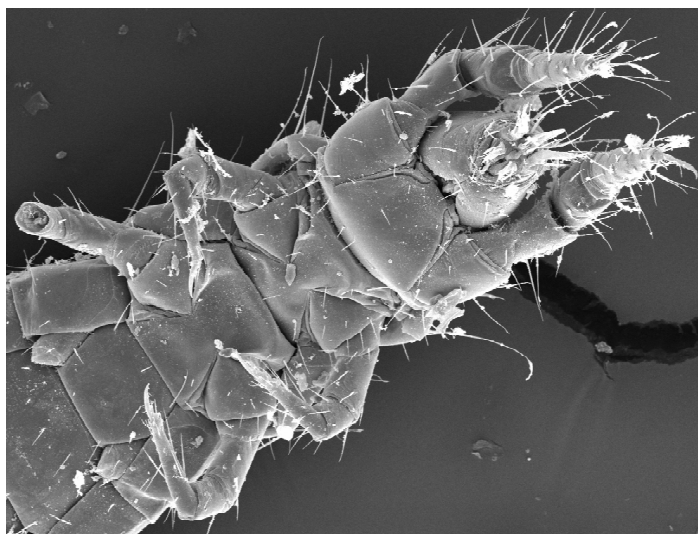
FOTOGALERIE



Obr. 104: Hmyzenka (Protura), pohled z boku, jasně je vidět první pár nohou, směřující dopředu a zvednutý nad hlavu, který přebírá funkci chybějících tykadel. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 105: Hmyzenka (Protura), detail hlavy s bodavě savým ústním ústrojím a prvního páru nohou. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)



Obr. 106: Hmyzenka (Protura), přední část těla, pohled z břišní strany. Vlevo dole jsou patrné rudimenty zadečkových končetin, výrazné je bodavě savé ústní ústrojí na hlavě. (orig. Jana Dvořáková, 2010, SEM)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Coleman D. C. a kol., 2004; Jankovská I. a kol., 2006; Kratochvíl J., 1957; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Nadřída: Šestinozí (Haxapoda)

Třída: vidličnatky (Diplura)

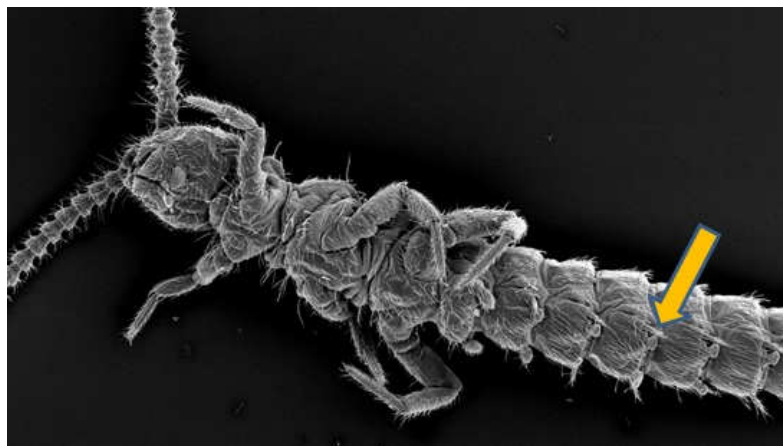
ANATOMIE A MORFOLOGIE

Vidličnatky jsou 3 – 50 mm velké, štíhlé, protáhlé, zploštělé, slabě pigmentované tělo pokryté krátkými chloupky.

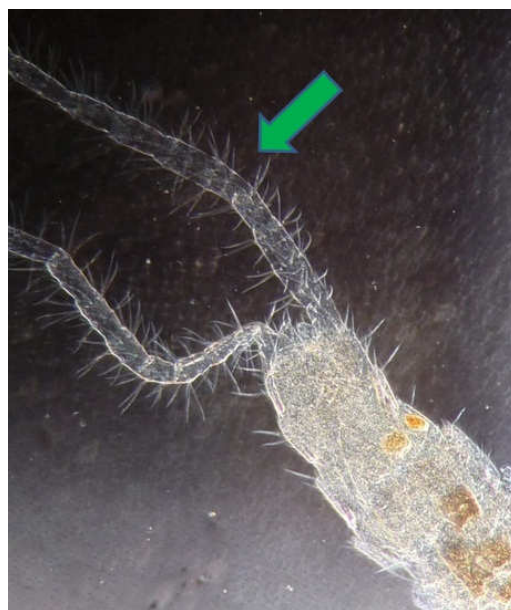
Hlava je oválná, je na ní pár dlouhých, vícečlánekových tykadel. **Nemají oči. Ústní ústrojí kousacího typu** mají ukryté v přední části hlavy.

Hruď nese 3 páry kráčívých nohou. Zadeček má 11 článků. Na 1. až 7. zadečkovém článku jsou nečlánekované zbytky končetin (**styly**) a zvláštní vychlípitelné váčky (Obr. 107). Na 8. článku zadečku je umístěn **pohlavní otvor**.

Na posledním článku je buď pár dlouhých a vláknitých článkovaných štětů (**štětinatky**) (Obr. 108) nebo pár krátkých klíškovitých štětů (**škvorovky**).



Obr. 107: Vidličnatka rodu *Campodea* ze skupiny štětinatek (Campodeina), na břišní straně zadečkových článků jsou nečlánekované zbytky končetin – styly (šipka) a vychlípitelné váčky. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 108: Vidličnatka rodu *Campodea* ze skupiny štětinatek (Campodeina), štěty na konci zadečku (šipka). (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)

BIOLOGIE A VÝZNAM

Žijí ve svrchních vrstvách půdy, ve spadaném listí a pod kameny. Živí se rostlinným materiálem, zbytky těl živočichů a někdy i drobnými živočichy, např. chvostoskoky.

Samci odkládají spermatofor na podklad, oplozená vajíčka samice kladou v hroznovitých snůškách do půdy. Některé škvorovky pečují o potomstvo. Vývin je typu **epimetabolie**, tzn., že dospělá stádia jsou nepatrně odlišná od nedospělých stádií.

ZÁSTUPCI

Příklady půdních zástupců vidličnatek

2 skupiny:

Podtřída: štětinatky (Campodeina)

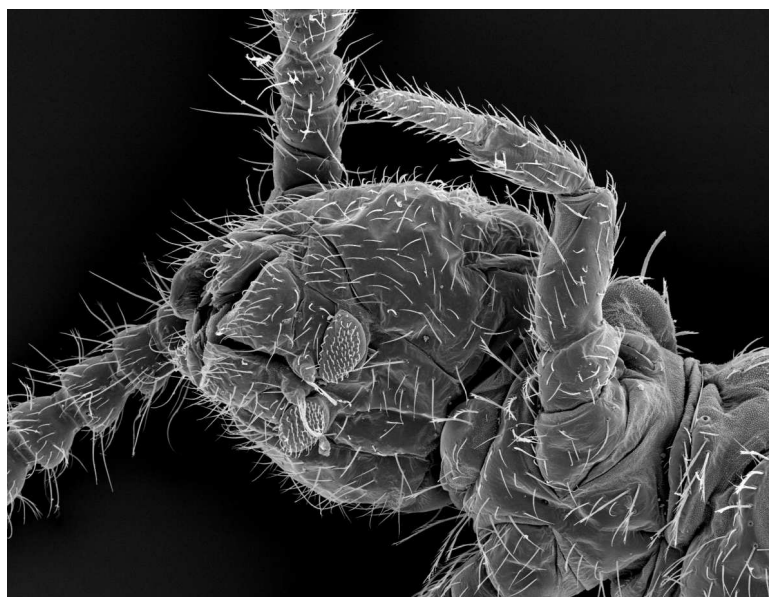
Štětinatky jsou slabě sklerotizovaní členovci s protáhlým, bělavým, nejvýše 10 mm dlouhým tělem. Na konci zadečku je pár dlouhých, vláknitých, vícečlankovaných štětů (cerci) končetinového původu, které se velmi snadno odlamují. Žijí v půdě, jsou to

saprofágové i fytofágové. V naší fauně je asi 7 druhů patřících do rodu štětinačka (Campodea). Příkladem půdního zástupce štětinaček je štětinačka křehká (*Campodea fragilis*), která je 8 – 10 mm, dlouhá, světlá, běžně v lesích pod kameny.

Podtřída: škvorovky (Japygina)

Tělo škvorovek je silněji sklerotizované než u štětinaček a je zbarveno spíše do žluta. Naše druhy jsou malé, do 10 mm, ale tropické druhy mohou dorůstat až 50 mm. Štěty na konci těla jsou kleštičkovité, nečlánkované, podobně jako u škvorů. Žijí v půdě a živí se dravě, většinou zachycují kořist pomocí klíškovitých štětů za současného ohnutí zadečku dopředu. V naší fauně jsou známy 3 druhy, které jsou vázány převážně na teplé stepní oblasti.

