

Univerzita Karlova

Pedagogická fakulta

Katedra biologie, geologie a environmentálních studií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Želvušky (Tardigrada) a jejich využití ve výuce

Water Bears (Tardigrada) In Teaching

Bc. Zuzana Gruntová

Vedoucí práce: Mgr. Dagmar Říhová
Studijní program: Učitelství pro střední školy
Studijní obor: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů pro základní školy
a střední školy biologie – výchova ke zdraví

2017

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Želvušky (Tardigrada) a jejich využití ve výuce vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále prohlašuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze 3. 4. 2017

.....

podpis

Ráda bych poděkovala Mgr. Dagmar Říhové za odborné vedení, laskavý přístup a cenné připomínky při zpracování mé diplomové práce. Mé poděkování patří též všem spolužákům, přátelům a známým za spolupráci při získávání mečových vzorků pro výzkumnou část mé práce a Mgr. Janě Škodové za statistické zpracování. V neposlední řadě děkuji svým rodičům za neutuchající podporu nejen při psaní diplomové práce, ale i po celou dobu studia.

Abstrakt

Tématem diplomové práce je kmen želvušek (Tardigrada) a jeho implementace do výuky na základních a středních školách. Práce je rozdělena do dvou částí – teoretické a empirické. Teoretická část představuje pět základních okruhů témat – představení kmene želvušek, představení ostatní mechové fauny, metody extrakce těchto organismů, analýzu učebnic základních i středních škol a možnosti využití tématu želvušek ve výuce. Želvušky jsou v této práci použity jako modelové organismy pro tvorbu praktických návrhů metod a forem výuky, které mohou být aplikovány při implementaci tohoto tématu do výuky. Empirická část se skládá z metodologického postupu a výsledků výzkumného šetření, jehož cílem bylo sledování výskytu želvušek v různých biotopech.

Klíčová slova: mechová fauna, kryptobióza, formy výuky, metody výuky, analýza učebnic, výzkum

Abstract

This thesis is focused on the phylum Tardigrada. The main goal is to implement this topic into the curriculum of primary and secondary education. The thesis is divided in two parts – theoretical and empirical. The theoretical part comprises five basic topics: the general introduction to phylum Tardigrada and other moss fauna; extraction methods; analysis of textbooks for primary and secondary schools; and application of obtained knowledge about phylum Tardigrada in education. In this thesis, water bears are used as model organisms for creating practical suggestions for teaching methods and forms that can be used when implementing this theme into a teaching process. The empirical part presents the results of extensive study focused on the occurrence of Tardigrada in moss from variety of habitats in the Czech Republic and its implication for practical use.

Keywords: moss fauna, cryptobiosis, education, teaching methods, research, analysis of textbooks

Obsah

1. Úvod	1
2. Kmen Tardigrada	2
2.1. Systematika kmene	3
2.2. Anatomie a morfologie	4
2.3. Rozmnožování	7
2.4. Ekologie	8
2.5. Schopnost přežít	9
2.5.1. Kryptobióza	11
3. Mechová fauna	16
3.1. Nálevníci	16
3.2. Měňavkovci	18
3.3. Hlístice	20
3.4. Vířníci	22
3.5. Roztoči	23
3.6. Plazivky	25
3.7. Olejnušky	26
4. Metody extrakce želvušek	27
5. Výzkum sledování výskytu želvušek v různých biotopech	34
5.1. Výzkumná část	34
5.1.1. Metodika	34
5.1.2. Lokality a jejich charakteristika	37
5.2. Výsledky a diskuse	42
6. Analýza učebnic	46

7.	Využití želvušek ve výuce.....	50
7.1.	Formy výuky.....	50
7.1.1.	Laboratorní práce.....	50
7.1.2.	Projektová výuka.....	61
7.1.3.	Badatelsky orientovaná výuka (BOV).....	67
7.2.	Metody výuky.....	76
7.2.1.	Pozorování a předvádění.....	76
7.2.2.	Práce s textem.....	78
7.2.3.	Pokus (experiment).....	80
7.2.4.	Didaktická hra.....	82
8.	Závěr.....	84
9.	Bibliografie.....	85
10.	Seznam obrázků.....	95
	Přílohy.....	96

1. Úvod

Želvušky (Tardigrada) jsou kmenem mikroskopických bezobratlých živočichů. Do povědomí veřejnosti se dostaly především díky své vysoké odolnosti, která jim umožňuje přežít v extrémních podmínkách a osidlovat všechny typy životních prostředí. A ačkoli jsou populární pro svou odolnost, jsou ve školním vyučování opomíjeny a málokdo se s želvuškami setkal nebo disponuje širšími znalostmi o tomto kmeni.

Ve své diplomové práci si proto kladu za cíl želvušky představit a poskytnout o nich ucelené informace. Čtenář bude nejprve seznámen s kmenem Tardigrada a všemi aspekty jeho života. Práce poskytne informace o metodách sběru želvušek a seznámí čtenáře s ostatními zástupci mechové fauny. Umožní čtenáři rozpoznat želvušky a odlišit je od ostatních organismů, se kterými se může v rámci výuky biologie a laboratorních cvičení s mechovou faunou setkat. Práce také analyzuje učebnice z hlediska přítomnosti tématu kmene Tardigrada a kvality jeho zpracování. Největší část diplomové práce se soustředí na didaktické využití želvušek. Rozebírá jednotlivé metody a formy výuky a poskytuje praktické návrhy na jejich využití při začlenění tématu želvušek do výuky, a to včetně jejich metodiky.

Součástí diplomové práce je rovněž výzkum sledující výskyt želvušek v různých biotopech, jehož cílem bylo zjistit, zda existují makroskopické vlastnosti mechových polštářů, podle kterých by bylo možné s jistotou předpovědět přítomnost želvušek pro použití ve školním praktiku.

Věřím, že má diplomová práce zacelí mezery v obsahu učiva a pomůže uvést želvušky do širokého povědomí.

2. Kmen Tardigrada

Želvuškám jsem se podrobně věnovala již ve své bakalářské práci (Gruntová, 2015) a ačkoli se tato teze zaměřuje především na didaktické využití jmenovaného kmene, považuji za vhodné zařadit alespoň krátký text představující tuto skupinu. Následující text ulehčí zájemcům o želvušky lépe zhodnotit lokality, ve kterých by se mohli tyto odolné živočichové vyskytovat, a také jim umožní tento kmen následně rozpoznat pod mikroskopem.

Želvušky jsou kmenem mikroskopických bezobratlých organismů. Tito kosmopolitně rozšíření živočichové disponují vysokou odolností vůči nepříznivým podmínkám okolí. Osidlují všechny typy životních prostředí a žijí i na místech, která jsou pro ostatní živočichy zcela nehostinná.

Na základě molekulárních studií jsou želvušky považovány za monofyletickou skupinu mnohobuněčných organismů patřící do oddělení Ecdysozoa, tedy skupiny živočichů, kteří periodicky svlékají kutikulu. Jejich nejbližšími příbuznými jsou členovci (Arthropoda) a drápkovci (Onychophora) (Greven, 2016).

Želvušky byly poprvé popsány v roce 1773 Johannem A. E. Goezem. Ten želvušky pojmenoval „*kleiner wasser Bär*“ – vodní medvědci, které vzdáleně připomínají. Tento název je dnes velmi rozšířen a využíván především v anglicky mluvících zemích, kde jsou želvušky známy jako *water bears*. Latinský název kmen získal v roce 1776, kdy italský biolog Lazzaro Spallanzani nazval tyto organismy „*Il Tardigrado*“, což v překladu znamená pomalí chodci (Nichols, 2005). Jedná se o spojení dvou latinských slov: *tardus* – pomalý a *gradus* – krok, které odrážejí pomalý a kolébavý způsob pohybu těchto mikroskopických organismů (Romano, 2003).

2.1. Systematika kmene

Kmen Tardigrada je rozdělen do dvou tříd – Heterotardigrada a Eutardigrada, které dohromady čítají přes tisíc dosud známých druhů (Schill, 2013). Třída Heterotardigrada zahrnuje dva řády: téměř výhradně mořský řád Arthrotardigrada a řád Echiniscoidea, který je tvořen především terestrickými druhy. Třidu Eutardigrada tvoří terestrické a sladkovodní druhy želvušek rozdělené do dvou řádů – Aporhela a Parachela (Marley, 2011). V minulosti byla součástí kmene Tardigrada také třetí třída Mesotardigrada s jediným rodem *Thermozodium*, který pocházel z oblasti horkých pramenů japonského Nagasaki (Jørgensen, a další, 2010). Status této třídy je v současnosti nejasný, neboť od svého popsání nebyla znovu zaznamenána a původní lokalita zanikla během 2. světové války (Jørgensen, a další, 2004).

Hlavním znakem sloužícím k rozlišení stávajících dvou tříd je kutikula. Želvušky třídy Eutardigrada (viz obrázek 1) mají kutikulu tenkou, tvořenou hladkou vrstvou chitinu, kdežto želvušky třídy Heterotardigrada (viz obrázek 2) nesou obrněné kutikulární pláty (Ramazzotti, a další, 1983).



Obrázek 1: Zástupce třídy Eutardigrada. Na fotografii lze zřetelně rozlišit vnitřní obsah střeva, část buko-faryngeálního aparátu a smyslové orgány želvušky (převzato z <http://www.baertierchen.de>).



Obrázek 2: Zástupce třídy Heterotardigrada. Na fotografii lze vidět obrněné kutikulární pláty s kutikulárními výběžky (převzato z <http://www.eyefscience.de>).

2.2. Anatomie a morfologie

Želvušky v dospělosti dorůstají do délky 250–500 μm . Jsou bilaterálně symetrické s ventrálně zploštělým tělem. Povrch těla kryje kutikula. Tu sekretuje epidermis, která je uložena pod ní a je tvořena velkými plochými buňkami s vysokým množstvím vakuol. Kromě sekreční funkce má epidermis také význam při skladování produktů a odpadních látek metabolismu (Ramazzotti, a další, 1983). Kutikula je tvořena dvěma vrstvami – vnější vrstva je stejně jako u příbuzných členovců (Arthropoda) z chitinu a vnitřní vrstvu tvoří protein albuminoid. Kutikula je jemná a propustná, zároveň však poskytuje želvuškám ochranu proti vnějším vlivům (Gagyí-Palffy, 2011). Představuje výrazný determinační znak, podle něhož lze snadno rozlišit dvě základní třídy želvušek. Jak už bylo naznačeno výše, želvušky třídy Eutardigrada mají kutikulu tenkou a hladkou, často prostoupenou póry, které jsou náhodně rozptýleny po povrchu těla. Na povrchu kutikuly mohou být také přítomny papily. Želvušky třídy Heterotardigrada mají naopak kutikulu tvořenou výraznými obrněnými pláty, často opatřenými řadou výstupků (Nelson, 2002).

Želvušky nejsou jen průhlední živočichové. Mohou nabývat řady barev, jako je například hnědá, zelená, růžová, červená, oranžová nebo žlutá (viz obrázek 2.). Tyto pestré variace, které se liší i mezi jednotlivými druhy, bývají často způsobeny přítomností pigmentů v kutikule. Řada autorů se domnívá, že tyto pigmenty mohou být adaptací poskytující želvuškám ochranu proti UV záření a nepříznivým oxidačním procesům (Glime, 2013).

Barvu želvušek také ovlivňuje obsah jejich trávicího ústrojí nebo přítomnost pigmentů volně uložených v buňkách jejich těla.

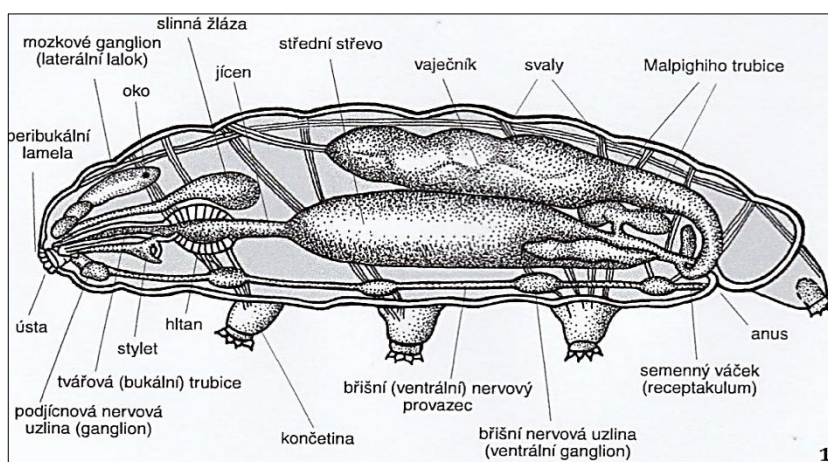
Ke svlékání kutikuly dochází 4–12× za aktivní život, přičemž se želvuška zbavuje nejen kutikuly, ale také drápků a dalších sklerotizovaných částí těla, jako je výstelka střeva nebo části ústního ústrojí. Po dobu tohoto procesu, který obvykle trvá 5–10 dnů, želvuška setrvává v tzv. simplex fázi, ve které nepřijímá potravu a je více zranitelná (Nelson, 2002).

Tělo želvušek je členěno na pět segmentů: první cefalický segment, tři tělní segmenty a terminální segment. Tělní segmenty a terminální segment nesou každý jeden pár končetin (viz obrázek 3). První tři páry končetin jsou orientovány ventrolaterálně a primárně slouží k lokomoci, poslední pár je orientován posteriorně a je využíván k přichycení na substrát (Romano, 2003). Končetiny jsou válcovitého tvaru a ve většině případů jsou zakončeny drápkem. Tvar a počet drápků (obvykle 4–8) je u jednotlivých druhů želvušek různý a slouží jako jeden z determinačních znaků. U mořských druhů můžeme najít také přísavné disky, které zlepšují sílu přichycení k substrátu. K syntéze nových drápků, které jsou svlékány spolu s kutikulou, slouží pedální žláza umístěná na distálním konci každé končetiny (Ramazzotti, a další, 1983).

Vnitřní prostor těla želvušek tvoří hemocoel vyplněný tělní (célomovou) tekutinou. Ta neustále vlivem pohybu želvušek cirkuluje a zajišťuje rozvod živin i výměnu plynů. Nahrazuje tak funkci respiračního a oběhového systému, které nejsou vyvinuty. Samotná respirace je uskutečňována přes epidermis a částečně propustnou kutikulu (Miller, 2011).

Želvušky se živí především vysáváním buněk rostlin (mechů a lišejníků), řas a bakterií. Občas se jejich potravou stávají také jiné organismy, jako jsou drobní prvoci, vířníci nebo hlístice. U rodů *Macrobotus* a *Milnesium* byly zdokumentovány také případy konzumace menších druhů želvušek (Glime, 2013). K příjmu potravy slouží želvuškám buko-faryngeální aparát (viz obrázek 3). Ten je tvořen kutikulárním prstencem, bukalní trubicí, párovými stylety a savým hltanem (Šatkauskienė, 2012).

Vysunovací párové stylety umožňují želvuškám efektivní napíchnutí potravy, jejíž obsah je následně nasát za pomoci hltanu. Hltan je tvořen silným příčně pruhovaným svalstvem, které vytváří hltanový bulbus a umožňuje hltanu fungovat na principu pumpy. Tyto struktury jsou velmi dobře viditelné pod mikroskopem i při zvětšení 20–40×. Savý hltan dále ústí do jícnu. Ten je napojen na střevo, které je rozděleno na přední a zadní. Střevo, v němž probíhá většina trávení, pokračuje konečníkem a řití. Řiť je umístěna mezi posledním párem končetin (Nelson, 2002).