FOTOGALERIE



Obr. 109: Vidličnatka rodu *Campodea* ze skupiny štětinaček (*Campodeina*), detail hlavy, pohled z břišní strany. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Kratochvíl J., 1980; Sedlák E., 2000; Šifner F., 2004; Tilling S. a kol., 2001; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

SYSTÉM

Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA)

Nadřída: Šestinozí (Haxapoda)

Třída: hmyz (Insecta) – příklady larev v půdě

ANATOMIE A MORFOLOGIE

Larvy jsou často beznohé (dvoukřídlí) nebo naopak se třemi páry nohou na hrudi a panožkami i na zadečku (larvy motýlů, blanokřídlých, srpic), případně bez zadečkových panožek (brouci). Některé larvy mají specializované hrabavé orgány (krtonožky, larvy cikád) nebo oporné orgány, které slouží k vzepření při rytí (např. některé larvy brouků kovaříků). Larvy brouků nemají panožky na zadečku, ale mají většinou dobře vyvinuté hrudní nohy.

BIOLOGIE A VÝZNAM

V půdě nebo na povrchu půdy najdeme mnoho larev a kukel různých skupin hmyzu, některé zde žijí i v dospělosti. Někdy v půdě nalezneme zástupce, kteří hledají v půdě pouze úkryt nebo se do ní zavrtají náhodně. Larvy hmyzu se v půdě vyskytuje v počtech až několik 1000 jedinců na m².

ZÁSTUPCI

Vzhledem k tomu, že je hmyz velice rozsáhlá a rozrůzněná skupina, uvádím dále pouze několik vybraných příkladů.

Larvy dvoukřídlých (Diptera) (Obr. 114, 115) mají protáhlé beznohé tělo, klínovitou, sklerotizovanou, hnědě zbarvenou a dopředu zúženou hlavu (někdy může hlava chybět). Ústní ústrojí je kousacího typu. Zadeček je tvořen 8 až 9 články. Stigmata jsou umístěny na předohrudi, zadohrudi a posledním článku zadečku.

Jednotlivé skupiny žijí v půdě, v rostlinách, trouchnivém dřevě, v hostitelských živočiších, v bahně, humusu a v exkrementech živočichů. Jsou dravé nebo saprofágní. Procházejí

nejčastěji 3 až 6 stádií vývinu. Většina larev dvoukřídlého hmyzu se několikrát svlékne a poté se zakuklí, některé druhy kladou vajíčka, jiné rodí živé larvy (např. masařky) nebo dokonce úplně vyvinuté larvy, které se hned po narození zakuklí (puporodky). V půdě jsou typičtí např. tiplicovití, kroužilkovití, březnicovití či bráněnkovití

Larvy brouků (Coleoptera), kovaříkovitých (Elateridae) se lidově nazývají drátovci (Obr. 112, 113), jsou podle druhu různě dlouhé, až 40 mm. Vývin od vajíčka po imago trvá 4 až 5 let. Žijí v půdě a živí se kořeny rostlin nebo jsou dravé, býložravé druhy způsobují velké škody na průmyslových i kulturních plodinách (řepa, brambory, zelenina) a to nejen na vzrostlých rostlinách, ale i na čerstvě zasetých semenech. Dospělý jedinec neškodí.

Larvy brouků (Coleoptera), střevlíkovitých (Carabidae) mají plně vyvinuté končetiny a jsou velmi pohyblivé. Jsou většinou dravé, procházejí 3 stádií vývinu, jehož délka je od několika týdnů až po téměř rok, podle způsobu života Žijí na povrchu půdy nebo v půdě, larvy se kuklí v půdní komůrce.

Larvy brouků (Coleoptera), drabčíkovitých (Staphylinidae) jsou dravé, živí se například larvami dvoukřídlých, stejně jako dospělci. Larvy jsou velmi pohyblivé, procházejí třemi vývojovými stádií, kuklí se v měchu nebo v půdě, kde přezimují.

Larvy brouků (Coleoptera), vrubounovitých (Scarabaeidae) jsou typu ponravý. Vývin probíhá v trouchnivějícím dřevě, humusu, v kompostu nebo v půdě. Samice vrubounů vytvářejí komůrky v půdě, kam nachystají trus jako potravu pro larvy, larvy postupně vyžírají náplň komůrky a po 3 vývojových stádiích se v komůrce zakuklí. Larvy chroustů se vyvíjejí v půdě a živí se kořeny rostlin, délka vývinu je 2 až 5 let.

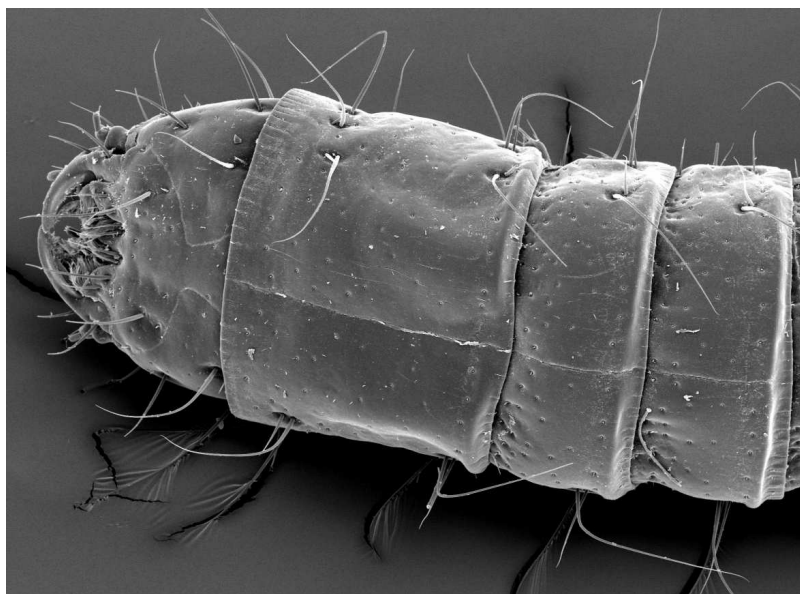
FOTOGALERIE



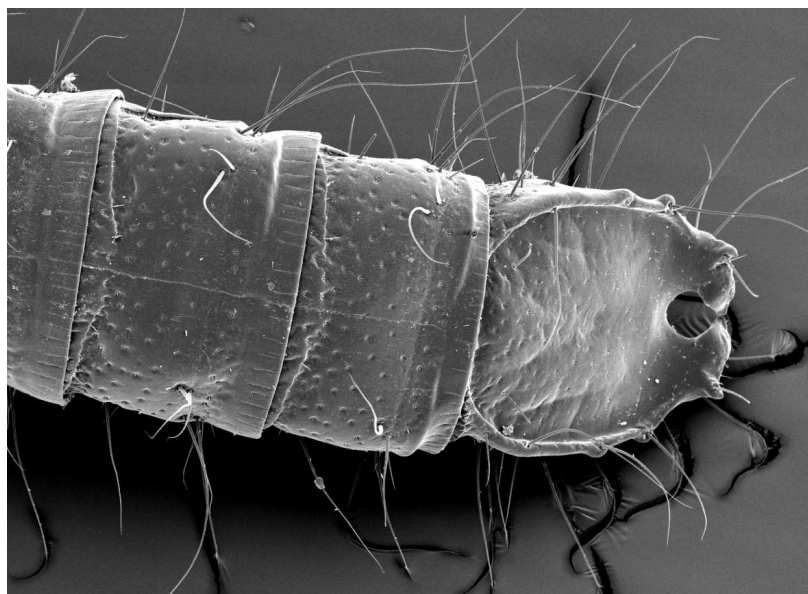
Obr. 110: Larva blíže neurčeného zástupce řádu brouci (Coleoptera), detail hlavy a přední části hrudi. (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



Obr. 111: Larva blíže neurčeného zástupce řádu brouci (Coleoptera), detail zakončení zadečku (orig. Jana Dvořáková, 2013, světelný mikroskop, L. Fauré)



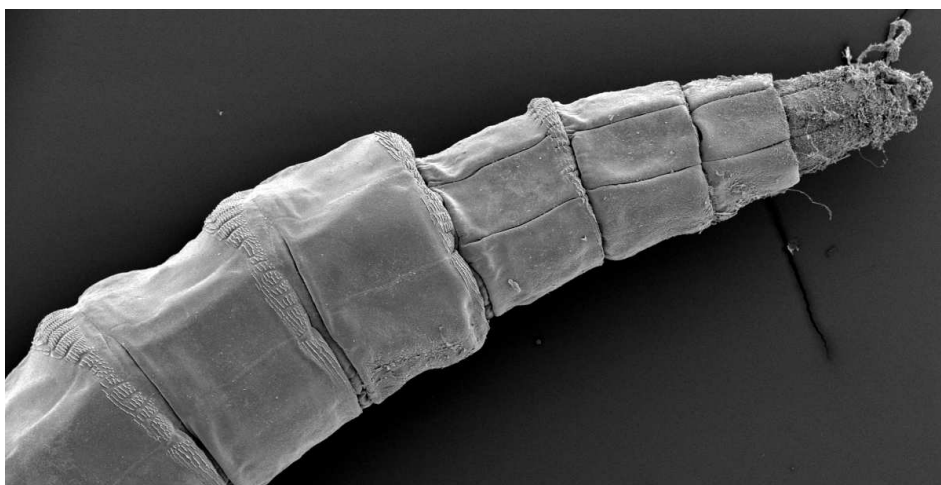
Obr. 112: Larva kovaříkovitých brouků (čeleď Elateridae), lidově zvaná drátovec, detail hlavy v pohledu shora. Klínovitě utvářená hlava slouží k rytí chodbiček v půdě. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 113: Larva kovaříkovitých brouků (čeleď Elateridae), lidově zvaná drátovec, detail konce zadečku při pohledu shora. U tohoto zástupce je konec zadečku zakončený lopatkovitým útvarem, kterým se jedinec zapírá při rytí chodbiček v půdě. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 114: Larva blíže neurčeného zástupce řádu dvoukřídlých (Diptera), detail přední části těla s částečně redukovanou hlavou. Nohy zcela chybějí. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)