Obrázek 3: Stavba těla želvušky (Czerneková, 2011).

Nervová soustava želvušek je žebříčkovitá. Je tvořena ganglii, ze kterých vystupují nervové provazce inervující jednotlivé části těla živočicha (viz obrázek 3). Nadjícnový neboli cerebrální ganglion je spojen s podjícnovým pomocí objícnového prstence a dále pokračuje čtyřmi ventrálními páry periferních ganglií, jež korespondují s jednotlivými páry končetin, které inervují (Ramazzotti, a další, 1983).

O smyslech želvušek toho zatím není příliš známo. Identifikovány byly dosud dva typy smyslových orgánů: oční skvrny a ciry. Oční skvrny želvušek jsou umístěny v anteriorní části živočicha, skládají se z jednoho pigmentového pohárku a pravděpodobně postrádají čočku. Množství a barva pigmentu v oční skvrně jsou druhově specifické, obvykle se však pod mikroskopem jeví jako černé nebo hnědé tečky (Greven, 2007). Ciry jsou umístěny na hlavové části želvušky a slouží jako hmatový orgán (Clothier, 1963).

Pohybovou soustavu želvušek tvoří pouze příčně pruhované svalstvo. Jelikož jsou želvušky bezobratlí živočichové bez kostry, svaly se upínají na jiné pevné struktury v těle. K tomuto účelu slouží kutikulární výrůstky. Pohyb končetin ovládají svaly uložené v jejich distální části upínající se na kutikulu. Svaly v zadní části těla želvušek slouží především k defekaci a kladení vajec (Ramazzotti, a další, 1983).

2.3. Rozmnožování

Želvušky nejsou schopny nepohlavního rozmnožování, a proto jsou jejich pohlavní buňky jediným prostředkem k rozmnožování. Během vývoje se u želvušek vyvinula řada rozmnožovacích strategií, které byly reakcí na rozmanitost prostředí, které osidlují (Bertolani, 2001). Želvušky jsou převážně gonochoristé bez výrazného pohlavního dimorfismu. Hermafroditismus je velmi vzácný. S jistotou byl popsán jen u několika rodů, jako jsou například rod *Macrobiotus* a *Amphibolus*. Společným znakem všech druhů je kladení vajíček. Jejich množství se liší v závislosti na druhu. Horní hranice jedné snůšky je obvykle 30–40 vajíček (Altiero, a další, 2009). Hlavní rozdíly v rozmnožovacích strategiích nacházíme mezi terestrickými a mořskými druhy želvušek. Oplození terestrických želvušek je patrně vnitřní, naopak u mořských druhů bylo popsáno oplození vnější. U terestrických druhů želvušek je kladení a vývoj vajíček úzce spjat se svlékáním kutikuly. Želvušky kladou vajíčka zabalená ve svlečce kutikuly (exuvii), která obvykle poté zůstává připojena k tělu želvušky (viz obrázek 4) a umožňuje vývoj vajíček až do doby jejich vylíhnutí (Czerneková, 2011). Vajíčka, která jsou kladena přímo na substrát, mají výrazně strukturovaný povrch. Pravděpodobně se jedná o ochranné struktury, které chrání vajíčka před predátory a také umožňují jejich lepší přichycení k substrátu (Glime, 2013).



Obrázek 4: Želvuška svlékající exuvium obsahující vajíčka (převzato z <http://www.baertierchen.de>).

U terestrických druhů byla popsána také partenogeneze. Jedná se o asexuální způsob rozmnožování, při kterém dochází k vývinu nového jedince z vajíčka bez oplození samčí pohlavní buňkou. Partenogeneze představuje adaptaci poskytující želvuškám výhodu při osidlování izolovaných biotopů (Middleton, 2014).

2.4. Ekologie

Díky své vysoké odolnosti želvušky osidlují rozmanité typy prostředí, a to i takové, které jsou zcela nehostinné pro ostatní druhy živočichů. Osidlují prostředí sladkovodní, mořské i terestrické, a to i přesto, že jsou označovány za vodní živočichy (Nelson, a další, 2000). K aktivnímu životu jim totiž stačí pouze tenký film vody.

V suchozemských biotopech lze želvušky najít především v mechu, lišejnících, listové hrabance a půdě. Ačkoliv je početnost želvušek často i mnohonásobně vyšší v listové hrabance, k získání želvušek je obvykle využíván mech pro jeho snazší dostupnost po většinu ročních období (Hohberg, 2006). Z vlastních zkušeností mohu potvrdit, že jsou vhodnější mechové polštáře s větší densitou mechových rostlinek, které lépe drží vlhkost, tudíž i pomaleji vysychají, než mechy „řidké“ nebo s výrazně větvenými rostlinkami. V takových meších je početnost želvušek vyšší.

Želvušky žijící ve vodním prostředí jsou především bentické. Pohybují se u dna a v hlubších zónách často dominují meiofauně sedimentů (Nalepa, 1981). Sladkovodní želvušky se vyskytují na celé řadě stanovišť, včetně dočasných vodních ploch a horkých pramenů. Představují však jen malý vzorek bezobratlé fauny obývajících sladkovodní prostředí. Naopak želvušky mořské jsou velmi hojně zastoupeny. Obývají všechna moře přes písčité pobřeží, kde se živí na řasách a svijonožcích, až po hloubky oceánů sahající do několika tisíců metrů (Grimaldi, 2000).

Jak už bylo řečeno výše, želvušky jsou kosmopolitní živočichové a nalezneme je často i v prostředích, kde bychom je primárně neočekávali. Dobrým příkladem mohou být arktické želvušky, které byly nalezeny na ledovcích tohoto extrémně nehostinného kontinentu. Želvušky zde obývají tzv. kryonitové otvory v ledovcích, tedy místa, která vznikla absorpcí tepla z meteorického prachu (Nelson, a další, 2000).

2.5. Schopnost přežít

Želvušky jsou známy především díky své neobyčejné schopnosti přežít v extrémních podmínkách a jsou právem označovány za jedny z nejodolnějších organismů na Zemi (Copley, 1999). Jsou odolné vůči chemickým i fyzikálním podmínkám, které jsou smrtelné pro většinu živých organismů.

Vysoká odolnost želvušek vůči nepříznivým podmínkám je spojována zejména s jejich schopností vstupu do inaktivního stádia, během něhož dochází k pozastavení nebo úplnému zastavení jejich metabolismu (Wright, 2001). Zhorší-li se podmínky okolního prostředí, jsou želvušky schopny přejít do dvou základních typů latentních forem: kryptobiotického stavu a diapauzy. Je však nutné poznamenat, že želvušky jsou odolné vůči extrémům i ve svém aktivním stádiu. Vstup do latentního stádia uvedenou schopnost ještě umocňuje (Ramazzotti, a další, 1983).

Želvušky jsou schopny odolat teplotám v rozpětí od 150 °C až do zchlazení na teplotu téměř blížící se absolutní nule (-272,8 °C). Kromě extrémních teplot odolávají také vysokým tlakům. Na základě výzkumu prováděného Onem a spolupracovníky (2008) byly zkoumané exempláře želvušek schopny přežít tlak o síle 7,5 GPa (gigapascal) rovnající se tlaku v hloubkách asi 180 kilometrů pod povrchem Země po dobu 6 hodin. Po překročení tohoto časového úseku se míra přežití zmenšuje – po 12 hodinách působení takto vysokého tlaku přežila pouze čtvrtina zkoumaných exemplářů (Ono, a další, 2008).

Vysokou toleranci vykazují želvušky také vůči radioaktivnímu záření. Želvušky vystavené radiaci byly schopny přežít dávky gama záření o síle 1000 až 9000 Gy (Jönsson, a další, 2005). Dalším zářením, které jsou želvušky schopny tolerovat ve zvýšené míře, je UV záření. Na základě pokusů byla prokázána schopnost želvušek přežít dávky záření o velikosti 23kJ/m² a u některých druhů dokonce dávky o velikosti 75–88kJ/m² (Altiero, a další, 2011).

Želvušky odolávají také nadměrným dávkám řady chemických látek. Dokáží přežít vysoké koncentrace dusivých plynů, jako jsou oxid uhličitý, oxid uhelnatý nebo sirovodík, i vystavení methylbromidu¹ (CH₃Br) (Ramløv, a další, 2001). Přestože jsou želvušky odolné vůči velkému množství chemických látek, bylo prokázáno, že je jejich zastoupení výrazně ovlivňováno přítomností těžkých kovů. Především těžké kovy, které jsou součástí výfukových plynů, snižují výskyt želvušek v okolí jejich přímého působení (Šatkauskienė, 2012).

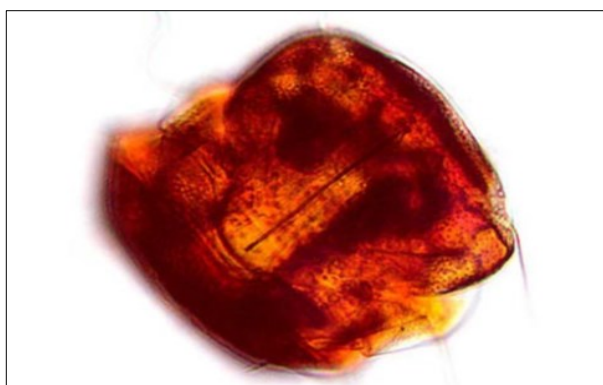
Želvušky jsou schopné přežít nejen radiaci, ale také vakuum, což je činí vhodnými modelovými organismy pro výzkum přežití ve vesmíru. V roce 2007 byly želvušky během vesmírné mise 6/Foton–M3 vystaveny vysokým teplotám, radiaci a vakuu kosmického prostředí. Želvušky byly v dehydratovaném stavu vystaveny působení Slunce během oběhu experimentálního modulu 260 km nad Zemí.

¹ Methylbromid – látka používaná jako pesticid a fungicid v zemědělství, patří mezi látky silně poškozující ozónovou vrstvu (Mañas, 2017).

Následně byly po návratu na Zem rehydratovány a bylo zaznamenáno jejich úspěšné navrácení k aktivnímu způsobu života. Pokus byl opakován v roce 2011, kdy byly želvušky v rámci projektu Biokis vyneseny do vesmíru americkým raketoplánem Endeavor a byly vystaveny působení různých hladin ionizujícího záření. I tyto želvušky se ve většině vrátily k aktivnímu způsobu života bez známek poškození (Miller, 2011).

2.5.1. Kryptobióza

Kryptobióza je zvrtný latentní stav charakteristický částečným nebo úplným pozastavením metabolismu, během kterého organismus nepřijímá potravu, neroste a nerozmnožuje se (Bordenstein, 2014). Při vstupu do kryptobiózy želvušky vytvářejí soudkovitý útvar (viz obrázek 5), který je v anglickém jazyce označován pojmem „tun“, pro který nemá český jazyk ekvivalentní pojem a proto bývá často zaměňován za cystu. Ve své diplomové práci tento stav označuji jako „tun formace“. Při tvorbě tohoto drobného soudkovitého útvaru želvušky zmenšují svůj povrch těla až na čtvrtinu původní velikosti a také zatahují končetiny (Bertolani, a další, 2004). Při vstupu do kryptobiózy dochází k výrazné ztrátě tělních tekutin – obsah vnitřní vody se sníží až na 1 %. Na povrch tun formace je vylučována vosková vrstva kutikuly, která zabraňuje dalším ztrátám tekutin (Lindahl, a další, 1999).



Obrázek 5: Tun formace želvušky rodu *Echiniscus* (převzato z <http://www.baertierchen.de>)

Řada výzkumů prokázala korelaci mezi možnostmi redukce povrchu těla a schopností přežít i to, že želvušky, které jsou schopny výrazně zmenšit svůj povrch těla, vykazují větší šanci na přežití nepříznivých podmínek (Wright, 1991).

Z toho vyplývá, že želvušky třídy Heterotardigrada, které disponují silnými kutikulárními pláty, jsou v tomto ohledu znevýhodněny oproti želvuškám třídy Eutardigrada, jejichž kutikula je tenká a umožňuje tak efektivnější zmenšení povrchu těla (Jönsson, 2001). Bez ohledu na kutikulu však existují mezi želvuškami druhy, které nejsou schopny kryptobiózy vůbec. Jedná se především o mořské zástupce třídy Heterotardigrada. Jediným zástupcem náležícím do třídy Heterotardigrada, u které byla kryptobióza popsána, je řád Echiniscoidea (Guidetti, a další, 2011).

Kryptobióza je významnou adaptací umožňující želvuškám odolávat environmentálním extrémům a osidlovat tak rozmanitá prostředí. Poskytuje jim řadu selektivních výhod, jako je schopnost vyplňovat ekologické mezery v prostředí a únik v období, které je pro život příliš nehostinné (Jönsson, 2001). Zároveň také osidlování extrémních prostředí snižuje počet konkurentů a predátorů, neboť jsou tato prostředí kolonizována jen nízkým počtem druhů (Guidetti, a další, 2011).

Kryptobiózu lze rozdělit na čtyři základní typy: **anhydrobiózu**, ke které dochází v reakci na vysychání prostředí; **kryobiózu**, která se uplatňuje při výrazném poklesu teploty; **osmobiózu**, která je vázána na vysokou koncentraci solí v okolí; **anoxybiózu**, která je vyvolána nedostatkem kyslíku v okolním prostředí (Nelson, a další, 2000).

Anhydrobióza je nejčastěji se vyskytujícím kryptobiotickým stavem. Je vyvolána vysycháním okolního prostředí, což vede k dehydrataci želvušek, které při něm vysychají až do rovnováhy s okolním suchým vzduchem. Želvušky jsou spolu s dalšími kmeny živočichů, jako jsou hlístice a vířníci, označovány za organismy tolerující vysychání (*desiccation-tolerant organisms*), neboť se po rehydrataci opět vrací k aktivnímu životu. Ne všechny druhy želvušek jsou však schopny vstupu do anhydrobiotického stavu. Ten je omezen pouze na jedince dorůstající maximální délky 1 milimetru; některé druhy jsou schopny anhydrobiózy jen v juvenilním stádiu a některé druhy nejsou anhydrobiózy schopny vůbec (Alpert, 2005).

Při anhydrobióze dochází k úplnému nebo téměř úplnému pozastavení metabolismu živočicha. Inaktivní želvušky jsou v anhydrobióze vysoce odolné vůči fyzikálním i chemickým extrémům (Jönsson, 2005). V inaktivním stavu mohou setrvat různě dlouhou dobu, dokud se okolní podmínky nezlepší (Sømme, 1996).

Kritická hranice vysychání iniciující vstup do anhydrobiózy je pro jednotlivé druhy i jedince stejného druhu různá, obvykle se pohybuje v rozpětí 53–80% poklesu relativní vlhkosti prostředí (Jönsson, 2001). Samotnému vstupu do anhydrobiotického stavu předchází tvorba tun formace. Při ní dochází k smršťování kutikuly živočicha a invaginaci lobopodních končetin (Welnicz, a další, 2011). Během tohoto procesu želvušky zmenší povrch svého těla téměř o polovinu. Vytvoření tun formace výrazně snižuje ztráty tekutin a zabraňuje vysoké propustnosti kutikuly. Umožňuje tak želvuškám ponechat si dostatek tělních tekutin k udržení metabolických pochodů, jako je například tvorba ochranných látek.