Obr. 115: Larva blíže neurčeného zástupce řádu dvoukřídlých (Diptera), detail konce těla. (orig. Jana Dvořáková, 2012, SEM)

POUŽITÁ LITERATURA A DALŠÍ ZDROJE

Buchar J., a kol., 1995; Coleman D. C. a kol., 2004; Pechlát J., 2005 – 2010; Hanel L., 2010; Mourek J., 2010

5. Diskuse

Přínos této práce je v tom, že podobný výukový materiál zaměřený na půdní členovce není v češtině dostupný. Mnoho publikací se půdními členovci a jejich vzájemnými vztahy zabývá (např. Bährmann a kol., 1995; Coleman a kol., 2004; Frouz a, Křišťůfek, 2000; Jankovská a kol., 2006; Jeffery a kol., 2010; Kratochvíl, 1980; Kratochvíl a kol. 1957; Malý. a kol., 2001; Miko, 1993; Ruppert a kol., 2004; Daniel, Černý a kol., 1971; Sedlák, 2000; Šifner, 2004; Smrž a kol., 2004; Tilling a kol., 2001; Buchar a kol., 1995), ale webové stránky zaměřené na toto téma, doplněné fotografiemi ze SEM a světelného mikroskopu s didaktickými prvky a tematickými doplňujícími materiály pro výuku zatím neexistuje.

Na rozdíl od klíčů zvířeny (Kratochvíl a kol, 1957; Daniel, Černý a kol, 1971), které obsahují velké množství odborných informací je tato práce (atlas půdních členovců) odlišná v tom, že jsem se snažila o zestručnění a zpřehlednění textů (rozdělení do sekcí anatomie a morfologie, biologie a význam atp.) a díky tomu a fotografiím i o zpřístupnění informací mladším studentům.

Oproti určovacím klíčům (Buchar a kol., 1995; Tilling a kol., 2001) (v této práci se určování členovců nezabývám), které jsou také zestručněné a přehledné, je tento atlas zase doplněn fotografiemi ze skenovacího a světelného mikroskopu (v určovacích klíčích jsou obvykle pouze obrázky).

Atlas půdní biodiversity (Jeffery a kol., 2010), se podobně jako tato práce snaží o popularizaci půdních členovců především pomocí fotografií ze SEM a světelného mikroskopu, zpracování je v podobném duchu jako moje práce, ale zde se dostáváme k tomu, že se nejedná o česky psanou publikaci, tudíž v tom je hlavní rozdíl oproti tento atlasu půdních členovců, také není didakticky zaměřen (šipky ve fotografiích apod., doplňující materiály - výuková prezentace zaměřená na půdní členovce, návody na terénní a laboratorní práce, didaktický test, pracovní list a návrh na didaktickou hru).

Jediným mě známým výukovým materiálem, který je v současné době na trhu, je učebnice nakladatelství Fraus (Bergstedt a kol., 2005), která se půdními členovci v jedné kapitole (Živočichové v půdě) zabývá a nabízí zde řadu návrhů na pokusy a další úlohy pro laboratorní práce. Tato práce je oproti této učebnici odbornější (učebnice je určena pro

integrovanou výuku na základních školách), obsáhlejší (co se týče množství informací), specializovanější na půdní členovce a obsahuje nejen návrhy na terénní a laboratorní práce, ale i další výukové materiály (viz výše) a v neposlední řadě i mnoho vlastních fotografií ze skenovacího a světelného mikroskopu (některé doplněné šipkami, které ukazují na důležité anatomické útvary dané skupiny).

6. Závěr

Cíle práce se mi podařilo splnit podle mých představ. Původní atlas z bakalářské práce je rozšířen o slibované skupiny členovců. Vytvořila jsem mnoho nových fotografií pomocí skenovacího elektronového a světelného mikroskopu, takže celá práce obsahuje pouze mé autorské fotografie. Vznikly webové stránky obsahující materiály, které by mohly sloužit jako podklady pro výuku tohoto tématu učitelům i studentům, zajímajícím se o tuto problematiku přehledným způsobem. Atlas je také doplněn fotografiemi se šipkami na určovací nebo jiné důležité či typické znaky dané skupiny. Doufám, že webové stránky (atlas i doplňující materiály) budou využitelné v praxi jakožto výuková pomůcka. Učitelé mohou využít různé zpracování tohoto tématu, ať formou didaktické hry, terénní a laboratorní práce či pracovního listu. Výuková prezentace by měla učitelům usnadnit zařazení tohoto tématu do výuky, samotný atlas by jim pak měl dodat dostatek informací a zajímavostí na toto téma. Fotografie ze skenovacího elektronového i ze světelného mikroskopu by měly žákům půdní členovce přiblížit a to nejen pro představu jejich vzhledu, ale i anatomických a morfologických struktur, na které jsem se snažila poukázat pomocí popisků a šipek ve fotografiích.

7. Přílohy

V přílohách jsou celé dokumenty nebo náhledy na materiály ke stažení (didaktický test, křížovka, pracovní list, terénní a laboratorní práce, náhled na výukovou prezentaci), které jsou umístěné na webových stránkách, a také je zde náhled na samotné webové stránky.

7.1 Didaktický test

Test – Členovci (správně může být 1 nebo více odpovědí)

Test – Členovci

1. Mezi členovce nepatří (může být více správných odpovědí):
 - a) stonoženky
 - b) drobnušky
 - c) mnohoštětinatci
 - d) roztoči
2. Pro členovce je typická heteronomní segmentace těla. Je toto tvrzení správné?
ano – ne
3. Tělní dutina členovců se v dospělosti nazývá (vyber 1 správnou odpověď):
 - a) schizocoel
 - b) pseudocoel
 - c) coelom
 - d) mixocoel
4. Členovci jsou druhově nejpočetnějším kmenem živočichů na světě, tvoří více než 80% všech druhů živočichů na Zemi. Je toto tvrzení správné?
ano – ne
5. Kutikula členovců je vylučována pokožkou na povrch, je rozčleněna na destičky, tvoří vnější kostru, na kterou se upínají svaly a reguluje pohyb mezi tělem a prostředím. Je toto tvrzení správné?
ano - ne

6. Anamorfóza je typ nepřímého vývoje, kdy má larva jiný počet článků než dospělec a články jí postupně dorůstají. Tento typ vývoje je charakteristický pro chvostoskoky. Jsou tato tvrzení správná?

ano – ne

7. Nepigmentované tělo, 1. pár končetin se smyslovou funkcí směřuje dopředu a je zdvižený nad podklad, chybějí oči a tykadla. To jsou typické rysy pro (vyber 1 správnou odpověď):

- a) zemivky
- b) stonožky
- c) hmyzenky
- d) mnohonožky slepé

8. Stonožky mají tělo členěno na (vyber 1 správnou odpověď):

- a) hlavu a trup
- b) hlavu, hrud' a zadeček
- c) hlavohrud' a zadeček
- d) ani jedna z odpovědí není správná

9. Mimotělní trávení je typické pro (vyber 1 správnou odpověď):

- a) štírky
- b) hmyzenky
- c) chvostoskoky
- d) ani jedna z odpovědí není správná

10. Mnohonožky jsou (může být více správných odpovědí):

- a) predátoři
- b) detritofágové
- c) saprofágové
- d) paraziti

11. Pavouci (může být více správných odpovědí):

- a) pečují o potomstvo
- b) dýchají plicními vaky
- c) samci přenášejí spermie na spermatoforech
- d) všichni jsou draví

12. Válcovité tělo, na každém článku 2 páry končetin a krátká tykadla jsou typická pro (může být více správných odpovědí):

- a) mnohonožky
- b) stonožky
- c) stonožky
- d) zemivky

13. Vylučovací soustavu klepítkačů tvoří metanefridie nebo koxální žlázy. Je toto tvrzení správné?

ano – ne

14. Korýši dýchají : (Vyberte 1 nejpřesnější odpověď)

- a) žábami, plícemi nebo celým povrchem těla
- b) plícemi, vzdušnicemi nebo celým povrchem těla
- c) žábami, vzdušnicemi nebo celým povrchem těla
- d) žábami, plícemi, vzdušnicemi nebo celým povrchem těla

15. Klepítkači nemají složené oči, 1. pár končetin jsou kusadla, 2. pár končetin jsou chelicery, 3. pár končetin jsou pedipalpy, 4. pár končetin jsou končetiny 1. páru, 5. pár jsou končetiny 2. páru. Je toto tvrzení správné?