Základní podmínkou pro úspěšný vstup a přežití v anhydrobiotickém stavu je pozvolnost vysychacího procesu, aby se na vstup do inaktivního stádia želvušky mohly připravit (Crowe, 1972). Zde hraje důležitou roli především prostředí, ve kterém se želvušky nacházejí. Ideálním prostředím jsou mechy, které zadržují vlhkost a zajišťují želvuškám tolik potřebné prostředí k pomalému vysychání. Významnou roli při zajištění úspěšného vstupu a přežití v anhydrobiotickém stavu hraje také dostatečné množství zásobních látek, především lipidů, a dostatek energie (Kinchin, 2008). Kromě zásobních látek a energie se při anhydrobióze uplatňují další biochemické látky, které umožňují želvuškám přežít. Zejména se jedná o látky, které zajišťují zachování membránových struktur, tkáňovou a orgánovou integritu a zamezují poškození DNA (Clegg, 2001). Tyto biochemické procesy jsou spojovány se syntézou bioprotektantů a tzv. *heat shock* proteinů (Rizzo, a další, 2010). *Heat shock* proteiny, nazývané také stresové proteiny, se podle výzkumů v těle želvušek akumulují během rehydratace, což naznačuje, že se podílejí hlavně na opravných procesech po vyschnutí organismu, nikoli při jeho stabilizaci během vysychání. U kmene Tardigrada se uplatňuje převážně stresový protein Hps70 (Schill, 2013).

Nezastupitelnou roli v anhydrobióze hrají sacharidy o nízké molekulární hmotnosti. Jedním z nich je například trehalosa (THR). Tento neredukující se sacharid je tvořen dvěma glukózovými jednotkami spojenými glykosidovou vazbou a je syntetizován nejen v anhydrobióze, ale i dalších druzích kryptobiotických stavů, jako je například osmobióza. Jeho hlavní funkcí je nahrazování vody z membrán, o kterou buňky přicházejí vlivem vysychání, a vytváření vodíkových můstků, které stabilizují membrány a zajišťují tak zachování integrity buněk (Pereira, a další, 2004).

Kryobióza je druhem kryptobiózy umožňujícím želvuškám osidlovat prostředí typická velmi nízkými teplotami. Želvušky jsou označovány jako mráz tolerující organismy, které jsou schopny snášet extracelulární zmrznutí (Wright, 2001). Kryobióza je úzce spjata s anhydrobiózou. Stejně jako u anhydrobiózy při ní dochází k osmotické dehydrataci vlivem tvorby ledových krystalků uvnitř těl želvušek zvětšujících koncentraci extracelulární tekutiny (Guidetti, a další, 2011). V tomto procesu hrají významnou roli látky vyvolávající tvorbu ledových krystalků, tzv. „*ice nucleating agents*“. Tyto látky jsou umístěny vně buněk a slouží jako „magnety“ vytahující vodu ven z buněk. Aktivují se již při nízkých teplotách pohybujících se okolo -5 až -10 °C a umožňují tak pomalou a kontrolovanou tvorbu ledových krystalků, čímž eliminují riziko tvorby větších a potenciálně škodlivých krystalků ledu (Hengherr, a další, 2010).

Osmobióza je kryptobiotický stav, který nastává v případě, je-li koncentrace anorganických iontů (převážně solí) v prostředí vyšší než uvnitř těla želvušky. Jedná se o nejméně prozkoumaný druh kryptobiózy (Bjørn-Mortensen, 2006). Obvykle není pro želvušky vstup do osmobiózy nezbytný, neboť většina druhů má přirozeně vysokou toleranci salinity. Dojde-li k výraznému nárůstu koncentrace iontů v prostředí, želvušky vytváří tun formaci, ve které setrvávají, dokud se vnější podmínky nezlepší (Wright, a další, 1992).

Anoxybióza je druh kryptobiózy vyvolaný nedostatkem kyslíku v okolním prostředí (Lindahl, a další, 1999). Dlouhodobý nedostatek kyslíku vede u želvušek k rozvoji asfyxie, tedy stavu, při kterém želvuška upadá do kómatu a stává se nepohyblivou. Anoxybióza je jediným z druhů kryptobiózy, při němž želvuška netvoří tun formaci. Je to způsobeno zejména narušením osmoregulace během asfyxie, vlivem které proniká do těla želvušek velké množství vody, což má za následek zduření těla želvušky a neschopnost pohybu (Mach, 2014). Názory na časové rozpětí, po které želvušky dokáží v anoxybióze přežít, se různí. V literatuře je nejčastěji uváděno rozmezí od několika minut po 3 až 5 dní (Nelson, a další, 2000).

3. Mechová fauna

V rámci mého výzkumu přítomnosti želvušek ve vybraných vzorcích mechu jsem také zkoumala přítomnost ostatních zástupců mechové fauny (viz kapitola 5). Analýza prokázala, že vzorky, ve kterých byly želvušky přítomny, obsahovaly větší množství ostatních organismů. Naopak vzorky, které byly chudé na mechovou faunu, měly tendenci nižšího výskytu želvušek. V této kapitole bych ráda krátce představila základní skupiny organismů, které byly ve vzorcích obsaženy nejčastěji.

3.1. Nálevníci

Nálevníci (Ciliata, Ciliophora) představují rozmanitou skupinu čítající přes 7000 doposud popsáných druhů. Nálevníci jsou mikroskopické, eukaryotické organismy, jejichž tělo je tvořeno jedinou buňkou. Skupina nálevníků zahrnuje volně žijící druhy i druhy symbiotické žijící v trávicím traktu jiných živočichů. Volně žijící nálevníci jsou kosmopolitně rozšířeni a obývají téměř všechna vodní prostředí včetně oceánů a horkých pramenů (Waggoner, 1995).

Nálevníci jsou velcí 10–4500 μm a tvarově velmi rozrůznění, přes druhy s kulovitým tvarem těla nebo výrazně protáhlou stavbou až po formy laterálně či dorzoventrálně zploštělé a spirálovité. Jedním z typických znaků nálevníků je přítomnost velkého množství brv (cílií). Souhrn všech brv na těle nálevníka nazýváme ciliatura. Ta se dělí dle funkce na ciliaturu somatickou sloužící k pohybu a ciliaturu orální, která slouží k nahánění potravy do úst nálevníka (Lynn, 2008). Právě na základě těchto brv (viz obrázek 6) získali nálevníci své jméno. To bylo odvozeno z latinského slova *ciliae* – v překladu znamenající řasy, které tyto brvy vzdáleně připomínají (Waggoner, 1995). Stálý tvar buňky nálevníků udržuje vnější vrstva, zvaná kortex. Skládá se z pelikuly, která je tvořena buněčnou membránou, a ciliárních kořenů (Sleigh, 1991). Pod pelikulou je uložena vrstva alveol podílejících se na iontové regulaci.

Vnitřní stavba buňky nálevníků je velmi jednoduchá. Uvnitř jejich těla jsou přítomny dva druhy jader – mikronukleus a makronukleus, která se výrazně podílejí na rozmnožování jedinců. Nálevníci mají vyvinuta buněčná ústa, kterými pohlcují potravu. Ta je v těle

uzavřena do potravních vakuol. Odchod odpadních látek je zajištěn buněčnou řítí (Nisbet, 1984). Většina nálevníků se živí bakteriemi, řasami nebo jinými prvoky, symbiotické druhy se živí tkáněmi svých hostitelů (Felder, 2009).

Nálevníci se rozmnožují nepohlavně, a to dvěma způsoby: příčným dělením nebo konjugací. Při konjugaci se dva jedinci spojí buněčnými ústy a následně u nich dochází k výměně genetické informace. Při tomto procesu makronukleus v těle nálevníků zaniká a mikronukleus obou jedinců se několikrát dělí. Při prvním meiotickém dělení se diploidní mikronukleus rozdělí na čtyři haploidní jádra. Tři z nich zaniknou a jedno prochází druhým, tentokrát mitotickým dělením, jehož výsledkem je vznik dvou jader. Jedno z jader, tzv. migratorní jádro, si spojení nálevníci vymění mezi sebou, následně migratorní jádro splývá v obou jedincích s původním, tzv. stacionárním jádrem. Takto vzniklé jádro se následně znovu čtyřikrát dělí za vzniku osmi jader, z nich jsou čtyři využity k tvorbě stejného počtu nových makronukleí. Po rozpojení nálevníků se každý z nich opakovaně rozdělí tak, že dojde ke vzniku čtyř nových jedinců, kteří nesou jeden mikronukleus a jeden makronukleus. Z původních dvou nálevníků tak vzniká osm nových jedinců (Mani, 2005).



Obrázek 6: Nálevník rodu *Blepharisma*. Na fotografii lze rozeznat velké potravní vakuoly uvnitř buňky nálevníka a tělní ciliaturu. (fotografie Gerd Guenther).

3.2. Měňavkovci

Měňavkovci neboli améby (Amebozoa) jsou velkou taxonomickou jednotkou čítající přes 2400 druhů prvoků (Pawlowski, 2012). Skupina Amebozoa zahrnuje volně žijící druhy i druhy parazitické, často významné původce onemocnění. Měňavky lze rozdělit do dvou základních skupin: Lobosa a Conosa (Schilde, 2013). Skupina Lobosa zahrnuje volně žijící améby, které netvoří bičíky, naopak do skupiny Conosa spadá většina parazitických druhů s 1–2 bičíky (Volf, 2007).

Volně žijící druhy měňavek v dospělosti dorůstají až několika milimetrů (Berman, 2012). Jejich tělo je tvořeno jedinou buňkou, kterou vyplňuje cytoplasma ohraničená flexibilní plasmatickou membránou. Buňka je obvykle průsvitná s dobře pozorovatelným jádrem. Počet jader je u zástupců kmene různý, některé druhy mají pouze jedno, jiné i stovky. Cytoplasma améb je rozdělena na vnitřní endoplasmu s granulemi a vnější ektoplasmu (Thorp, 2009). Typickým znakem měňavkovitých organismů je tvorba panožek (viz obrázek 7). Ty se různí počtem a tvarem. Nejčastěji jsou přítomny lalokovité panožky – lobopodie nebo panožky nitkovité – filopodie (Volf, 2007). Améby se pohybují za pomoci přelévání vnitřního obsahu buňky. Při natažení panožek se obsah cytoplasmy přesouvá z jedné strany buňky na druhou a umožňuje tak pohyb vpřed.

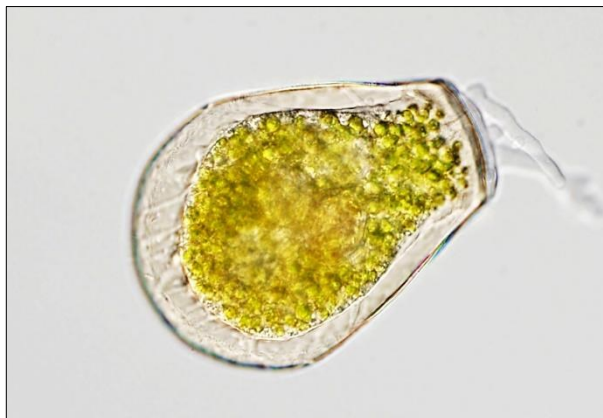
Hlavním způsobem obživy améb je fagocytóza. Améba obklopí potravu, která je poté uzavřena do potravní vakuoly a strávena. K vylučování slouží uroid na zadním konci buňky. V přírodě jsou améby především významnými predátory bakterií, živí se ale také kvasinkami nebo jinými drobnými organismy (Anderson, 1997).



Obrázek 7: Nahá měňavka *Amoeba proteus* na fotografii zřetelně demonstrující panožky typu lobopodie. (převzato z <http://www.microscopy-uk.org.uk/>).

Některé améby – zejména jedinci patřící do podtřídy krytenky (Arcellinida), jsou typické tvorbou vnějších schránek. Ty jsou obvykle oválného nebo hruškovitého tvaru s otvorem, kudy prostupují panožky. Schránka je tvořena organickými nebo anorganickými látkami, jako je chitin nebo uhličitan vápenatý. Ke stavbě schránky krytenky často využívají také zrnka písku, detritu nebo těla rozsivek (Thorp, 2009).

V mém výzkumu se vyskytoval nejčastěji rod štitovka (*Arcella*). Ten zahrnuje přes 1500 zástupců osidlujících terestrická a sladkovodní prostředí. Hojně jsou v půdě, mechu a stojatých vodách (Lee, 2000). Schránka štitovek je tvořena chitinem a má pouze jeden otvor (viz obrázek 8). Živí se buňkami rostlin nebo drobnými mnohobuněčnými organismy (Metazoa) (Fontaneto, 2011). Krytenky se rozmnožují nepohlavně binárním dělením. Před samotným dělením mateřská buňka zvětšuje obsah cytoplasmy, který proniká ven otvorem schránky a vedle původní tvoří novou dceřinou schránku. Teprve poté, co je nová schránka vytvořena, dochází k samotnému dělení původní buňky. Při něm se jádro mateřské buňky rozdělí na čtyři, ze kterých dvě migrují do dceřiné buňky, kde splývají. Následně dochází k oddělení nového jedince (Pchelin, 2010).



Obrázek 8: Krytenka *Hyalosphenia papilio*. Na obrázku lze rozeznat panožky vyčnívající ze schránky živočicha a vnitřní vrstvu cytoplasmy – granuloplasmu. (převzato z <https://testateamoebaereseach.wordpress.com>).

3.3. Hlístice

Hlístice (Nematoda) jsou početným kmenem mnohobuněčných organismů. Jejich název pochází z řeckých slov nema – vlákno a eidos – podoba. Dosud bylo popsáno téměř 20 000 druhů hlístic, mezi které patří volně žijící jedinci i významní parazité (Volf, 2007).

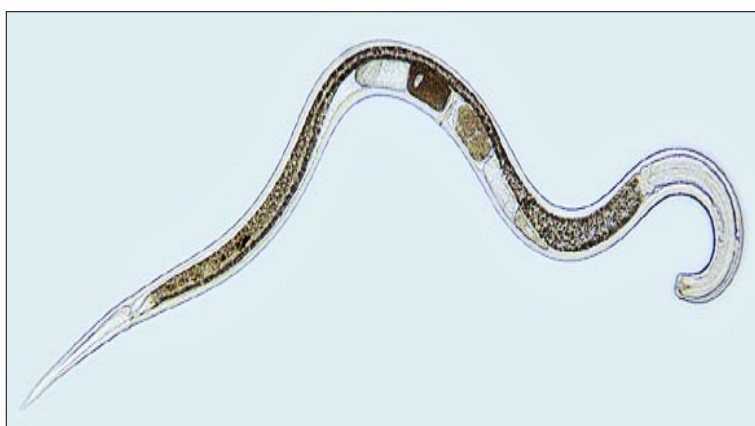
Tělo hlístic je bilaterální, zpravidla protáhlé, většinou válcovitého nebo nit'ovitého tvaru (viz obrázek 9). Vnitřní prostor tvoří pseudocoel. Na povrchu je kryto vícevrstevnou keratinovou kutikulou, kterou při růstu jedinci svlékají (Šifner, 2004). Svalovina je výhradně podélná a umožňuje tak pouze vlnivý pohyb. Velikost hlístic je různorodá, velké množství hlístic je mikroskopických, existují však i druhy dorůstající větších rozměrů v řádech decimetrů i metrů. Hlístice parazitující na placentě vorvaně dorůstají délky až 8 metrů (Bird, 1991). Hlístice mají vyvinutou trávicí, nervovou, vylučovací a rozmnožovací soustavu. Oběhová a dýchací soustava není u kmene hlístic vyvinuta. Nervová soustava je tvořena hltanovým prstencem, ze kterého vybíhají nervové větve. Trávicí soustava je dobře vyvinuta zejména u parazitických hlístic. Tvoří ji ústní papily, savý hltan, rovné střevo, kloaka a kutikulární spikuly (Šifner, 2004). Ústní dutina je přizpůsobena způsobu přijímání potravy – často je vybavena pohyblivými pysky (labia), někdy ozubenými (Volf, 2007).