ano - ne

Test – Členovci (správné odpovědi jsou vyznačeny tučně a jsou podtržené)

1. Mezi členovce nepatří (může být více správných odpovědí):

- a) stonožky
- b) drobnušky
- c) mnohoštětinatci**
- d) roztoči

2. Pro členovce je typická heteronomní segmentace těla. Je toto tvrzení správné?

ano – ne

3. Tělní dutina členovců se v dospělosti nazývá (vyber 1 správnou odpověď):

- a) schizocoel
- b) pseudocoel
- c) coelom
- d) mixocoel**

4. Členovci jsou druhově nejpočetnějším kmenem živočichů na světě, tvoří více než 80% všech druhů živočichů na Zemi. Je toto tvrzení správné?

ano – ne

5. Kutikula členovců je vylučována pokožkou na povrch, je rozčleněna na destičky, tvoří vnější kostru, na kterou se upínají svaly a reguluje pohyb mezi tělem a prostředím. Je toto tvrzení správné?

ano - ne

6. Anamorfóza je typ nepřímého vývoje, kdy má larva jiný počet článků než dospělec a články jí postupně dorůstají. Tento typ vývoje je charakteristický pro chvostoskoky. Jsou tato tvrzení správná?

ano – **ne**

7. Nepigmentované tělo, 1. pár končetin se smyslovou funkcí směřuje dopředu a je zdvižený nad podklad, chybějí oči a tykadla. To jsou typické rysy pro (vyber 1 správnou odpověď):

- a) zemivky
- b) stonožky
- c) hmyzenky**
- d) mnohonožky slepé

8. Stonožky mají tělo členěno na (vyber 1 správnou odpověď):

- a) hlavu a trup**
- b) hlavu, hrud' a zadeček
- c) hlavohrud' a zadeček
- d) ani jedna z odpovědí není správná

9. Mimetělní trávení je typické pro (vyber 1 správnou odpověď):

- a) štírky
- b) hmyzenky
- c) chvostoskoky
- d) ani jedna z odpovědí není správná**

10. Mnohonožky jsou (může být více správných odpovědí):

- a) predátoři
- b) detritofágové**
- c) saprofágové**
- d) paraziti

11. Pavouci (může být více správných odpovědí):

- a) pečují o potomstvo**
- b) dýchají plicními vaky**
- c) samci přenášejí spermie na spermatoforech
- d) všichni jsou draví**

12. Válcovité tělo, na každém článku 2 páry končetin a krátká tykadla jsou typická pro (může být více správných odpovědí):

- a) mnohonožky**
- b) stonožky
- c) stonoženky
- d) zemivky

13. Vylučovací soustavu klepítkačů tvoří metanefridie nebo koxální žlázy. Je toto tvrzení správné?

ano – **ne**

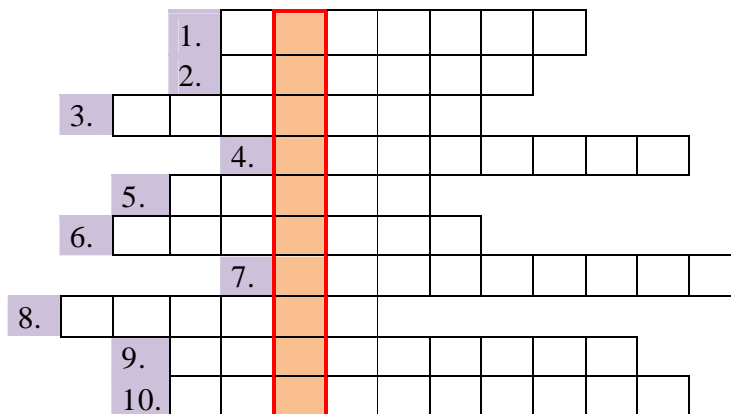
14. Koryši dýchají : (Vyberte 1 nejpřesnější odpověď)

- a) žábami, plicemi nebo celým povrchem těla
- b) plicemi, vzdušnicemi nebo celým povrchem těla
- c) žábami, vzdušnicemi nebo celým povrchem těla
- d) žábami, plicemi, vzdušnicemi nebo celým povrchem těla**

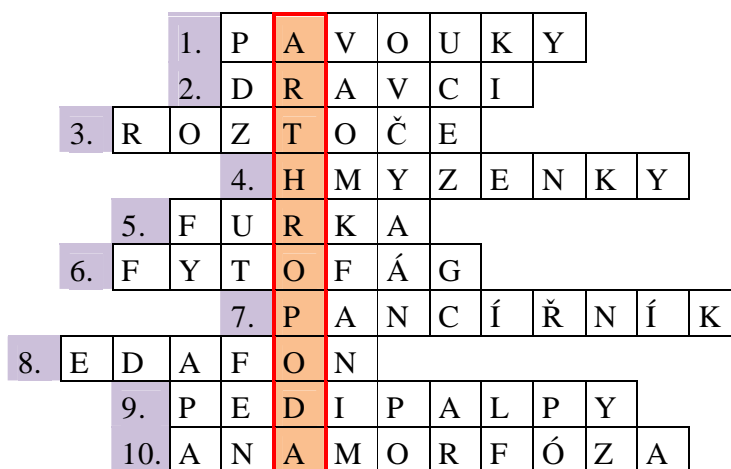
15. Klepítkačci nemají složené oči, 1. pár končetin jsou kusadla, 2. pár končetin jsou chelicery, 3. pár končetin jsou pedipalpy, 4. pár končetin jsou končetiny 1. páru, 5. pár jsou končetiny 2. páru. Je toto tvrzení správné?

ano - **ne**

7.2 Křížovka



1. Mimotělní trávení je typické pro ...
2. Co se týče výživy jsou stonožky ...
3. Pancířníci, čmelíkovci, zákožkovci, sametky patří mezi ...
4. Zástupci šestinohých, kteří nemají oči ani tykadla
5. Skákací vidlička chvostoskoků
6. Býložravec jinak
7. Půdní roztoč, který má velice silnou kutikulu
8. Souhrnný název pro všechno živé v půdě
9. Makadla jinak
10. Typ vývinu u mnohonožek a některých skupin stonožek



7.3 Pracovní list

Pracovní list – půdní členovci

1. Někteří roztoči mohou u lidí způsobovat alergie. Je toto tvrzení správné? Zaškrtněte správnou odpověď.

ano - ne

2. Doplňte vynechaná slova ve větách.

Tělo pavouků je členěno na _____ a _____ a mají ____ páry nohou. U pavouků je patrný silný pohlavní _____. Vlákna ze sekretu _____ žláz používají pavouci k různým účelům.

U štírků jsou na hlavohruď přítomna kromě klepítek neboli _____ i mohutná makadla neboli _____ s hmatovými brvami, které slouží k uchvacování kořisti. Nepohyblivý prst klepeta je zakončen velkým zubem s vývodem _____ žlázy.

Chvostoskoci mají na zadečku umístěný tzv. skákací aparát. Ten se skládá ze 2 částí: _____ a _____. Podle členění hrudi dělíme chvostoskoky do dvou skupin. _____ mají oddělené hrudní a zadečkové články a protáhlé tělo, zatímco _____ mají srostlé hrudní články a různě splývající články zadečku a kulovité tělo.

3. Ke každé systematické jednotce napiš skupiny, které si myslíte, že do ní správně patří. Práci vám ulehčí tato nabídka, ze které můžete vybírat:

chvostoskoci – mnohonožky – štírci – stonožky – sametkovci – stonožky – hmyzenky – pancířníci – pavouci – vidličnatky – larvy hmyzu – stínky – čmelíkovci – zákožkovci

ROZTOČI

ŠESTINOZÍ

STONOŽKOVCI

4. Napište rozdíly mezi stonožkami a mnohonožkami (zaměřte se především na jejich anatomii, výživu, vývin)

stonožky

mnohonožky

5. Propojte čarou obrázky (v 1. řádku) s názvem skupiny (v 2. řádku) a vlastností skupiny (ve 3. řádku), tak, aby to odpovídalo skutečnosti.