Hlístice zaujímají různé trofické stupně potravinové sítě půdních organismů. Některé druhy se živí na rostlinách nebo řasách (představují první trofický stupeň), jiné druhy požívají bakterie nebo houby (druhý trofický stupeň) a některé druhy hlístic jsou dravé (představují vyšší trofický stupeň). Obecně lze hlístice rozdělit do čtyř skupin na základě potravy, kterou se živí:

1. Hlístice živící se bakteriemi.
2. Hlístice živící se houbami, z jejichž buněk vysávají vnitřní obsah.
3. Hlístice predátorské, které se živí prvoky a dalšími druhy hlístic.
4. Omnivorní hlístice, které se živí na různých druzích organismů nebo mají rozdílné potravinové nároky v jednotlivých stádiích vývoje (Ingham, 2017).

Hlístice jsou gonochoristé. U většiny druhů je patrný pohlavní dimorfismus, projevující se hlavně v rozdílu velikosti mezi pohlavími. Samice hlístic jsou zpravidla větší než samci a liší se také tvarem zadního konce těla (Lee, 2002).

Stejně jako želvušky a vířníci je řada hlístic schopna kryptobiózy, kdy při nepříznivých podmínkách vstupují do latentního stavu, ve kterém setrvávají, dokud se podmínky nezlepší (Šifner, 2004).

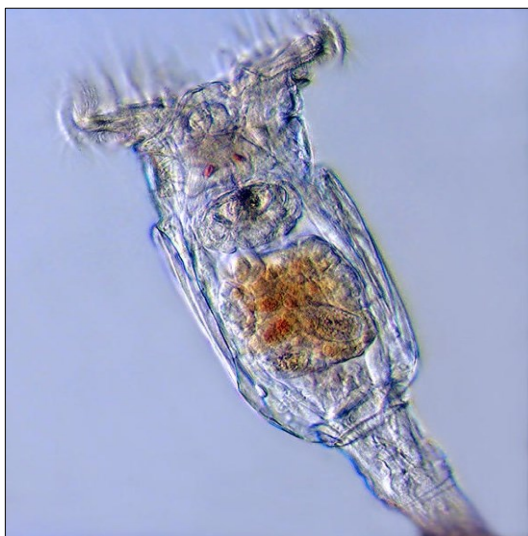


Obrázek 9: Hlístice (převzato z <http://www.microscopy-uk.org.uk>).

3.4. Vířníci

Vířníci (Rotifera, Rotatoria) jsou mikroskopičtí vodní živočichové (viz obrázek 10). Obývají převážně sladkovodní prostředí stojatých i proudících vod. Vířníky lze rozdělit do tří základních tříd. Do třídy Monogononta řadíme většinu sladkovodních vířníků, třída Bdelloidea zahrnuje vířníky žijící převážně v mechu a třída Seisonidea sdružuje mořské vířníky, kteří jsou přisedlí na povrchu sladkovodních korýšů či larev vodního hmyzu (Clifford, 1991).

Vířníci jsou mnohobuněční, bilaterálně souměrní živočichové o velikosti 40 μm až 500 μm a jejich tělo je tvořeno asi tisícovkou buněk. Svou stavbou se vířníci morfologicky často podobají nálevníkům, kteří jsou ale na rozdíl od nich jednobuněční. Vířníci jsou obvykle dorzo-ventrálně zploštělí a jejich tělo lze rozdělit na tři části: hlavu, trup a nohu (Pejler, 1983).



Obrázek 10: Vířník *Philodina megalotrocha* (převzato z <http://www.microscopy-uk.org.uk>).

Hlavová část je opatřena vířivým ústrojím neboli korunou. Svým vzhledem připomíná točící se kolo, od kterého byl také odvozen název vířníků. Ten vznikl spojením dvou latinských slov: rota – kolo a ferre – nést (Thorp, 2009). Vířivé ústrojí slouží k pohybu a získávání potravy. Hlavním zdrojem potravy vířníků jsou bakterie a malé částičky řas, které jsou za pomoci korony vháněny do ústního otvoru (McKinney, 2004).

Trávicí soustava vířníků je rozdělena do několika specializovaných částí. Významnou roli při zpracování potravy hraje hltan vířníků. Ten je tvořen silným svalstvem a vystlán systémem chitinózních lišt a zubů, které jsou pro jednotlivé druhy rozdílné. Celý hltanový systém se nazývá mastax a slouží k rozmělnění potravy. Hltan vířníků dále pokračuje jícnem a žaludkem, který ústí do střeva a je zakončen rektem (Smrž, 2013).

Trup vířníků je často kryt destičkami tvořícími pevný pancíř. Noha nese párové výběžky s lepovými žlázami, které vířníkům umožňují přichycení se k povrchu. Tělo vířníků kryje jednovrstevná pokožka. Tento kmen je však velmi rozmanitý a proto se morfologie u jednotlivých zástupců často liší (Devetter, 2017). Nervová soustava je tvořena třemi nepárovými ganglii. Vylučují pomocí protonefrídií (Šifner, 2004).

Vířníci jsou gonochoristé s jednoduchou rozmnožovací soustavou. Velmi často se rozmnožují partenogeneticky, tedy asexuálně, což vede ke snižování počtu až absenci samců v populacích vířníků. V příznivém období samice kladou letní, tzv. amiktická, diploidní vajíčka, ze kterých se během 12 až 24 hodin líhnou mladí vířníci (samice). V obdobích, kdy dochází ke změnám teploty, délky dne nebo vysychání, líhnou samice vajíčka miktická, která jsou haploidní, z nichž se při neoplození líhnou samci. V případě oplození jsou vajíčka obalena silným obalem a vznikají klidová vajíčka, ze kterých se při zlepšení podmínek okolí líhnou opět partenogenetické samice (Smrž, 2013).

3.5. Roztoči

Roztoči (Acari) jsou řádem mnohobuněčných živočichů patřícím do kmene členovců (Arthropoda), který čítá více než 50 000 popsaných druhů. Řád roztočů je obvykle dělen do pěti podřádů: čmelíkovci (Mesostigmata), pancířníci (Oribatida), zákožkovci (Astigmata), sametkovci (Prostigmata) a klíš'ata (Ixodida) (Smrž, 2013). Roztoči osidlují především terestrická prostředí. Jsou mezi nimi nejen volně žijící druhy, ale také významní parazité a vektorů infekčních chorob (Walter, 2013). Ačkoliv jsou roztoči primárně suchozemští, velmi často je můžeme nalézt v suspenzi ve sběrných nádobách extrakčních nálevek, kam neúmyslně, přesto hojně padají.

Roztoči jsou drobní živočichové, jejichž velikost se různí na základě jednotlivých druhů. Velká část druhů tohoto řádu dorůstá maxima 1 milimetru, výjimkou jsou větší druhy jako například klíš'ata, která měří i několik milimetrů. Tělo roztočů je u většiny druhů kompaktní, bez vnějšího dělení, které je typické pro kmen členovců. Na povrchu je často pokryto chloupky. Tělo je členěno na hlavovou část – gnathostoma a zadní část – idiosoma. Povrch kryje kutikula, která na idiosomatu často vytváří štít. Dospělci mají 4 páry kráčivých končetin. Chelicery roztočů jsou tříčlankové s různými modifikacemi (Zhang, 2003). Vlivem vysoké diverzity ve stavbě chelicer nacházíme u roztočů řadu potravních specializací. Řád obsahuje nejen predátory, ale také řadu herbivorů i parazity rostlin a ostatních živočichů (Smrž, 2013). Nervová soustava roztočů je druhotně koncentrovaná. Dýchají trachejemi nebo celým povrchem těla. Roztoči jsou gonochoristé s nepřímým vývojem (Šifner, 2004).

Ve svém výzkumu jsem se setkala nejčastěji s roztoči patřícími do podřádu pancířníků (Oribatida), a to z důvodu, že právě mechové listky jsou jedním z hlavních zdrojů jejich potravy. Pancířníci (viz obrázek 11) jsou drobní roztoči dorůstající velikosti 200 μm až 1400 μm (Capinera, 2008). Jsou rozpoznatelní díky svému kompaktnímu tělu, které je kryto silně sklerotizovaným exoskeletonem, a přítomností párového smyslového orgánu, tzv. sensil. Kromě mechů jsou pancířníci zastoupeni také v půdách (Smrž, 2013). Pancířníci často slouží jako zdroj potravy řadě dalších členovců.



Obrázek 11: Pancířník *Trichoribates trimaculatus* (fotografie R. Penttinen).

3.6. Plazivky

Plazivky (Harpacticoida) jsou řádem drobných korýšů (Crustacea) obývajících dno téměř všech vodních prostředí slaných i sladkých vod. Tento kosmopolitně rozšířený řád zahrnuje více než 4000 druhů (Giere, 2009). Plazivky žijí volným i parazitickým způsobem života.

Velikost plazivek obvykle nepřesahuje jeden milimetr (Thorp, 2010). Výjimkou jsou však některé parazitické druhy, které mohou dorůstat velikosti až několika desítek milimetrů (Smrž, 2013). Plazivky rostou za pomoci svlékání kutikuly (ekdyse) tvořené CaCO_3 . Od ostatních malých korýšů se plazivky liší přítomností jen jednoho krátkého páru tykadel (antén) umístěného na vrcholu hlavové části (Barnes, 1987). Na hlavě je umístěno také nepárové naupliové oko (viz obrázek 12). Ústní ústrojí plazivek je přizpůsobeno k zachycování drobných částic planktonu nebo k nabodávání kořisti. Pět hlavových článků těla plazivek srůstá s prvním článkem hrudi (Smrž, 2013). Zbývajících 4–5 hrudních článků je volných. Čtyřčlankovaný zadeček je užší než hrud' plazivek a je zakončen vidlicovitou furkou. K hrudi jsou upevněny čtyři páry dvouvětvných končetin se zpeřenými plovacími štetinami. Vzhledem k drobným rozměrům zástupců této třídy, jsou soustavy dýchací a cévní redukované. Plazivky jsou gonochoristé. Samičky nosí vajíčka pod abdomenem až do vylíhnutí typických, naupliových larev (Rosypal, 1992).

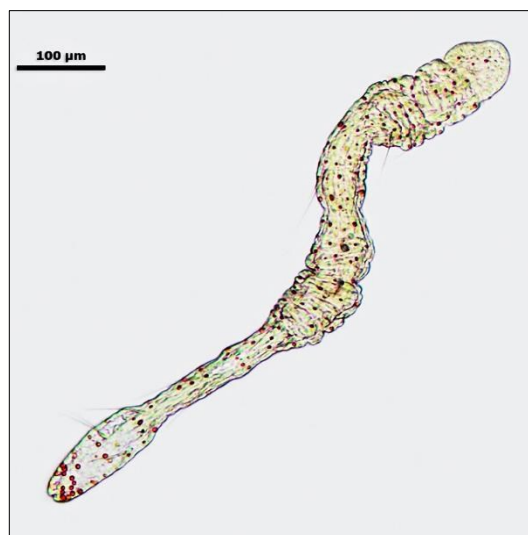


Obrázek 12: Zástupce řádu plazivek (převzato z <http://www.naturamediterraneo.com>).

3.7. Olejnušky

Olejnušky (*Aphanoneura*) jsou živočichové patřící do kmene kroužkovců (*Annelida*). Dříve byly olejnušky řazeny do třídy mnohoštětinatců, dnes jsou však samostatnou třídou čítající jen 25 druhů. Olejnušky (viz obrázek 13) obývají především vodní prostředí sladkých a brakických vod (Barnes, 2001). Mohou však být nalezeny také v mechových polštářích.

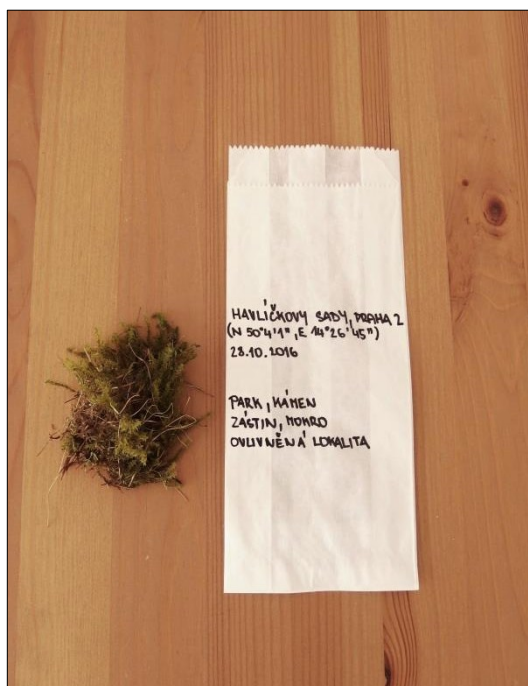
Olejnušky jsou mnohobuněční živočichové s červovitým tvarem těla. Dorůstají maximální délky 10 milimetrů (Komárek, 1952). Svůj název olejnušky získaly díky přítomnosti drobných tukových kapének v epidermis. Ty bývají často pestře zbarveny (Daniel, 1971). Na břišní i hřbetní straně každého článku jsou přítomny vlasové štětiny. První článek (prostomium) je obrvený a tvoří hlavní lokomoční orgán (Barnes, 2001). Olejnušky, stejně jako ostatní kroužkovci, mají uzavřenou cévní soustavu. Jejich nervovou soustavu tvoří břišní páska. Vylučují pomocí metanefridií (Daniel, 1971). Olejnušky se rozmnožují pohlavně nebo nepohlavně, seriálním odškrcováním (Komárek, 1952).



Obrázek 13: Zástupce třídy olejnušek (převzato z <https://www.flickr.com>).

4. Metody extrakce želvušek

Sběr vzorků mechů a lišejníků je velmi snadný. Můžeme proto do jeho procesu zapojit žáky nebo děti účastníci se přírodovědného kroužku. K odběru vzorků jsou zapotřebí nůž či špachtle a papírový sáček. Nejprve je nutno mech nebo lišejník oddělit od substrátu, a to ručně nebo za pomoci nože či špachtle. Takto oddělený vzorek je poté nejvhodnější umístit do papírového sáčku nebo obálky. Papír umožňuje postupné schnutí vzorku a odchod přebytečné vlhkosti. Nedoporučuje se používat mikrotenové sáčky či neprodyšně uzavřené nádoby, protože právě srážející se vlhkost může zapříčinit růst plísní (Glime, 2013). V případě použití vzorků v kvantitativní studii je nezbytné zaznamenat datum a lokalitu sběru (viz obrázek 14). Takto zpracované vzorky lze uchovávat po dobu několika měsíců buď v suchu při pokojové teplotě anebo zmražené při teplotě alespoň $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Obrázek 14: Papírový sáček s popisem lokality.

Způsobů a metod extrakce želvušek je několik. Základní metodou extrakce živočichů z mechu je ruční přebírání jednotlivých mechových lístků pod mikroskopem nebo binokulární lupou, ta však zpravidla nebývá součástí typického školního vybavení.

Uvedená metoda je navíc velmi zdlouhavá a necvičeným očím by mohly želvušky velmi snadno uniknout.

Nejjednodušší metodou, jak extrahovat želvušky, obzvláště pak v nepříliš dobře vybaveném školním prostředí, je namočení celého vzorku mechu alespoň na 24 hodin do vody a poté jeho důkladné vyždímání prsty. Takto vyždímanou tekutinu lze prohlédnout pod binokulární lupou nebo mikroskopem. Druhou jednoduchou metodou je využití zjednodušeného modelu odstředivky. Při této metodě se vzorek mechu vloží do uzavřené nádoby s vodou a opakovaně se protřepe. Následně se nechá voda v klidu odstát a usazené částičky se prozkoumají pod mikroskopem. Tyto zjednodušené metody však nejsou příliš efektivní a jsou vhodné pouze do improvizovaných podmínek, nikoli pro odborné studie.

Velmi často užívanou metodou mezi přírodovědci zkoumajícími želvušky je metoda, při které je od substrátu očištěný vzorek mechu položen do Petriho misky lístky na dno a zalit vodou. Vody by nemělo být příliš, principem není mech zcela ponořit, ale pouze jej velmi dobře hydratovat, aby mohl vodu nasát jako houba. V misce by nemělo zůstat víc než několik milimetrů vody. Takto namočený mech se nechá přes noc nebo alespoň několik hodin odležet. Želvušky by měly klesnout z lístků mechu do zbylé vody na dně misky, kterou poté můžeme prozkoumat pod binokulární lupou pod zvětšením alespoň 20–40×. Pro větší kontrast při prohlížení živočichů lze pod Petriho misku vložit černé pozadí (Glime, 2013). Extrahované želvušky mohou být za pomoci kapátka dále přesunuty na podložní sklo a podrobněji prozkoumány pod mikroskopem umožňujícím větší zvětšení.

Autoři Sayre a Bursonová (1971) doporučují mech do vody zcela ponořit, a to alespoň po dobu 24 hodin, následně z něj vodu vymačkat a sediment prohlédnout pod binokulární lupou nebo mikroskopem. Guidetti (2008) ve své práci ještě doporučuje vodu opakovaně prosít přes sítko, do kterého se želvušky a ostatní malí živočichové zachytí a následně jsou smyty do Petriho misky, kde mohou být dále pozorováni.

Pravděpodobně nejefektivnější metodou pro extrakci želvušek a ostatních mikroorganismů je využití **Baermannovy nálevky**. Poprvé byla popsána již v roce 1917 a sloužila k extrakci aktivních půdních hlístic (Baermann, 1917).

V původní verzi byl vzorek mechu nebo substrátu téměř neprodyšně zabalen do buničiny a zcela ponořen do vody, což mělo za následek velmi nízký počet přeživších živočichů vlivem nedostatku kyslíku. Vzniklo proto mnoho jejích modifikací, které vedly k výraznému zvýšení efektivity této metody (Beane, 1983). Nyní slouží k extrakci nejen hlístic a želvušek, ale také dalších mikroorganismů, jako jsou například vířníci.

K sestavení Baermannovy nálevky (viz obrázek 15) je potřeba několik základních prvků laboratorního vybavení. Tyto prvky však lze velmi snadno nahradit předměty, které jsou běžně dostupné v každé domácnosti. Je proto velmi snadné sestavit improvizovanou verzi nálevky, která funguje stejně efektivně a může velmi dobře posloužit při školním projektu. K sestavení potřebujeme: laboratorní stojan, skleněný trychtýř, plastové sítko s průměrem ok do 2 milimetrů, buničinu, gumovou hadičku a mikrokumavku nebo jinou sběrnou nádobku. Někdy se také využívá svorka, která se připevní na spodní část gumové hadičky. Vzorek mechu nebo lišejníku se zabalí do jedné vrstvy buničiny a umístí do sítka vloženého uvnitř trychtýře v horní části nálevky. Poté se vzorek v sítku zaleje do tří čtvrtin vodou a nechá odstát (viz níže). Baermannova nálevka je řazena mezi behaviorální nebo také tzv. dynamické metody extrakce, jelikož je založena na aktivní migraci živočichů. Ti se díky vlastnímu pohybu a hmotnosti přesouvají do spodní, sběrné části nálevky (Southwood, 2000).



Obrázek 15: Baermannova nálevka.

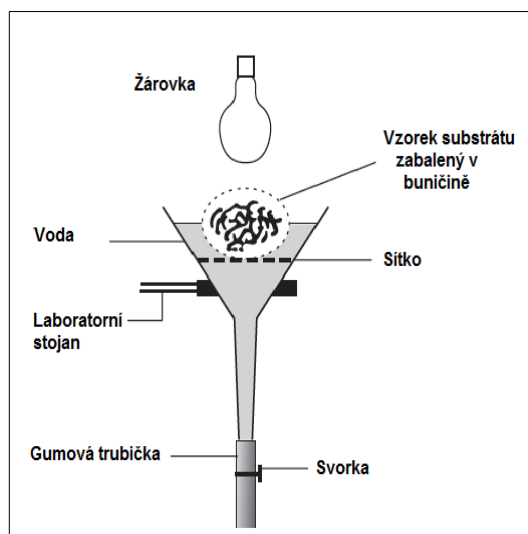
Velmi diskutovaným tématem je doba, jak dlouho by měla extrakce Baermannovou nálevkou probíhat. V literatuře se názory často liší a udává se rozmezí 8 až 48 hodin. Osobně preferuji čísla na spodní hranici tohoto širokého časového úseku, tedy 8–10 hodin extrakce, a to z důvodu aktivity získaných želvušek. Právě v aktivním stavu jsou pohybující se želvušky velmi atraktivní pro studenty, kteří se s nimi setkávají většinou vůbec poprvé za dobu svého studia. Čím déle je vzorek ponechán v Baermannově nálevce, tím větší je pravděpodobnost, že želvušky vstoupí do anoxybiózy, tzn. klidového stavu zapříčiněného nedostatkem kyslíku, který má za následek jejich nehybnost. Na druhou stranu je však takový stav velmi vhodný k detailnímu pozorování stavby těla i vnitřních struktur a orgánů.

Po uplynutí předem stanovené doby se z Baermannovy nálevky vyjme spodní sběrná nádobka, ve které se extrahované želvušky a další mechové organismy nahromadily. Někteří autoři používají místo nádobky svorku, kterou lze stiskem otevřít.

Svorka umožňuje větší přesnost odběru, proto se využívá převážně při tzv. metodě první kapky, při níž se k následnému pozorování používá pouze malé množství získaného sedimentu. Já osobně pro svou kvantitativní studii využívám větší objem vzorku, ze kterého připravuji deset sklíčků k mikroskopování, a místo svorky používám sběrnou mikroskopavku. K samotnému pozorování želvušek je dále zapotřebí mikroskop se zvětšením alespoň 20–40× (viz kapitola 5).

Efektivní modifikací Baermannovy nálevky je metoda **Overgard-Nielsen**. Byla poprvé popsána v roce 1949 dánským zoologem a ekologem Overgardem Nielsenem a primárně sloužila k extrakci půdních hlístic (Robinson, 1984). Metoda Overgard-Nielsen se využívá k extrakci organismů ze vzorků mechů, lišejníků i půdy. Základ extrakční nálevky je totožný – nálevka je vybavena sítím, ve kterém je uložen v buničině zabalený vzorek. Na druhém konci je gumová trubička a sběrná nálevka. Nielsen ve své metodě umístil nad horní část nálevky zdroj tepla, který zahřívá povrch vody. Organismy se vlivem zvyšujícího se tepla přesouvají do sběrné nálevky ve spodní části a sedimentují (Southwood, 2000). Zdrojem tepla je obvykle žárovka o výkonu 16 W. Extrakce metodou Overgard-Nielsenovou (viz obrázek 16) trvá 3 hodiny a teplota by neměla přesáhnout 44 °C, aby nedošlo k poškození vzorků (Southwood, 2000).

Na totožném principu funguje také **O'Connorova metoda**, která je vhodná pro objemnější vzorky substrátu. O'Connor (1962) využil větší nálevku z plastu odolného vyšším teplotám a vzorky zabalené v buničině zcela ponořil do vody. Poté za pomoci silné lampy substrát zahříval po dobu tří hodin při teplotě 45 °C. Před samotnou extrakcí uvedeným způsobem je nutno, aby byly suché vzorky nejdříve navlhčeny a v případě, že byly předtím zmrazeny, musí být ponechány k zahřátí na pokojovou teplotu. Tímto postupem se zabrání poškození vzorku teplem (Southwood, 2000).



Obrázek 16: Modifikovaná Baermannova nálevka pro O'Connorovu metodu (Southwood, 2000).

V řadě extrakčních technik se využívá prosévání vzorků substrátu, metody centrifugační nebo kombinace obou zmíněných. Vhodné jsou zvláště pro extrakci z půd, listové hrabanky nebo vzorků mechů, které obsahují velké množství nečistot. Jednou z takových metod je flotačně-centrifugační metoda, kterou poprvé popsal v roce 1964 W. Robert Jenkins. Metoda je založena na opakovaném odstředování vzorku substrátu smíchaného s vodou a sacharózou a jeho následném filtrování přes sadu sít s různou velikostí ok. Sacharóza při této metodě brání želvuškám, aby tvořily soudky a šlo je tak lépe rozpoznat (Beasley, 2017).

Velmi efektivní modifikací Baermannovy nálevky je metoda tzv. L-C extrakce. Byla původně navržena k extrakci půdních vířníků, využívá se však také k extrakci želvušek, hlístic nebo půdních buchaneček. Její název je odvozen z anglického *light and cooling*, což v překladu znamená světlo a chlazení. Vzorek zabalený v buničině se vloží do plastového sítko, které se usadí do Petriho misky naplněné destilovanou vodou. Následně se Petriho miska umístí do extraktoru, kde se zespolu vzorek chladí na 5 °C pomocí chladicího systému a zároveň je z vrchní části za pomoci žárovky zahříván. Extrakce probíhá 24 hodin, potom je sítko se vzorkem půdy opatrně vyjmuto a sediment je prozkoumán pod mikroskopem (Devetter, 2010).

Metoda zvláště vhodná pro extrakci vodních bentických organismů a tedy i vodních druhů želvušek je tzv. **Boisseauův aparát**. V anglicky mluvících zemích je tato metoda odborně nazývána *elutriation*, kterou bychom v českém jazyce mohli nazvat metodou vymývání. Využívána je však také pro extrakci organismů z mechového substrátu. Poprvé ji popsal Boisseau v roce 1957. Metoda je založena na separaci organismů za pomoci konstantního průtoku vody, která organismy vymývá ze substrátu (Tiemann, 1979). Voda vstupuje do dolní části separační nádoby, která obsahuje vzorek substrátu, a vymývá zvržený sediment ven její horní částí. Průtok vody musí být nastaven tak, aby odpovídal typu substrátu a jeho vlhkosti. Nesmí být příliš silný, protože by docházelo k unášení velkých částí substrátu, ale musí být dostatečně silný na to, aby vymýval organismy v něm obsažené. Želvušky a ostatní organismy jsou zachytávány na sítu o velikost ok 40 μm , uloženém v horní části separační nádoby (Southwood, 2000).

5. Výzkum sledování výskytu želvušek v různých biotopech

5.1. Výzkumná část

Cílem provedeného výzkumu bylo zjistit, zda existují makroskopické vlastnosti mechových polštářů, podle kterých by bylo možné předpovědět, že se ve vzorku mechu z takového polštáře budou želvušky s jistotou vyskytovat a bude možné jej beze strachu z neúspěchu použít ve školním mikroskopickém praktiku.

Vzorky mechu jsem sbírala na území České republiky, a protože determinace mechu na druhovou úroveň je pro laika velmi složitá až nemožná, všímala jsem si především vlastností „mateřského“ biotopu. Sledované vlastnosti byly následně porovnány s přítomností želvušek i dalších zástupců mechové fauny (viz kapitola 3).

Premisami při sběru mechů byla již známá empirická fakta:

- výskyt želvušek je vyšší ve stinných lokalitách,
- želvušky jsou početnější v podzimních a zimních měsících (září – listopad),
- nejčastěji obývanými mechy jsou ty rostoucí přímo na půdním substrátu,
- vzhledem k vysoké schopnosti přežití by znečištění nemělo ovlivnit výskyt želvušek.

5.1.1. Metodika

Výzkumná část byla zaměřena na želvušky žijící v mechu. Půdní želvušky zkoumány nebyly. Prvotní část kvantitativního výzkumu spočívala ve sběru velkého množství mechových vzorků. Za pomoci nože nebo špachtle byl ze substrátu odebrán vzorek mechového polštáře o maximální velikosti 5×5 cm. Každý vzorek mechu byl samostatně vložen do papírového sáčku a detailně označen. Popisek mechu se skládal z data sběru, názvu lokality, GPS a dalších charakteristik lokality (typ lokality, typ substrátu, míra znečištění, hydrologické podmínky lokality aj.). Takto označené vzorky byly ponechány k uschnutí v suchém a dobře odvětrávaném prostředí, aby nedošlo k jejich znehodnocení přerostáním myceliem vláknitých hub.

Abych zajistila co největší rozmanitost vzorků, oslovila jsem s prosbou o pomoc studenty PedF UK, své přátele i rodinu. Díky 32 dobrovolníkům a vlastnímu sběru bylo získáno 127 vzorků (46 vzorků jsem odebrala sama, 81 jsem obdržela od pomocníků).

Některé vzorky však nebyly řádně označeny, či vlivem nevhodného skladování došlo k jejich znehodnocení. Tyto vzorky jsem z výzkumu vyřadila a do závěrečné analýzy vstoupilo 115 vzorků. Vzorky byly sbírány v průběhu sedmi měsíců, a to od června do prosince 2016. Nejvíce vzorků (53) bylo získáno v říjnu 2016, nejméně (1) v prosinci 2016. Počty získaných vzorků pro jednotlivé měsíce jsou uvedeny v tabulce (viz příloha 1), detailní popis jednotlivých lokalit naleznete níže v textu.

Samotná extrakce a vyhodnocení jednotlivých vzorků byly časově velmi náročné (extrakce jedné nálevky trvala průměrně 9 hodin). K zachování konstantních podmínek byly všechny mechy nejprve ponechány k uschnutí a následně byly zpracovány v Baermannově nálevce. Jejich zpracování probíhalo soustavně po dobu dvou měsíců – listopadu a prosince 2016.

K získání želvušek a další mechové fauny z mechových polštářů jsem zvolila metodu extrakce za pomoci Baermannovy nálevky (viz kapitola 4). Metoda je totiž jednoduše proveditelná i v improvizovaných podmínkách a poskytuje stabilní podmínky pro získání vzorků, které lze poté objektivně analyzovat. Extrakce za pomoci Baermannovy nálevky patří mezi tzv. dynamické metody – je založena na přesunu organismů z horní části nálevky do spodní, a to na základě jejich vlastní váhy nebo aktivního pohybu.

Suspenze substrátu a vody zachycená na dně mikroskopavky pod stvolem nálevky byla následně analyzována dle standardizované metodiky: z každého získaného vzorku bylo odebráno 10 kapek suspenze, umístěno po jedné na podložní sklo o velikosti 7,5×2,5 cm a překryto krycím sklíčkem o velikosti 1,5×1,5 cm. Vzniklé preparáty byly okamžitě prohlédnuty pod mikroskopem (Bresser Erudit DLX, Motic BA310). Nejvyšší použité zvětšení bylo 400× (takového zvětšení dosahují i běžné žákovské mikroskopy, metodiku je tedy možno použít i při navržených praktikách).