HMYZENKY

CHVOSTOSKOCI

PANCÍŘNÍCI

SILNĚ SKLEROTIZOVANÉ TĚLO

SKÁKACÍ APARÁT

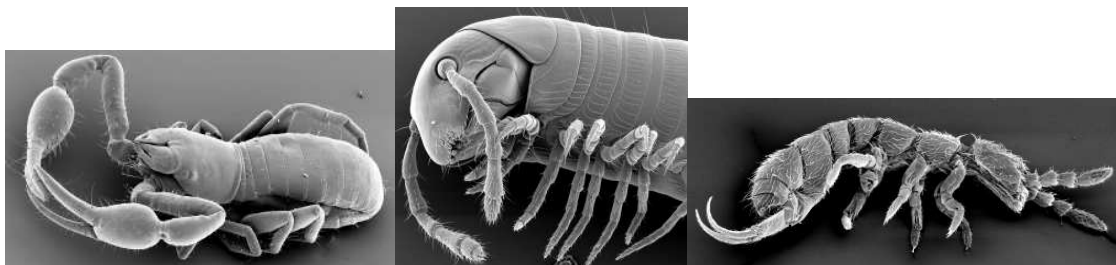
PRVNÍ PÁR NOH NAHRAZUJE TYKADLA

6. Typem vývinu u některých skupin půdních členovců je tzv. anamorfóza. Vysvětlete, co tento termín znamená.

7. Zakroužkujte nebo podtrhněte, na kterých místech nejčastěji žijí půdní členovci?

v koupelně – v mechu – v hrabance – na poli – v odpadcích – v lese – pod kůrou stromů – pod kameny – v písku – ve skříni – v kompostu – na záhonku – v posteli – v hnízdech ptáků – v opadance (listí) – ve skladu – v jeskyni – ve svrchních vrstvách půdy – ve spodních vrstvách půdy – na rostlinách – na stromech – ve včelím úlu – ve stáji – v humusu – v metru – v chlebu – v sušených potravinách – v ovoci – na vodní hladině

8. Na obrázcích jsou zobrazeni:



- a) pavouk, stonožka, hmyzenka
- b) štírek, stonožka, vidličnatka
- c) štírek, mnohonožka, chvostoskok

9. Napište, jaký význam mají živočichové v půdě.

Pracovní list – půdní členovci (vyplněný – odpovědi jsou zvýrazněny tučně a jsou podtržené)

10. Někteří roztoči mohou u lidí způsobovat alergie. Je toto tvrzení správné? Zaškrtni správnou odpověď.

ano - ne

11. Doplně vynechaná slova ve větách.

Tělo pavouků je členěno na **hlavohrud'** a **zadeček** a mají **4** páry nohou. U pavouků je patrný silný pohlavní **dimorfismus**. Vlákna ze sekretu **snovacích žláz** používají pavouci k různým účelům.

U štírků jsou na hlavě přítomna kromě klepítek neboli **chelicery** i mohutná makadla neboli **pedipalpy** s hmatovými brvami, které slouží k uchvacování kořisti. Nepohyblivý prst klepeta je zakončen velkým zubem s vývodem **jedové žlázy**.

Chvostokoci mají na zadečku umístěný tzv. skákací aparát. Ten se skládá ze 2 částí: **retinakulum a furka**. Podle členění hrudi dělíme chvostokoky do dvou skupin. **Volnočlenky** mají oddělené hrudní a zadečkové články a protáhlé tělo, zatímco **srostločlenky** mají srostlé hrudní články a různě splývající články zadečku a kulovité tělo.

12. Ke každé systematické jednotce napiš skupiny, které si myslíš, že do ní správně patří. Práci ti ulehčí tato nabídka, ze které můžeš vybírat:

chvostokoci – mnohonožky – štírci – stonožky – sametkovci – stonoženy – hmyzenky – pancířníci – pavouci – vidličnatky – larvy hmyzu – stínky – čmelíkovci – zákožkovci

ROZTOČI - **pancířníci, čmelíkovci, sametkovci, zákožkovci**

ŠESTINOŽÍ - **chvostokoci, vidličnatky, hmyzenky**

STONOŽKOVCI - **stonožky, mnohonožky, stonoženy**

ostatní: larvy hmyzu – hmyz, pavouci a štírci mimo tyto skupiny, stínky – korýši

13. Napiš rozdíly mezi stonožkami a mnohonožkami (zaměřte se především na jejich anatomii, výživu, vývin)

stonožky

1 mají zpoštělé tělo

2 mají na každém článku trupu mají 1 pár noh

3 předposlední pár noh jsou vlečné nožky, poslední pár jsou gonopody

4 jsou to dravci, mají silná kusadla a kusadlové nožky a koříst usmrcují jedem

5 typem vývinu je epimorfóza nebo hemianamorfóza nebo alespoň popsat tyto typy vývinu bez nutnosti znát termíny

mnohonožky

1 tělo mají válcovité

2 kromě prvních 3 článků je trup tvořen tzv. diplosegmenty, kdy na každém tělním článku jsou 2 páry noh

3 pářící nožky na 7. článku, poslední tělní článek bez končetin a přívěsků

4 většina se neživí dravě, jsou to detritofágové a saprofágové

5 typem vývinu je anamorfóza – take spíš aby uměli žáci popsat

14. Propoj čarou obrázky (v 1. řádku) s názvem skupiny (v 2. řádku) a vlastností skupiny (ve 3. řádku), tak, aby to odpovídalo skutečnosti.



HMYZENKY

CHVOSTOSKOCI

PANCÍRNÍCI

SILNĚ SKLEROTIZOVANÉ TĚLO PRVNÍ PÁR KONČETIN NAHRAZUJE
TYKADLA SKÁKACÍ APARÁT

Obrázek vlevo – chvostoskok – skákací aparát

Obrázek uprostřed - pancírník – silně klerotizované tělo

Obrázek vpravo - hmyzenka – první pár končetin nahrazuje tykadla

15. Typem vývinu u některých skupin půdních členovců je tzv. anamorfóza. Vysvětli, co tento termín znamená.

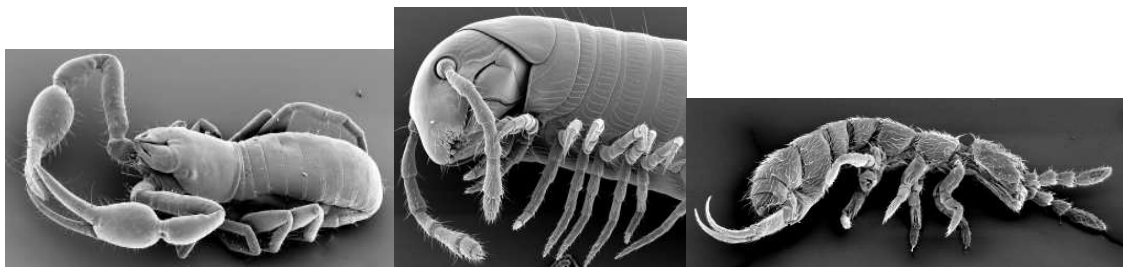
Anamorfóza je postupný vývin přes několik mezistupňů, přičemž po každém svlékání se vytvoří další článek až do plného počtu.

16. Zakroužkuj nebo podtrhni, na kterých místech nejčastěji žijí půdní členovci?

v mechu – v hrabance – na poli – v odpadcích – v lese – pod kůrou stromů – pod kameny – v písku – ve skříní – v kompostu – na záhonku – v posteli – v hnízdech ptáků – v opadance (listí) – ve skladu – v jeskyni – ve svrchních vrstvách půdy – ve spodních vrstvách půdy – na rostlinách – na stromech – ve včelím úlu – ve stáji – v humusu – v metru – v chlebu – v koupelně – v sušených potravinách – v ovoci – na vodní hladině

Některá místa je nutno doplnit komentářem, projít s dětmi vše a u každého místa si říct, zda je to možné nebo ne. Samozřejmě přirozeně se půdní bezobratlí vyskytují v půdě (spíše ve svrchních vrstvách), ale při hledání potravy či úkrytu mohou "zabloudit" i do lidských příbytků, některé parazitické druhy můžeme nalézt v hnízdech ptáků nebo v úlech včel (čmelíkovci), s jinými se můžeme setkat v koupelně či ve skladu s potravinami (štírce, zákožkovci) nebo v posteli (roztoči). Někteří se dokonce dokáží pohybovat na vodní hladině (chvostokoci mákovky), mohou se ale vyskytovat i na povrchu půdy, na rostlinách a stromech.

17. Na obrázcích jsou zobrazeni:



- d) pavouk, stonožka, hmyzenka
- e) štírek, stonožka, vidličnatka
- f) štírek, mnohonožka, chvostokoc

18. Napiš, jaký význam mají živočichové v půdě.

- 1 provzdušňují půdu, narušují ji svou činností, a obohacují ji organickými látkami ze svého trusu
- 2 podílejí se na rozkladu organické hmoty v půdě (především listového opadu), mísení organické hmoty s anorganickou a tím na tvorbě humusu
- 3 regulují populace jiných organismů, šíří spory mikroorganismů

7.4 Terénní a laboratorní práce

Terénní práce

Odběry vzorků půdy k extrakci

Pomůcky: zahradní lopatka, větší sáčky do mrazničky, lihový fix

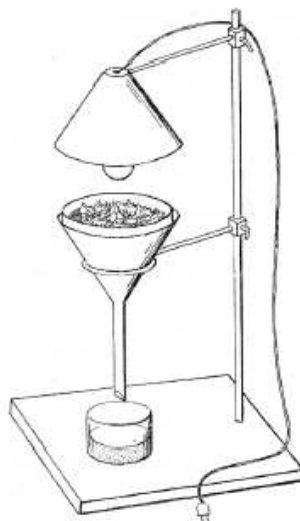
Nejvhodnějšími místy k odběru vzorků jsou vlhká místa a to v lese, v okolí lesa či vodních toků, na zahradním kompostu apod. K odběru půdy je nejpraktičtější zahradnická lopatka. Vzorek půdy z plochy asi 5x5 až 10x10cm, odebraný do hloubky asi 5-10cm, vložíme do většího sáčku na potraviny do mrazničky (je vyroben z pevnějšího materiálu), sáček vždy pořádně uzavřeme a popíšeme lihovým fixem důležitými údaji (nebo vložíme dovnitř kartičku s popisky), jako jsou datum, biotop a přesné místo odběru (pro případ, že bychom se na dané místo chtěli nebo potřebovali vrátit a udělat další odběry), popř. i rostlinné složení v okolí. Pokud nemůžeme vzorek extrahovat ihned, skladujeme sáčky v lednici po nezbytně dlouhou dobu, ne však déle než 14 dní (živočichové by mohli uhynout a tím pádem by byla extrakce neúčinná).