Přestože autoři odborných článků doporučují délku extrakce nejméně 24 hodin, pro účely prezentovaného výzkumu byly vzorky v nálevce ponechány pouze 8–12 hodin. V průběhu přípravných prací se totiž ukázalo, že ponechání želvušek v Baermannově nálevce kratší dobu umožňuje pozorovat aktivně se pohybující jedince, zatímco po překročení tohoto časového rozmezí se rapidně zvyšuje počet neaktivních želvušek nacházejících

se v anoxybióze. Ačkoliv není doba ponechání vzorků v nálevce podstatná pro výsledky výzkumu, upřednostnila jsem pozorování aktivních, přirozeně se chovajících organismů. Pohybující se želvušky lze totiž snadněji rozeznat od ostatních mechových organismů nebo detritu přítomného v suspenzi.

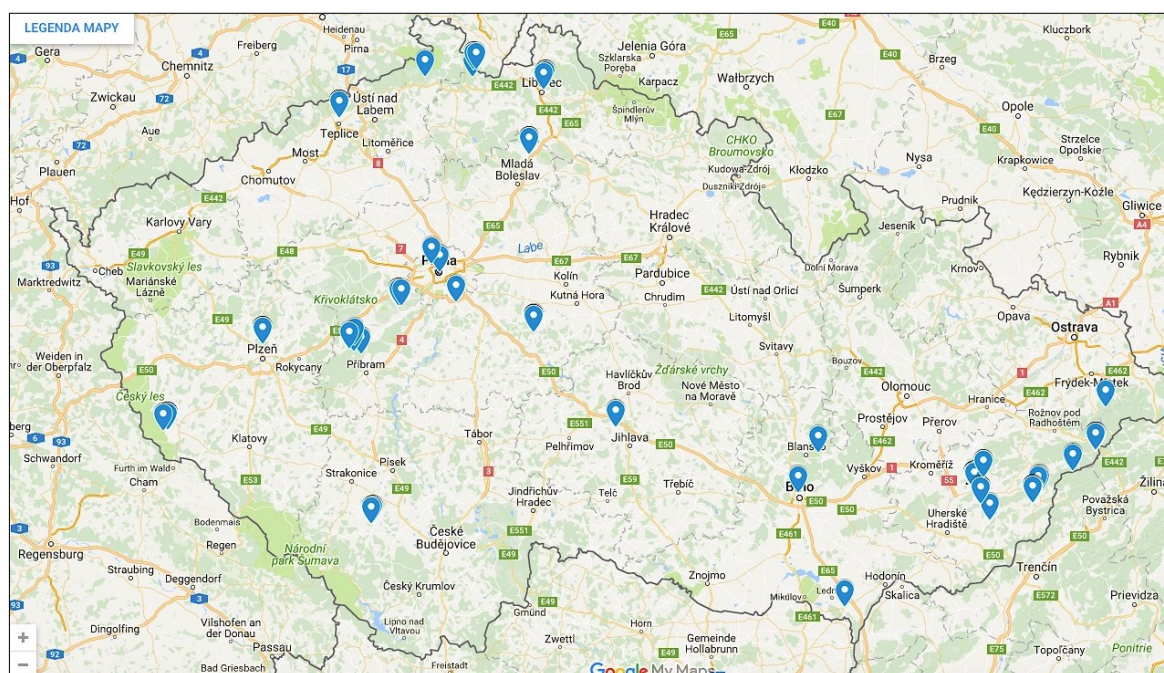
Při pozorování vzorků jsem zaznamenávala přítomnost želvušek, jejich počet a také přítomnost ostatních v meších žijících organismů (viz tabulka příloha 1). Mezi další sledované organismy patřili nálevníci (Ciliata), krytenky (Arcellinida; česky označované také jako štítovky), nahé měňavky, hlístice (Nematoda), vířníci (Rotifera) a roztoči (Acari; především zástupci řádu Oribatida). Ve všech případech se jedná o často se vyskytující organismy, které lze navíc dobře rozpoznat.

Získaná data byla poté statisticky vyhodnocena v programu Canoco for Windows 4.5. V prvním kroku vyhodnocení byly analyzovány všechny lokality včetně těch bez výskytu želvušek, protože taková analýza umožní zjistit vlastnosti stanovišť vhodných (či naopak nevhodných) pro život želvušek. Následně byla analyzována pouze ta stanoviště, na kterých dosáhl počet zaznamenaných želvušek nejméně deseti kusů. Toto omezení umožňuje vyloučit z analýzy stanoviště s akcidentálním výskytem želvušek – místa, kam bylo jen několik málo jedinců želvušek zaneseno větrem či splaveno vodou, ale nevyskytují se zde dlouhodobě v početnějších populacích. S ohledem na malý počet lokalit, ve kterých se želvušky vyskytovaly ve větších početnostech, byl pro analýzu výsledků a komentáře v diskuzi použit dataset se všemi vzorky (krok jedna). K odlišení vzorků bez želvušek, s jednotlivými jedinci a s větším počtem nalezených želvušek jsou použita označení „tardi-negativní“, „tardi-1“ a „tardi-pozitivní“. Porovnán byl výskyt želvušek oproti typu (sedm kategorií) a charakteristikám lokality (šest typů substrátu, tři hladiny míry znečištění a tři hladiny vlhkosti) a také datu sběru vzorků mechu (vyjádřeno v měsících).

Protože hodnoty sledovaných proměnných nejsou spjité a nelze vyloučit jiné faktory ovlivňující výskyt želvušek na lokalitě, byla použita nepřímá kanonická analýza (CA). Tato analýza umožňuje zobrazení kategoriálních proměnných jako centroidů, kolem kterých se při zobrazení ordinačního diagramu shlukují vzorky s podobnějšími vlastnostmi.

5.1.2. Lokality a jejich charakteristika

Všech 115 lokalit bylo na základě obecných charakteristik rozřazeno do sedmi typů biotopů (les, louka, pole, obec, okraj silnice, park a zahrada; viz níže). Konkrétní lokalizace míst sběru je zaznamenána na obrázku 17. Na mapě není vyneseno všech 115 vzorků, protože množství z nich bylo odebráno na velmi blízkých místech. Tyto „vícečetné“ lokality byly kvůli přehlednosti mapy označeny jediným datovým bodem.



Obrázek 17: Lokality odebraných vzorků mechu v rámci České republiky. Na mapě nelze rozlišit všech 115 vzorků, neboť se jednotlivé body překrývají.

Sedm základních typů zkoumaných lokalit bylo definováno následovně:

Les – Ekosystém determinovaný dřevinami stromového typu, bez odlišení listnatého a jehličnatého typu. Lesní typ lokality je snadno dostupný a navíc nabízí vysokou rozmanitost druhů substrátů, které se v něm vyskytují.

Louka – Zemědělská kultura tvořená různými druhy trav a bylin. Louky jsou často ovlivňovány hospodářskými zvířaty, které se na nich pasou, a jsou také ve většině případů vystaveny přímému slunečnímu záření.

Typ lokality byl zvolen především proto, že se nejedná o typickou lokalitu, kde by byl předpokládán vysoký výskyt želvušek; tento názor je však potřeba ověřit.

Pole – Místa se zemědělsky obdělávanou půdou; lokality namáhané lidským hospodařením, vysoce ovlivněné hnojivy a dalšími chemickými látkami využívanými k ošetření plodin. Právě kvůli intenzivnímu lidskému vlivu bylo pole zvoleno jako třetí z modelových typů lokalit.

Obec – Obec je základní územní samosprávný celek, který zahrnuje města a vesnice. Toto označení je v mé práci využíváno pro stanoviště nacházející se v blízkosti lidských obydlí nebo v centru měst. Zvolena byla především z důvodu přítomného znečištění lidskou činností a možnosti porovnání „urbánní“ mechové fauny s lokalitami méně dostupnými a méně znečištěnými.

Okraj silnice – Lokalita nacházející se v bezprostřední blízkosti silnice. Typ lokality byl zvolen především kvůli ověření tvrzení okrajově zmiňovaného v literatuře věnované želvuškám: v oblastech ovlivněných výfukovými plyny automobilů, které obsahují těžké kovy, je výskyt zástupců kmene Tardigrada nižší.

Park – Park je pro účely této práce definován jako městská, volně přístupná zahrada či sad s množstvím uměle vysazené a pečlivě udržované zeleně. Vegetace a celkové prostředí parku je tedy odlišné od přírodních i ostatních sledovaných typů biotopů. Park byl rovněž zvolen díky své dobré dostupnosti.

Zahrada – Uměle vytvořená a upravovaná lokalita výrazně ovlivněná činností člověka, často produkčně zemědělsky nebo okrasně zaměřená, zpravidla menších rozměrů. Snadno dostupná lokalita umožňující porovnání lokalit ovlivněných lidským konáním a lokalit vzdálenějších od lidských obydlí.

Další významnou posuzovanou charakteristikou byl typ substrátu, na kterém rostl mechový polštář. Všechny vzorky bylo možno rozdělit do šesti základních druhů substrátu:

Strom – Mechový polštář rostl na kůře živé, dosud rostoucí dřeviny; jehličnany a listnaté stromy nebyly rozlišovány.

Mrtvé dřevo – Mech porůstal mrtvé, padlé a případně tlející kmeny, pařezy a větve stromů nebo odumřelé části keřů.

Kámen – Mech byl odebrán z kamene, skály nebo jiného pevného horninového útvaru volně se nacházejícího v přírodě.

Půda – Do této kategorie patří mechy rostoucí na povrchu půdy – tedy svrchní vrstvy zemské kůry tvořené nezpevněným horninovým materiálem různého druhu, organickou hmotou, vodou a vzduchem.

Uhlí – Specifický a výjimečný biotop, zařazený do studie pro porovnání vlivu extrémních typů substrátu na výskyt želvušek. Jednalo se o složené hnědé uhlí (lignit) sloužící k topení v tepelné elektrárně.

Beton/dlaždice – Do této kategorie byly zařazeny mechy porůstající umělé stavební materiály tvořící chodníky, zídky a podlahové krytiny v intravilánu.

Ač se o želvuškách traduje, že obývají především střešní mechy, žádný ze zkoumaných mechů nebyl odebrán ze střechy. Především ve městech s vysokými budovami se totiž jedná o těžce dostupný typ lokality; navíc u střech se strmým sklonem dochází při deštích k vyplavování želvušek mimo mechové polštáře.

Vzorky byly rovněž klasifikovány na základě **míry znečištění prostředí**, ve kterém byly odebrány. Odebrané vzorky byly rozřazeny do tří kategorií: **čisté**, **ovlivněné** a **znečištěné**. Z celkového počtu 115 vzorků byly pouze dva hodnoceny jako čisté (minimálně ovlivněné znečištěním a lidskou aktivitou), nejvíce byly zastoupeny vzorky označené jako ovlivněné (89; mírně znečištěné), za znečištěné (výrazně ovlivněné produkty průmyslu a dopravy) bylo označeno 24 vzorků.

Posledním hodnoceným kritériem vzorků byla míra vlhkosti lokality, protože želvušky jsou ve své podstatě vodními živočichy a vlhkost jejich výskyt značně ovlivňuje. Proměnná byla nazvána **aktuální vlhkost lokalit**. Z hlediska umístění stanoviště jsem rozlišovala stanoviště **umístěná na přímém slunci** a stanoviště **ležící v zástínu**. Dále jsem hodnotila **stav mechu ovlivněný aktuálním počasím**. Mechy byly rozděleny na **suché** (mech byl v době sběru zcela vyschlý), **vlhké** (mech byl v době sběru smočen a ve vegetativním stavu) a **mokré** (mech byl odebrán ze zamokřeného prostředí).

V tabulce v příloze 1 jsou vzorky, ve kterých byla přítomna jediná želvuška, označeny coby „Tardi-1“, vzorky s více želvuškami jsou označeny „tardi-pozitivní“ a vzorky bez želvušek jako „tardi-negativní“. Toto označení bude použito i v následujícím textu.

V následující podkapitole bude detailně rozebráno šest lokalit, které byly z hlediska přítomnosti želvušek nejbohatší. Kompletní výčet lokalit a veškerých dat tohoto výzkumu bude součástí přílohy (viz příloha 1).

Postřekov (N 49°27'3", E 12°48'2")

Obec Postřekov (1121 stálých obyvatel) se nachází v okrese Domažlice a spadá pod Plzeňský kraj. Sběr vzorků zde proběhl v listopadu 2016 na třech stanovištích: v lese, na louce a na soukromé zahradě. Celkem bylo odebráno osm vzorků mechu, z nichž největší množství želvušek (86 jedinců) obsahoval vzorek odebraný v lese. Sběr proběhl v deštivém období a odebraný vzorek byl proto v době odběru zcela mokrá. Les se nachází v bezprostřední blízkosti obce a přesto, že je ovlivněn činností lidí, je pouze mírně znečištěn.

Dvorec (N 49°5'3", E 14°2'3")

Dvorec (15 stálých obyvatel k roku 2001) je malá vesnice nacházející se v okrese Prachatice. Mechy zde byly sbírány v listopadu 2016; celkově bylo v této lokalitě odebráno pět vzorků z různých substrátů. Nejpočetnější byl vzorek obsahující 68 želvušek a byl odebrán z kamenné zídky. Ta se nacházela v zástínu a mech byl při sběru vlhký. Lokalita je obydlená, kolem projíždí auta a proto byla, co se znečištění týká, hodnocena jako ovlivněná.

Lačnov (N 49°10'4", E 18°0'5")

Lačnov je malá obec (857 stálých obyvatel), která se nachází ve Zlínském kraji, obklopená pohořími. Pro sběr vzorků zde byla zvolena lesní lokalita a polní cesta k ní vedoucí. Mechy byly sbírány v srpnu 2016. V Lačnově bylo nasbíráno sedm vzorků, želvušky se nejpočetněji (41 jedinců) vyskytovaly v lesním vzorku odebraném z kamene ležícího ve stromovém zástínu. V době sběru bylo velmi teplé počasí, mech byl proto při sběru zcela suchý. Les je snadno dostupný a je hojně navštěvován místními obyvateli, proto byl klasifikován jako mírně znečištěný.

Břeclav (N 48°45'32", E 16°52'55")

Vzorek mechu byl odebrán v listopadu 2016 z půdy nacházející se u okraje silnice. Mech rostl v zástínu keře a při sběru byl vlhký. Míra znečištění této lokality je vysoká, protože, jak už bylo zmíněno, se nachází přímo u rušné silnice, kudy projíždí velké množství aut. Ačkoliv bylo prokázáno (Glime, 2013), že želvušky negativně reagují na znečištění způsobené výfukovými plyny obsahujícími těžké kovy, tato lokalita se poznatku vymyká. Počet želvušek v odebraném vzorku byl 18 jedinců.

Havlíčkovy sady, Praha 2 (N 50°4'1", E 14°26'45")

Havlíčkovy sady (někdy rovněž nazývané Grébovka) jsou parkem nacházejícím se nedaleko centra Prahy. Vzorky byly odebrány v listopadu 2016 z kamenů lemujících okraj jezírka severozápadní části parku. Odebrány byly dva vzorky, nejvyšší počet želvušek ve vzorku dosáhl 16 jedinců. Stanoviště se nachází v stinné části parku a mech byl při odbírání vlhký. Park je hojně navštěvován lidmi nejen z blízkého okolí a díky vysoké návštěvnosti i umístění v centru Prahy se jedná o lokalitu znečištěnou. Vzorky jsem na této lokalitě odbírala několikrát již před odběrem použitým pro DP (prvotní odběr proběhl v květnu 2016), pokaždé bezvýsledně. Domnívám se, že na přítomnost želvušek zde mělo vliv především (pozdější) roční období.

Průmyslový areál Svit, Zlín (N 49°13'59", E 17°40'1")

Lokalita se nachází ve zlínském průmyslovém areálu Svit, v přímé blízkosti tepelné elektrárny a železniční stanice. Jedná se proto o stanoviště s vysokou mírou znečištění. Vzorky byly sbírány v listopadu 2016 na kupách uhlí sloužících k topení a tedy i k výrobě

tepla zásobujícího město Zlín. Na tomto stanovišti bylo celkem odebráno sedm vzorků; nejvyšší počet želvušek ve vzorku byl 13. Vzorky byly odebírány po dešti a mechy tudíž byly vlhké. Za slunného počasí je však stanoviště vystaveno přímému slunci a v letních dnech často dochází k doutnání způsobenému přehřátím uhelného prachu. Z mého pohledu se jedná o nejzajímavější lokalitu, ze které byly vzorky odebrány.

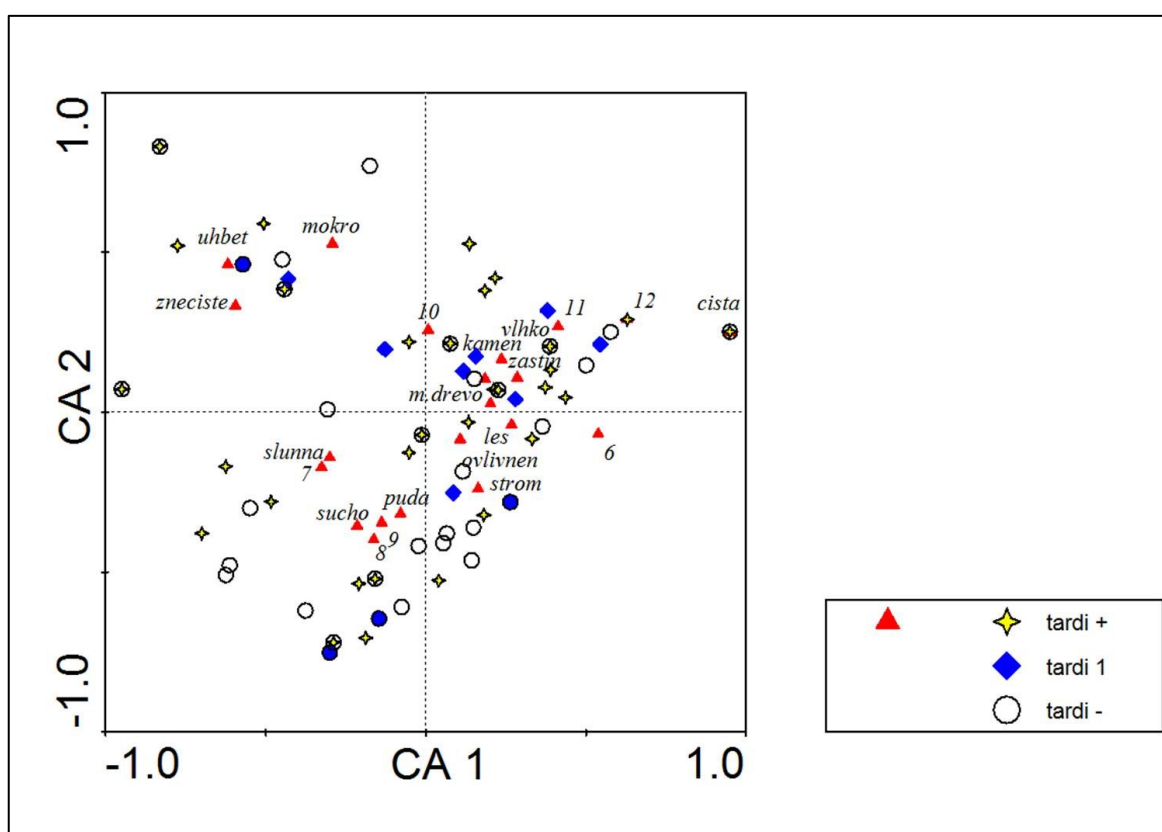
5.2. Výsledky a diskuse

Ze 115 analyzovaných vzorků bylo celkem extrahováno 659 příslušníků kmene Tardigrada. Největší množství želvušek v jednom vzorku bylo zaznamenáno na lokalitě Postřekov v okrese Domažlice (86 jedinců). 18 vzorků obsahovalo více než 10 želvušek, naopak 43 vzorků bylo želvušek zcela prostých.

Nejvyšší počty extrahovaných želvušek byly pozorovány v meších odebraných v **podzimních měsících** říjnu a listopadu. Z celkového počtu 659 extrahovaných želvušek bylo 530 jedinců, tedy 80 %, nalezeno právě v meších odebraných v říjnu a listopadu. Pozorovaný trend je pravděpodobně úzce spojen se **stoupající mírou vlhkosti**. Podzimní období je obecně pro želvušky velmi výhodné, protože klesá teplota i množství slunečního záření a naopak narůstá míra srážek poskytující dostatek vláhy mechům a substrátům, na kterých bryofyta rostou. Teperátní podzim tedy poskytuje želvuškám ideální podmínky k aktivnímu životu.

Z výsledků mnohorozměrné nepřímé kanonické analýzy CA byl v programu CanoDraw vykreslen ordinační diagram, který umožňuje komplexnější pohled do mnohorozměrného datasetu studovaných faktorů ovlivňujících pravděpodobnost výskytu želvušek (viz obrázek 18). První ordinační osa (CA1) vysvětluje 15,2 % pozorované variability, druhá osa (CA2) 12,1 %, dvě další dohromady 19,2 %; celkem tedy bylo použitými proměnnými vysvětleno 46,5 % pozorované variability. Z ordinačního diagramu je patrné, že první osa postihuje aktuální vlhkost lokality (která stoupá směrem do horní části diagramu) a zároveň dělí lokality podle typu substrátu, který je pro želvušky výhodnější (nejvíce pravděpodobný se zdá výskyt v mechu na mrtvém dřevu a kamenech či skalách).

Ve spodní části diagramu se umístily typy lokalit méně vhodné pro výskyt želvušek. Jedná se o místa suchá, slunná a ovlivněná činností člověka. Pro výskyt želvušek jsou rovněž méně vhodné některé typy substrátů, přestože na nich vyrůstá mech – živé dřevo a půda. Vodorovná druhá osa rovněž postihuje míru vlhkosti lokality, která je zjevně korelována s ročním obdobím. Podzimní měsíce říjen až prosinec (v grafu označeny číslovkami 10, 11 a 12) jsou v ČR obecně vlhčí a zároveň bohatší na želvušky. Nejméně vhodné pro dobu sběru jsou naopak měsíce červenec, srpen a září; rovněž mech rostoucí na umělých podkladech (dlaždice, beton) není dobrým zdrojem želvušek.



Obrázek 18: Graf vizualizující výsledky nepřímé kanonické analýzy (CA). První ordinační osa (CA1) vysvětluje 15,2 % pozorované variability, druhá osa (CA2) 12,1 %. Červené trojúhelníky představují centroidy jednotlivých zkoumaných vlastností mechů. Čím blíže jsou lokality s vyšším počtem želvušek k těmto centroidům, tím více tyto charakteristiky pozitivně ovlivňují výskyt želvušek.

Možným vysvětlením trendu vyššího výskytu želvušek v podzimních měsících je vyjma celkově vhodnějšího prostředí také vyšší míra líhnutí želvušek. Ačkoliv tento fakt nebyl v literatuře zatím podrobně popsán a jednoznačně potvrzen, domnívám se, že vyšší počty želvušek vyskytujících se na podzim mohou být způsobeny jednoduše vyšší intenzitou líhnutí nových jedinců.

K tomuto vysvětlení přispívá rovněž častější pozorování drobných juvenilních jedinců v podzimních vzorcích (Nelson, 2002). Vysoké populační hustoty želvušek jsou však zcela jistě podpořené ideálními podmínkami podzimních měsíců a tak jsou oba jevy neoddělitelně spjaté.

Rovněž různé typy lokalit se liší svou vhodností pro výskyt želvušek. Nejpočetnější společenstva želvušek hostí mechy rostoucí v **lesích**. Z lesních vzorků pocházelo 305 jedinců, tedy 46 % všech nalezených želvušek. Lesní lokality želvuškám poskytují již výše zmiňované ideální podmínky k životu. Vzrostlé dřeviny nepropouští tolik přímého slunečního světla, opadanka udržuje stabilní vlhkost a mechy zde rostou v zástínu bez nadměrného vysušování. Želvušky tak mají dostatek potřebné vlhkosti.

Nejvhodnějším substrátem, na kterém želvuškodárné mechy rostou, jsou **mrtvé dřevo** a pevný přírodní substrát – **kameny** či **skaliska**. 55 % všech želvušek bylo získáno z mechů z těchto dvou typů substrátu (z pevných přírodních substrátů 29 %, z mrtvého dřeva 26 % z celkového počtu).

Výzkum navíc podpořil mou původní domněnku, že želvušky jsou odolné vůči znečištění v okolním prostředí. Ačkoli většina vzorků pocházela z lokalit ovlivněných znečištěním, počty želvušek v nich přítomných nebyly výrazně ovlivněny. Zajímavý byl v tomto směru především výskyt želvušek v lokalitě průmyslového areálu Svit ve Zlíně. Lokalita je značně znečištěná, neboť leží v přímé blízkosti železniční stanice a tepelné elektrárny. Vzorky mechu byly odebrány přímo z haldy uhlí sloužícího k zauhlování průmyslových kotlů. Přestože uhlí obsahuje látky jako je síra, uhlovodíky a popeloviny, počty želvušek zde extrahovaných byly vysoké a želvušky nevykazovaly známky ovlivnění přítomným znečištěním.

Z mých výsledků vyplývá, že přítomnost želvušek v meších je velmi variabilní, ovlivněná mnoha faktory, a za pomoci mnou zvolených proměnných popisujících mech (typ lokality, substrátu a aktuální klimaticko-temporární podmínky) není možné jejich výskyt předpovědět s naprostou přesností.

Pro organizátory mikroskopických praktik zaměřených na želvušky z nich však vyplývá následující doporučení: chcete-li na svých praktikách pozorovat želvušky, sbírejte mechy rostoucí v čistých lesích na padlém dřevě nebo kamenech či skalkách od října do listopadu, nejlépe krátce po dešti, aby mechové polštáře byly nasáklé vodou. Stejně tak se však želvušky mohou vyskytnout v meších na substrátu naprosto nečekaném, například na haldách uhlí. Pro provedení mikroskopických praktik je tedy vhodné nasbírat širokou škálu mechů a na malých kouscích konkrétních mechových polštářů předem ověřit přítomnost želvušek. Důležité je učinit tak v podzimních měsících (říjen – prosinec) a mechy do doby konání praktika skladovat v dobře vyschlém stavu.

6. Analýza učebnic

Učivo o bezobratlých živočiších je na základním stupni vzdělávání dle kurikula obvykle vyučováno v 6. ročníku. Do své analýzy učebnic jsem proto zařadila ty učebnice, podle kterých se aktuálně na základních školách tato látka vyučuje (viz tabulka 1). Konkrétně jsou to učebnice: Ekologický přírodopis 6 pro 6. ročník základní školy od nakladatelství Fortuna (2009), Přírodopis pro 6. ročník základní školy a víceletá gymnázia vydaný nakladatelstvím Fraus (2010), Zoologie: Učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií od nakladatelství Natura (1997), Přírodopis I: pro 6. ročník základní školy od nakladatelství Scientia (2010), Přírodopis 6: zoologie a botanika vydaný nakladatelstvím SPN (2007) a Přírodopis: učebnice od nakladatelství Nová škola (2014).

Můj výzkum ukázal, že téma želvušek se na základních školách vůbec nevyučuje. Ani v jedné z uvedených učebnic přírodopisu nejsou tyto členovcům příbuzní živočichové zmíněni. Důvodů je pravděpodobně několik. Hodinové dotace pro vzdělávací oblast Člověk a příroda (2013), kam patří nejen přírodopis, ale také zeměpis, fyzika a chemie, činí 21 hodin pro celý druhý stupeň. Je proto pochopitelné, že probrání učiva nad rámec osnov a zařazení tématu želvušky jakožto zajímavosti může být komplikované právě kvůli časovému omezení. Druhým důvodem, nad kterým je nutno se zamyslet, je, zda vůbec žáci základních škol potřebují takovéto znalosti mít. Osobně se domnívám, že v rámci teoretického vyučování je pro žáky zcela dostatečné, osvojí-li si znalosti o tématu kmene členovců a budou jej umět nejen popsat, ale také rozdělit do jednotlivých tříd. Téma želvušek, tedy příbuzných právě kmene členovců, bych spíše zařadila do praktických hodin, například laboratorních činností. Ty některé školy zařazují k výuce přírodopisu nebo do zájmového kroužku přírodopisu mimo vyučování. V těchto hodinách by dle mého názoru bylo vhodné tyto zajímavé živočichy zařadit a učinit tak například formou experimentální či projektové výuky (viz kapitola 7). Věřím, že mikroskopický svět, který nemohou žáci vidět vlastníma očima, je pro ně velmi atraktivní a při správně zvolených metodách výuky může žáky motivovat k dalšímu samostatnému objevování.

K analýze středoškolských učebnic jsem si vybrala učebnice: Biologie pro gymnázia od nakladatelství Olomouc (2000), Biologie v kostce od nakladatelství Fragment (2008),

Biologie 1 pro střední odborné školy od nakladatelství SPN (2006), Biologie živočichů: pro gymnázia od nakladatelství Fortuna (2004), Zoologie (2000) a Nový přehled biologie (2003) vydané nakladatelstvím Scientia. Středoškolské učebnice jsou mnohem podrobnější a obsáhlejší než učebnice pro školy základní a proto se v nich téma želvušek objevuje (viz tabulka 1).

Biologie pro gymnázia (2000) neobsahuje žádné informace o kmeni želvušek, a to i přesto, že je nejobsáhlejší ze všech analyzovaných učebnic a je určena studentům, od kterých se očekává nejširší znalostní vybavenost. V učebnici jsou bezobratlí živočichové popsáni velmi podrobně a je zde věnován odstavec také příbuznému kmeni želvušek – drápkovcům (Onychophora). Osobně bych uvítala, aby byly představeny i další dva kmeny živočichů, tedy želvušky a jazyčnatky, které patří ke stejné evoluční linii a bývají probírány současně.

Další učebnicí, ve které informace o kmeni želvušek chybí, je **Biologie v kostce** od nakladatelství Fragment (2008). Zajímavé je, že v předešlém vydání, které obsahovalo dva díly, želvušky zmíněny byly. Vydání z roku 2008 je ale obecně velmi stručné a dle mého názoru se příliš nehodí k využití ve výuce biologie. Informace, které tato učebnice poskytuje, jsou osekáné na minimum. Kniha se proto jeví být spíš vhodná k rychlému získání přehledu nebo opakování před maturitou či přijímacími zkouškami. Nicméně, jako samotná je pro přípravu nedostačující.