Odběry půdy je možné provést při botanické nebo geologické exkurzi do přírody.

Laboratorní práce č. 1

Extrakce půdních členovců ze vzorku půdy, pozorování a určování půdních bezobratlých živočichů

Pomůcky, materiál a chemikálie: velká skleněná nebo plastová nálevka, větší síto s oky cca 2x2 mm, držák nálevky, uzavíratelná plastová lahvička, samolepicí štítky, lampička s žárovkou 25-4 W, obyčejná tužka, binokulární lupa, pinzeta, jehla, štěteček, Petriho miska, pipetka s balonkem, určovací klíč, 80% etanol, vzorek půdy nebo lesní hrabanky



Obr.: Berlese – Tullgrenův extraktor, (Winkler, 1974).

K extrakci živočichů (především půdní mesofauny) z půdy je vhodné použít Berlese – Tullgrenův extraktor. Je to jednoduchý přístroj, který můžeme sestavit sami za použití běžného vybavení laboratoře. Postačí nám velká nálevka, do které umístíme síto s odpovídající velikostí otvorů a sběrná lahvička, kterou lze připevnit na spodní část nálevky (nejlépe plastovou s otvorem ve víčku, nedojde tak ke kontaminaci vzorku z okolí, jak by se mohlo stát, kdybychom pod nálevku postavili otevřenou kádinku). Lahvičku naplníme asi do dvou třetin 80% lihem, popíšeme ji stejnými údaji jako na sáčcích se vzorky (zvenčí nalepíme štítek a dovnitř vložíme papírek s údaji napsanými obyčejnou tužkou, aby se text v líhu nerozpil) a nasadíme ji na spodní část nálevky tak, aby nálevka nebyla potopená v líhu. Vzorek půdy umístíme do síta a necháme jej asi 2 až 3 dny přirozeně prosychat. Po této době na vzorek začneme svítit lampičkou, dokud se úplně nevysuší a všichni živočichové nepropadnou nálevkou do lihu, což trvá asi týden. Po ukončení extrakce odebereme lahvičky s lihem a vzorky půdních bezobratlých živočichů a uzavřeme je, aby nedošlo k vyschnutí lihu a tím znehodnocení vzorku. Poté postupně v jednotlivých vzorcích určíme, které zástupce daných systematických skupin obsahují. Nejlépe za použití binokulární lupy, Petriho misky, pipetky s balónkem, pinzety a určovacího klíče.

Laboratorní práce č. 2

Tvorba trvalého preparátu půdních bezobratlých živočichů

Pomůcky, materiál a chemikálie: binokulární lupa, mikroskop, pinzeta, jehla, štěteček, Petriho miska, filtrační papír, buničina, podložní sklíčko, kulaté krycí sklíčko, samolepicí štítky, obyčejná tužka, Liquide de Fauré, kyselina mléčná, ethanol (80%), průhledný lak na nehty, vzorky půdních členovců

Z drobných extrahovaných půdních členovců také můžeme jednoduše vytvořit trvalé preparáty pro světelnou mikroskopii. Před samotnou přípravou preparátů si vzorky rozdělíme na ty, které bude třeba prosvětlit kyselinou mléčnou a na ty, které prosvětlit potřeba nebude. Někteří zástupci (především pancířníci a čmelíkovci) mají totiž velmi tmavou (silnou) kutikulu na povrchu těla, která by mohla znemožnit průnik světla v mikroskopu a tím i samotné mikroskopování. Hodně tmavé jednice ponecháme alespoň 1 den namočené v kyselině mléčné, která lehce jejich povrch prosvětlí. Poté z nich opět necháme odsát přebytečnou kyselinu na filtračním papíře a můžeme je použít do trvalých preparátů. Na očištěné podložní sklíčko kápneme větší kapku média Liquide de Fauré (nebo jiného vhodného média) a do něj měkkou pinzetou nebo štětečkem umístíme, podle velikosti živočichů, jeden nebo větší počet zástupců a přikryjeme kulatým krycím sklíčkem. Pokud je živočich větší, použijeme střípky krycího sklíčka a objekt jimi obložíme, abychom zamezili jeho rozdrčení krycím sklíčkem. Takto vytvořený preparát necháme alespoň týden zaschnout a poté mikroskopujeme. Je vhodné okraj kulatého sklíčka po zaschnutí preparátu orámovat průhledným lakem na nehty, který zabrání vyschnutí média.

Pokud nemáme Liquide de Fauré již hotový, můžeme si ho připravit sami. Na přípravu Liquide de Fauré potřebujeme 30 g arabské gumy, 50 ml destilované vody, 50 g chloralhydrátu (jedovatá chemická látka!), 20 ml glycerolu a skelnou vatu. Nejprve ve studené vodě rozpustíme arabskou gumu (ponecháme ji ve vodě několik dnů), pak přidáme ostatní složky, až je médium sirupovité konzistence, poté ho přefiltrujeme přes skelnou vatu.

Protokol č. 1

Název práce: Extrakce půdních členovců ze vzorku půdy, pozorování a určování půdních bezobratlých živočichů

Pomůcky: velká skleněná nálevka, větší síto, držák na nálevku, uzavíratelná plastová lahvička, samolepicí štítky, lampička, obyčejná tužka, binokulární lupa, pinzeta, jehla, štěteček

Chemikálie: Petriho miska, pipetka s balonkem, určovací klíč, 80% ethanol

Postup:

1. K extrakci živočichů použijeme Berlese – Tullgrenův extraktor. Lahvičku naplníme asi do dvou třetin 80% lihem, popíšeme ji stejnými údaji jako na sáčcích se vzorky a nasadíme ji na spodní část nálevky tak, aby nálevka nebyla potopená v lihu
2. Vzorek půdy umístíme do síta a necháme jej asi 2 až 3 dny přirozeně prosychat. Poté na vzorek začneme svítit lampičkou, dokud se úplně nevysuší a všichni živočichové nepropadnou nálevkou do lihu, což trvá asi týden
3. Po ukončení extrakce odebereme lahvičky s lihem a vzorky půdních bezobratlých živočichů a uzavřeme je, aby nedošlo k vyschnutí lihu a tím znehodnocení vzorku.
4. Poté postupně v jednotlivých vzorcích určujeme, které zástupce daných systematických skupin obsahují. Nejlépe za použití binokulární lupy, Petriho misky, pipetky s balónkem, pinzety a určovacího klíče.

Nákres: Nákres toho, co ve vzorku našli.

Závěr: Můj vzorek půdy (místo odběru, datum) obsahoval tyto zástupce půdních bezobratlých živočichů:

Protokol č. 2

Název práce: Tvorba trvalého preparátu půdních bezobratlých živočichů

Pomůcky: mikroskop, pinzeta, jehla, štěteček, Petriho miska, filtrační papír, buničina, podložní sklíčko, kulaté krycí sklíčko, štítky, obyčejná tužka

Chemikálie: Liquide de Fauré, kyselina mléčná, ethanol, průhledný lak na nehty

Postup:

1. Před přípravou preparátů si vzorky rozdělíme na ty, které bude třeba prosvětlit a na ty, které prosvětlit kyselinou mléčnou potřeba nebude, to rozhodneme podle tmavosti jedince, ty hodně tmavé se silnou kutikulou prosvětlíme.
2. Pak jedince, které jsme se rozhodli prosvětlit, ponecháme 1 den namočené v kyselině mléčné, která lehce jejich povrch prosvětlí. Poté z nich opět necháme odsát přebytečnou kyselinu na filtračním papíře a můžeme je použít do trvalých preparátů.
3. Na očištěné podložní sklíčko kápneme větší kapku média Liquide de Fauré a do něj měkkou pinzetou nebo štětečkem umístíme, podle velikosti živočichů, jeden nebo větší počet zástupců a přikryjeme kulatým krycím sklíčkem. Pokud je živočich větší, použijeme rozdrcené krycí sklíčko k tomu, abychom jím jedince obložili a tím vytvořili oporu, která zamezí rozdrcení živočicha.
4. Takto vytvořený preparát necháme alespoň týden zaschnout a poté mikroskopujeme.
5. Je vhodné okraj kulatého sklíčka orámovat průhledným lakem na nehty, který zabrání vyschnutí média.

Nákres: Nákres mikroskopovaných preparátů

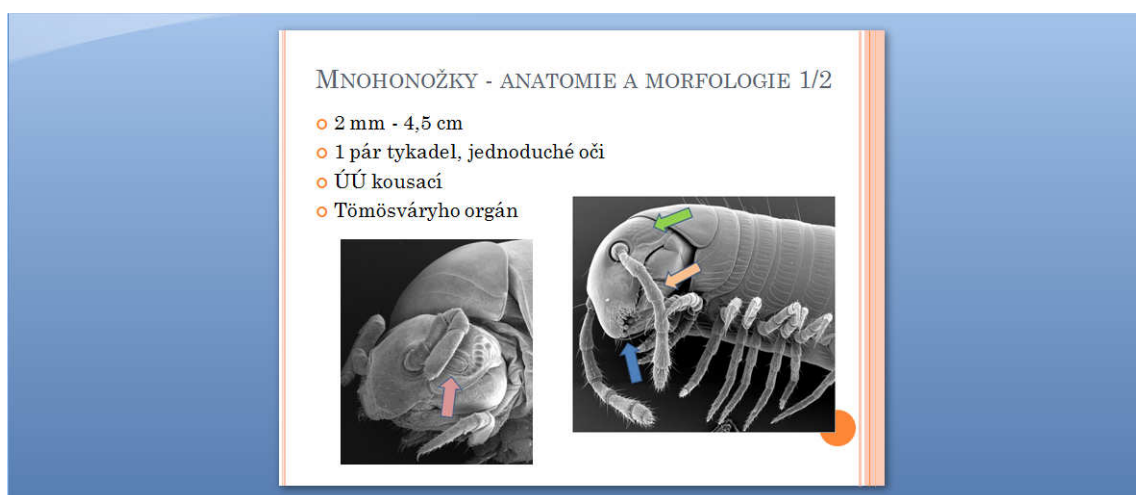
Závěr: Můj vzorek půdy (místo odběru, datum) obsahoval tyto zástupce půdních bezobratlých živočichů:

7.5 Výuková prezentace



Cíle - žáci dokážou vyjmenovat hlavní skupiny půdních členovců, znají význam těchto živočichů v půdě, dokážou popsat základní anatomické a morfologické znaky, typ vývinu a rozmnožování jednotlivých skupin půdních živočichů, rozliší od sebe jednotlivé skupiny půdních členovců vzhledově (s pomocí fotografie a znalostí o jejich anatomii), znají rozdíly mezi stonožkami a mnohonožkami, umí vysvětlit důležité pojmy jako jsou gonochorismus, anamorfoza, spermatofor apod., které se v prezentaci vyskytují.

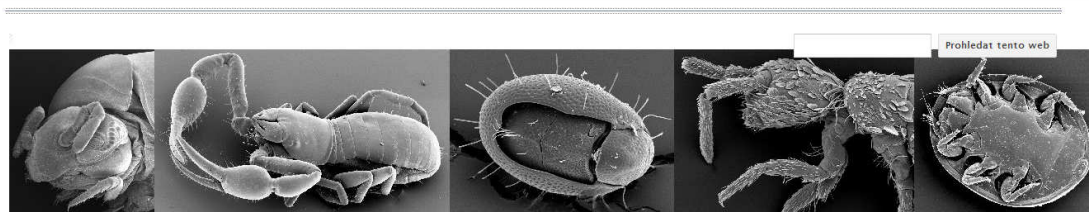
Obr. 116: Náhled na úvodní stránku prezentace i s poznámkami.



Jsou bílé, žluté, hnědě až černě zbarvené, pokryté silnou kutikulou (prostoupená uhlíčitánem vápenatým).
Obr. vpravo - na hlavě jsou kloubně ukotvená tykadla (oranžová šipka), kousací ústní ústrojí (modrá šipka) a na vrchu hlavy skupinu jednoduchých očí (zelená šipka).
Obr. vlevo - vpravo od vkloubení tykadla je Tömösváryho orgán = smyslový orgán sloužící k vnímání vlhkosti (růžová šipka).

Obr. 117: Náhled na část prezentace i s poznámkami.

7.6 Webové stránky

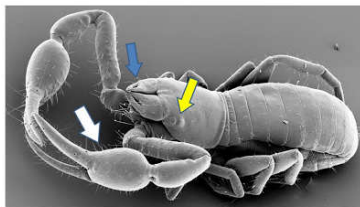


Výukový atlas půdních členovců

Úvod	Úvod
<ul style="list-style-type: none"> ▼ Atlas půdních členovců <ul style="list-style-type: none"> Chvostokosci Hmyzenky Larvy hmyzu Mnohonožky Panciřníci Pavouci Sametkovci Stonožky Stínky Vidličnatky Zákožkovci 	<p>Tento výukový atlas půdních členovců a především webové stránky vznikly na základě tvorby mé diplomové práce na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy v Praze.</p> <p>Tyto stránky by měly sloužit především učitelům biologie a mimoškolní zájmové činnosti zaměřené na biologii, zoologii, ekologii, půdu a půdní živočichy. Atlas obsahuje informace o jednotlivých skupinách členovců žijících v půdě. Jednotlivé kapitoly, zabývající se vždy jednou skupinou půdních členovců, jsou vždy rozděleny do podkapitol. Pojednávají o systematickém zařazení skupiny, o anatomii a morfologii, biologii a významu dané skupiny v půdě, zmiňují příklady půdních zástupců jednotlivých skupin a je doplněný vlastními fotografiemi ze skenovacího elektronového mikroskopu a ze světelného mikroskopu.</p> <p>Dále stránky obsahují materiály ke stažení, kde naleznete návrhy na práci se žáky na téma půdní členovci. Je zde návrh na skupinovou práci (i s návodem k použití), terénní a laboratorní práci (i se vzorem protokolů), pracovní list a hru (vyplněná i nevyplněná verze), dále pak výukovou prezentaci i s podklady a ověřený didaktický test (vyplněná i nevyplněná verze).</p> <p>Všechny tyto materiály jsou volně ke stažení, stáhnout si můžete také atlas a to buď celý nebo jednotlivé skupiny zvlášť.</p> <p>Doufám, že Vám atlas či přiložené materiály budou k užítku nebo Vám alespoň ušetří čas při přípravě na výuku.</p> <p>Bc. Jana Dvořáková</p>

Obr. 118: Náhled na úvodní stranu webové stránky.

<ul style="list-style-type: none"> Stínky Vidličnatky Zákožkovci Čmelíkovci Štírci ▼ Materiály ke stažení <ul style="list-style-type: none"> Atlas půdních členovců Didaktický test Křížovka Pracovní list Skupinová práce Terénní a laboratorní práce Výuková prezentace Mapa webu 	<h3>System</h3> <p>Kmen: ČLENOVCI (ARTHROPODA) Podkmen: KLEPÍTKATCI (CHELICERATA) Třída: PAVOUKOVCI (ARACHNIDA) Řád: štírci (Pseudoscorpionida)</p> <h3>Anatomie a morfologie</h3> <p>Jsou to 0,8 – 7 mm velcí, bělošedé až černohnědé zbarvení půdní bezobratlí živočichové. Jejich tělo má vejčitý, mírně zploštělý tvar a je pokryto brvami a jemnými hmatovými chlupy.</p> <p>Tělo mají rozděleno na hlavohruď a zadeček. Hlavohruď je kryta souvislým nečleněným štítem, tzv. karapaxem. Na přední části hlavohrudi jsou umístěny 1 – 2 páry očí (Obr. 1 a 3), u některých zástupců ale oči chybějí nebo jsou přítomny jen oční skvrny. Dále jsou na hlavohruď umístěna drobná dvoučlanková klepítka neboli chelicery (Obr. 1 a 7), ty slouží k příjmu potravy, je na nich umístěno tzv. flagellum (několik kratších brv) a snovaci lrbolek, kde vyúsťují snovací žlázy. Kromě klepítek jsou na hlavohruď přítomna i mohlutná makadla neboli pedipalpy s hmatovými brvami, které slouží k uchvacování kořisti. Mají 6 článků, přičemž 1. článek je silně vyvinut v tzv. ruku, kterou tvoří nepohyblivý prst a k němu se měkkovitě pohybuje 2. článek chodidla. Oba články tvoří klepeto (Obr. 1, 6 a 8). Nepohyblivý prst je zakončen velkým zubem s vývodem jedové žlázy, kyčle makadel mají funkci čelistí. Štírci mají 4 páry kráčivých nohou, které vyrůstají z břišní strany hlavohrudi. Na koncích chodidel mají 2 drápky a kuželovitý přichytný ústroj, tzv. arolium, díky němuž se štírci mohou pohybovat po nakloněných i svislých a hladkých plochách.</p> <p>Zadeček je plochý, bez končetin a má celkem 11 článků. Ze hřbetní i břišní strany je kryt štítky (tzv. tergity na hřbetní a sternity na břišní straně). Na břišní straně mezi 2. a 3. článkem vyúsťují pohlavní orgány, které mají rozlišitelné pohlavní pole (různé u samců a samic). Zadeček není zúžený (jako je tomu u štírů).</p> <p>Dýchají dvěma páry vzdušnic.</p>
---	---



Obr. 119: Náhled na část skupiny štírci.

8. Seznam použité literatury

1. Bährmann R. a kol., 1995, *Bestimmung wirbelloser Tiere*, Stuttgart, Gustav Fisher Verlag Jena, ISBN 3-334-60970-7
2. Bergstedt Ch., Ditrich V., Liebers K., 2005, *Člověk a příroda – Půda, Učebnice pro integrovanou výuku*, Nakladatelství Fraus, Plzeň ISBN 80-7238-340-X
3. Bičík I., a kol., 2009, *Půda v České republice*, Consult, Praha, ISBN 80-903482-4-6
4. Buchar J., Ducháč V., Hůrka K., Lellák J. a kol., 1995, *Klíč k určování bezobratlých*, Praha, Scientia, ISBN 80-85827-81-6
5. Coleman D. C., Crossley D. A., Hendrix P. F., 2004, *Fundamentals of Soil Ecology*, Athens (Georgia), ELSEVIER ACADEMIC PRESS
6. Dobrouka L., J., *Stonoženky*, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: *Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci*. – Nakl. ČSAV. Praha, s. 21 – 24.
7. Dvořáková J., 2010, *Didaktický fotografický atlas půdních členovců jako učební pomůcka pro střední školy a zájmové mimoškolní vzdělávání*, Praha, Pedagogická fakulta UK v Praze
8. Farkač J., Král D., Škorpík M., 2005, *Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí*. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 760 pp., ISBN 80-86064-96-4
9. Folkmanová B., *Stonožky*, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: *Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci*. – Nakl. ČSAV. Praha., s. 49 – 66.
10. Frouz J., 2010, *Půda – živý systém, Interakce půdní fauny a mikroflóry a jejich význam pro přeměny organické hmoty v půdě*, Vesmír ročník 89, číslo 7-8, Praha, ISSN 0042-4544, s. 490 – 492.
11. Frouz J., Křišťůfek V., *Interakce půdních bezobratlých a půdních mikroorganismů*, 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., (eds.) 2000, *Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin*, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 91 – 93.
12. Frouz J., *Metodické problémy spojené se sledováním vlivu půdních bezobratlých na dekompoziční aktivitu mikroorganismů*, 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., (eds.) 2000, *Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin*, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 119 – 121.
13. Hanel L., 2010, *Přednášky Zoologie bezobratlých*, PedF UK, nepublikováno
14. Jankovská I., Langrová I., Vrabec V., Fechtner J., 2006, *Zoologie – přednášky - bezobratlí*, Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů
15. Jeffery S. a kol., 2010, *European atlas of soil biodiversity*, Luxemburg, European Union, ISBN 978-92-79-15806-3, 128 s.
16. Jírovec O., 1958, *Zoologická technika*, Praha, Státní pedagogické nakladatelství

17. Koukol O., Mourek J., Janovský Z., Černá K., 2009: *Do oribatid mites (Acari: Oribatida) show a higher preference for ubiquitous vs. specialized saprotrophic fungi from pine litter?* Soil Biology & Biochemistry, 41: 1124–1131
18. Kratochvíl J., 1980, *Použitá zoologie I. díl*, Vysoká škola zemědělská v Brně (skriptum)
19. Kratochvíl J., *Hmyzenky*, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci. – Nakl. ČSAV. Praha., s. 87 – 94.
20. Kunst M., *Pancířníci*, 1971, In: Daniel, M., Černý, V., (eds.) 1971, Klíč zvířeny ČSSR. Díl IV. Želvušky, jazyčnatky, klepítkatci, sekáči, pavouci, štírci, roztoči, Nakl. ČSAV Praha., s. 531 – 580.
21. Lang J., *Mnohonožky*, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci. – Nakl. ČSAV. Praha., s. 27 – 48.
22. Lelláková F., Habrová V., Černá 6., Chvála M., Vohralík V., Stoklasa J., 1992, *Zoologická technika*, Praha, Karolinum, 120 str.
23. Lišková E., 2010, *Biologická školní technika*, Praha, UK v Praze – Pedagogická fakulta, ISBN 978-80-7290-449-5
24. Malý J., Kulich J., Janů M., 2001, *Půdní bezobratlí v lese*, Horní Maršov, SEVER
25. Miersch M., 2001, *Sexuální život zvířat*, Euromedia Group, Praha, ISBN 80-7202-818-9
26. Miko L., 1993, *Úvod do půdní biologie - Biologická olympiáda 1993-1994*, přípravný text pro kategorie A,B, Institut dětí a mládeže MŠMT ČR, Praha, ISBN 80-85105-67-5
27. Miller F., *Pavouci*, 1971, In: Daniel, M., Černý, V., 1971, Klíč zvířeny ČSSR. Díl IV. Želvušky, jazyčnatky, klepítkatci, sekáči, pavouci, štírci, roztoči, Nakl. ČSAV Praha., s. 51 – 306.
28. Motýčka V., Roller Z., 2001, *Svět zvířat X. Bezobratlí (1)*, Praha, Albatros
29. Mourek J., 2010, *Cvičení Půdní biologie*, PedF UK, nepublikováno
30. Mourek J., Lišková E., 2010, *Biologické sbírky – metody sběru, preparace a uchovávání*, Praha, Univerzita Karlova v Praze – Pedagogická fakulta, ISBN 978-80-7290-450-1
31. Nebesářová J., *Elektronová mikroskopie pro biology* [online]. [2002] [cit. 2013-04-19]. Dostupný z WWW: <<http://www.paru.cas.cz/lem/book/>>.
32. Nosek J., *Chvostokoci*, 1957, In: Kratochvíl, J., (ed.) 1957: Klíč zvířeny ČSSR. Díl III. Vzdušnicovci. – Nakl. ČSAV. Praha., s. 95 – 124.
33. Nováková A., *Metody studia interakcí půdních bezobratlých a mikroskopických hub*, 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., 2000, Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 107 – 109.
34. Papáček M., Matěnová V., Matěna J., Soldán T., 2000, *Zoologie*, Praha, Pedagogické nakl. Scentia, spol. s r. o.
35. Pechlát J., *Entomologie – nauka o hmyzu* [online]. [2005 - 2010] [cit. 2013-04-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.hmyz.net>>.

36. Pižl V., 2002, *Žížaly České republiky*, Uherské Hradiště, Přírodovědný klub v Uherském Hradišti, ISBN 80-86485-04-8
37. Rejšek K., *Standardní a alternativní metody popisu a hodnocení půdních trofických vztahů*, 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., 2000, Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 143 – 147.
38. Ruppert, E. E.; Fox, R. S.; Barnes, R. D., 2004, *Invertebrate zoology: A functional evolutionary approach*. Seventh edition. Belmont, USA: Brooks/Cole, 963 s.
39. Šamšišák K., Dusbábek F., *Čmelíkovci*, 1971, In: Daniel, M., Černý, V., 1971, Klíč zvířeny ČSSR. Díl IV. Želvušky, jazyčnatky, klepítkatci, sekáči, pavouci, štírci, roztoči, Nakl. ČSAV Praha., s. 313 – 352.
40. Schneider K., Maraun M., 2005, *Feeding preferences among dark pigmented fungal taxa (“Dematiacea”) indicate limited trophic niche differentiation of oribatid mites (Oribatida, Acari)*, In: Pedobiologia 49 (2005) 61—67
41. Sedlák E., 2000, *Zoologie bezobratlých*, PřF MU, Brno (skriptum)
42. Šifner F., 2004, *Stručný přehled systému prvoků a bezobratlých živočichů*, Univerzita Karlova v Praze – Pedagogická fakulta
43. Smrž J, Horáček I., Švátora M., 2004, *Biologie živočichů pro gymnázia*, Praha, Fortuna
44. Šustr V., *Interakce půdních bezobratlých a mikroorganismů při rozkladu organické hmoty (měření aktivity trávicích enzymů)*, 2000, In: Křišťůfek V., Elhottová D., Frouz J., Šustr, V., 2000, Sborník 7. metodického semináře: Interakce půdních mikroorganismů, bezobratlých a kořenů rostlin, České Budějovice, ÚPB AV ČR, s. 123 – 126.
45. Tilling S., Bebbington A., Bebbington J., 2001, *Klíč k určování půdních bezobratlých živočichů*, Brno, Rezekvítek, ISBN 978-80-9002954-3-8
46. Tomášek M., 2007, *Půdy České republiky*, Česká geologická služba, Praha, ISBN 978-80-7075-688-1
47. Verner P., *Štírci*, 1971, In: Daniel, M., Černý, V., 1971, Klíč zvířeny ČSSR. Díl IV. Želvušky, jazyčnatky, klepítkatci, sekáči, pavouci, štírci, roztoči, Nakl. ČSAV Praha., s. 19 – 32.
48. Vojtkuláková Z., Světelná mikroskopie [online]. [2004] [cit. 2010-02-20]. Dostupný z WWW: <<http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/sm/Index.html>>.
49. Winkler J., R., 1974, *Sbíráme hmyz a zakládáme entomologickou sbírku*, Praha, SZN
50. Zrzavý J., 2006, *Fylogeneze živočišné říše*, Scientia, Praha