V učebnici **Biologie 1** vydanou nakladatelstvím SPN (2006) je želvuškám věnováno několik krátkých vět a obrázků. Ve třech větách zde autor shrnul stavbu těla, místo výskytu, počet druhů a zmínil také pojem anabióza, který ovšem dále nevysvětlil. V poslední větě konstatuje, že „*želvušky jsou bezvýznamné.*“

Ze všech tří učebnic pro středoškoláky je uvedené pojetí dle mého názoru nejméně uspokojivé. Takto podané informace, které nejsou blíže rozvedeny, a pojmy, které nejsou vysvětleny, nemohou příznivě ovlivnit učící proces žáka. Tvzení, že jsou želvušky bezvýznamné, je podle mě zcela zbytečné a nemělo by se v kvalitní učebnici objevit.

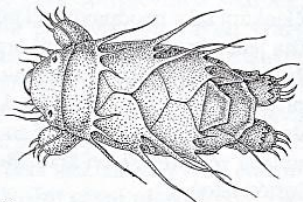
Žádný organismus není bezvýznamný. Nejen, že takové tvrzení snižuje kvalitu podaných informací, ale také zcela demotivuje žáka a odrazuje ho od jakéhokoli dalšího zájmu o téma.

Nejlépe je téma želvušek zpracováno v učebnici **Biologie živočichů: pro gymnázia** vydané nakladatelstvím Fortuna (2004). Tématu je zde věnován dostatek prostoru, text je logicky členěn (viz obrázek 19). Informace jsou žákům podány srozumitelně a cizí i nové pojmy jsou ihned vysvětleny. Důležité rozlišovací znaky jsou shrnuty v bodech. Je zde i obrázek zástupce třídy Heterotardigrada. Velkým pozitivem je také přítomnost kontrolních otázek a námětů pro praktická cvičení, které žáky vybízejí ke sběru a extrakci želvušek. Takto vytvořený text v učebnici poskytuje dostatek informací a je kvalitním podkladem k dalšímu vzdělávání žáků.

4.2 Kmen: **ŽELVUŠKY** (*Tardigrada*)

Rozlišovací znaky:

1. Tělo členěné na hlavu a čtyři trupové články.
2. Bodavé ústní ústrojí.
3. Drápky na končetinách.
4. Diferencované snopce svalů.
5. Malpighiho trubice.
6. Anabióza.



Želvuška

Tito velmi drobní živočichové (desetiny milimetru) obývají nárosty mechů, ale i vodu. Tělo se člení na hlavu a čtyři trupové články, které nesou po páru krátkých nečleněných kuželovitých (komolcovitých) končetin, jež jsou na konci opatřeny drápky. Tělo pokrývá pružná tenká kutikula. **Svaly** slouží k pohybu končetin a zatahování hlavy; **tvoří systém snopců** (ne kožně svalový vak). Z ústní dutiny se vysunují **bodcovité orgány** (*stylety*), kterými želvušky nabodávají především tělo mechů a sají z nich šťávy. Jako vylučovací ústrojí slouží **slepé vychlípeniny střeva**, odpovídající **Malpighiho trubicím** některých členovců a pracující na principu osmózy; metabolity tedy odcházejí střevem a fitním otvorem z těla. Želvušky dýchají celým povrchem těla. Cévní systém chybí. Nervová soustava připomíná žebříček a svým členěním kopíruje členění celého těla (jedno ganglium hlavové a 4 ganglia tělní). Jsou to **gonochoristé** s přímým ontogenetickým vývojem. Význačnou vlastností želvušek je schopnost **anabiózy**, tedy **navození klidového stadia**, především díky řízené ztrátě tělních tekutin, čímž se organismus stává odolný proti vysychání či vymrzání (podobně jako u vířníků). Při nástupu příznivých podmínek se vrací do aktivního stavu, v němž se rozmnožují.

Želvušky jsou běžné v nárostech mechů; není problém je získat jemným „vyždímáním“ mechového polštáře do misky s vodou. Jejich studium je vzhledem k jejich nepatrné velikosti velmi náročné. U nás běžně žije rod **medvídátko** (*Macrobiotus*).

Obrázek 19: Učivo o želvuškách v učebnici Biologie živočichů (Smrž, 2004).

Vhodně je téma želvušek zpracováno také v učebnici **Zoologie** vydané nakladatelstvím Scientia (2000). Želvušky jsou zde přehledně zařazeny do systému živočichů i stručně popsány. Nové pojmy jsou žákovi srozumitelně vysvětleny.

Jediným detailem, který není přesný, je tvrzení, že želvušky v anabióze tvoří cysty. Tato nepřesnost je však pochopitelná, protože pro označení „tun“, tedy jakýsi soudek, kterým je útvar popisován v anglicky hovořících zemích, nemá čeština ekvivalent. Proto bývá v české literatuře velmi často označován za cystu.

Dostatek prostoru je želvuškám věnován také v **Novém přehledu biologie** od nakladatelství Scientia (Rosypal, 2003). Je zde podrobně popsána jejich anatomie i ekologie. Vysvětlena je v této učebnici také anabióza a správně je česky popsán i soudkovitý útvar, který želvušky v klidovém stádiu tvoří.

Název učebnice:	Autoři:	Nakladatelství:	Rok vydání:	Počet stran:	Přítomnost tématu:
Ekologický přírodopis 6	Kvasničková, D.	Fortuna	2009	128	Ne
Přírodopis 6	Čabradová, V.	Fraus	2011	120	Ne
Zoologie	Maleninský, M., Smrž, J.	Natura	1997	63	Ne
Přírodopis I	Dobroruka, L.	Scientia	2010	127	Ne
Přírodopis 6	Černík, V.	SPN – pedagogické nakladatelství	2007	103	Ne
Přírodopis	Vlk, R., Kubešová, S.	Nová škola	2007	96	Ne
Biologie pro gymnázia	Jelínek, J., Zicháček, V.	Nakladatelství Olomouc	2000	559	Ne
Biologie v kostce	Hančová, H., Vlková, M.	Fragment	2008	176	Ne
Biologie 1 pro střední odborné školy	Bumerl, J.	SPN – pedagogické nakladatelství	2006	221	Ano
Biologie živočichů: pro gymnázia	Smrž, J., Horáček, I., Svátora, M.	Fortuna	2004	207	Ano
Nový přehled biologie	Rosypal, S.	Scientia	2003	797	Ano
Zoologie	Papáček, M.	Scientia	2000	285	Ano

Tabulka 1: Přehled analyzovaných učebnic.

7. Využití želvušek ve výuce

V následující kapitole se budu podrobně věnovat vysvětlení vybraných forem a metod využívaných ve výuce přírodopisu a biologie. Pro každou z těchto forem a metod výuky představím praktický návrh její implementace.

7.1. Formy výuky

V této kapitole budou představeny formy výuky, které mohou být využity k zařazení tématu želvušek do výuky přírodopisu a biologie. Věnovat se zde budu **laboratorním pracím, projektové výuce a badatelsky orientované výuce**. Tyto formy výuky byly zvoleny z důvodu praktického zapojení žáků, které vede k osvojení nových znalostí a dovedností. Každá z forem výuky bude doplněna o praktický návrh jejího provedení.

7.1.1. Laboratorní práce

Jsou formou výuky, při které si žáci osvojují nejen znalosti, ale hlavně praktické dovednosti, pracovní návyky a organizační dovednosti (Maňák, 2003). Důraz je kladen na vytváření vědomostí, jejich prohloubení a využití v praxi. Uplatňují se zde problémové a výzkumné metody i metody experimentu. Žáci sami pracují na zadaném úkolu a aktivita učitele tak ustupuje do pozadí. Oproti klasickým reprodukcím metodám ve výuce vyžaduje od žáků náročnější kognitivní operace a psychomotorické dovednosti (Kalhous, 2002). Laboratorní práce a všechny činnosti nebo experimenty v nich by měly odpovídat nejen materiálnímu vybavení školy, ale především věku a psychomotorickým schopnostem žáků, kteří je provádějí. Musí být názorné, bezpečné a snadno proveditelné žáky samotnými (Vosičková, 1998).

Mojžíšek (1988) rozlišuje několik typů laboratorních prací:

1. Ilustrační typ – doplňuje teoretické znalosti žáků, které si osvojili během výuky.
2. Aplikační typ – aplikuje teorii v praxi, procvičuje vědomosti a dovednosti žáků.
3. Heuristický typ – umožňuje žákům osvojit si nové vědomosti a dovednosti skrze praktickou činnost.

Žáci jsou zpravidla rozděleni do několika skupin, ve kterých se podílejí na jednotlivých krocích laboratorních prací a učí se tak velmi důležité spolupráci, vzájemnému respektu a dělbě práce. Množství žáků ve skupině je odvozeno především z materiálního vybavení školní laboratoře, počet žáků by ale neměl být příliš vysoký. Ideální je práce ve dvojicích. Každý žák by měl mít přístup k práci, laboratornímu vybavení, měl by mít možnost si vše prohlédnout a zapojit se do činnosti.

Žáky je nutné předem na aktivitu připravit a podrobně jim vysvětlit, jak bude práce s laboratorním vybavením probíhat. Součástí laboratorních cvičení by mělo být vypracování protokolů. Žáci se tak díky nim učí formulovat hypotézy, pořizovat nákresy a vyvozovat závěry své práce (Maňák, 2003). Protokoly mohou být vyučujícím předem připraveny nebo je mohou žáci vypracovat sami. Záleží na individuálním posouzení zdatnosti žáků. V případě, že se žáci s laboratorními pracemi teprve seznamují, může jim vyučující přichystat manuál s jednotlivými kroky a potřebami, dle kterého budou žáci postupovat. Každý laboratorní protokol by měl obsahovat postup práce, seznam pomůcek potřebných k práci, popis činnosti, nákres a závěr pozorování (Pavelková, 2007).

Návrh laboratorních prací

V následujícím textu uvádím tři varianty laboratorních prací, které lze využít ve výuce zaměřené na želvušky a jinou mechovou faunu obývající stejný mikrohabitat mechových polštářů.

A. Pozorování želvušek (Tardigrada)

Cílem tohoto laboratorního cvičení je seznámit žáky s kmenem želvušek a demonstrovat jejich anatomické i morfologické struktury, včetně představení hemocytů, buněk pohybujících se uvnitř těl želvušek. Zaměřuje se také na samotný pohyb želvušek ve vodním roztoku preparátu. V rámci tohoto cvičení může vyučující žákům představit nejen želvušky, ale také širokou varietu ostatních organismů, které sdílí mikrohabitat mechových polštářů.

Žáci se na základě tohoto cvičení naučí rozeznat želvušky a osvojí si základní znalosti o tomto kmeni a jeho chování. Žáci si také v rámci cvičení prohloubí své manuální dovednosti při manipulaci s laboratorním náčiním a naučí se připravit dočasný preparát. Laboratorní cvičení může být zařazeno buďto na konci výukového bloku o mikroskopických bezobratlých živočiších nebo může být zvoleno jako úvodní motivující aktivita, na kterou může vyučující navázat teoretickou částí vyučování.

Toto laboratorní cvičení vyžaduje ze strany vyučujícího přípravu před jeho samostatným provedením. Vyučující musí obstarat dostatek vzorků mechu. Mechy mohou být čerstvě sbírané, pokud to umožňuje sezóna, nebo mohou být využity v sušené podobě. Vyučující by však měl vždy využít osvědčenou lokalitu nebo druh mechu tak, aby zajistil co nejvyšší početnost želvušek ve vzorcích.

Následně musí vyučující sestavit Baermannovu nálevku k extrakci želvušek, což je potřeba učinit 8 až 24 hodin před samotným laboratorním cvičením, kde bude extrahovaný vzorek použit. Pro potřeby tohoto cvičení není vhodné ponechat vzorek v nálevce delší dobu, neboť čím delší je doba extrakce, tím se snižuje aktivita organismů. K jejímu sestavení je potřeba laboratorní stojan, držák, skleněná nálevka, plastové sítko, buničina a mikrozkuhavka. Podrobný popis sestavení Baermannovy nálevky je uveden v kapitole 4. Je nutno zvážit, jaké množství vzorků bude vyučující pro laboratorní cvičení potřebovat, a přizpůsobit tomu počet nálevek. Každý stojan unese alespoň 4 držáky s nálevkami a ze vzniklé suspenze obsažené v mikrozkuhavce lze, podle mých zkušeností, obvykle udělat alespoň 4 dočasné preparáty. V případě 24členné třídy by měl tedy vyučující založit alespoň šest Baermannových nálevek, k čemuž mu vystačí dva laboratorní stojany.

Takto extrahovanou suspenzi je vhodné v mikrozkuhavkách umístěných ve stojanu rozmístit rovnoměrně mezi žáky tak, aby je měl každý k dispozici, a vybavit je kapátky umožňujícími snadnou manipulaci. K dispozici by žáci měli mít také dostatek laboratorního skla a mikroskopů. Ideální je nechat žáky pracovat ve dvojicích, ve kterých si mohou navzájem pomoci, ale zároveň je vhodné, aby si každý z dvojice vyrobil vlastní preparát a vyzkoušel si tak manipulaci s laboratorním náčiním.

V následující tabulce udávám minimální počty vybavení potřebného pro 24člennou třídu (viz tabulka 2).

Vybavení:	Počet kusů:
Laboratorní stojan	2
Laboratorní držák	6
Vzorek mechu	6
Skleněná nálevka	6
Plastové sítko	6
Buničina	6
Gumová hadička	6
Mikrozkumavka	6
Podložní sklo	24
Krycí sklo	24
Kapátko	12
Mikroskopy	12

Tabulka 2: Počet vybavení potřebný pro 24člennou třídu.

Úkolem žáků je vytvořit si dočasný preparát z předem nachystané suspenze vody a substrátu. Ten vytvoří tak, že na střed podložního skla kápnou pomocí kapátka malou kapku z nádoby obsahující suspenzi vody a substrátu a následně ji přikryjí krycím sklíčkem. Takto připravený dočasný preparát vloží pod mikroskop. Žáci pozorují aktivní formy želvušek pohybujících se v preparátu. Za pomoci vyučujícího si vysvětlí, jak pod mikroskopem rozeznat želvušky od ostatních organismů, a popíší si jejich charakteristiky. Výstupem tohoto cvičení by měl být zhotovený laboratorní protokol, včetně popsání nákresu želvušky (viz příloha 2). Vyučující by měl být žákům po celou dobu cvičení k dispozici a měl by poskytovat pomoc v případě, že si někdo nebude vědět rady se zadáním nebo provedením úkolu. Po skončení práce si žáci uklidí pracovní plochu a umyjí krycí sklíčka i podložní skla, která pečlivě utřou a následně nechají doschnout volně na předem vymezeném místě.

B. Barvení želvušek (Tardigrada)

Cílem tohoto laboratorního cvičení je demonstrovat vnitřní i vnější struktury těl želvušek za pomoci využití metod barvení ke zvýšení jejich viditelnosti. Důraz je kladen na demonstraci hemocytů – kulovitých buněk pohybujících se uvnitř těl želvušek, jejichž význam nebyl doposud plně objasněn.

Během cvičení si žáci osvojí znalosti týkající se anatomie a morfologie těchto mikroskopických organismů. Osvojí si dovednosti tvorby dočasných preparátů a manipulace s laboratorním vybavením. Žáci se naučí základní metody barvení a získají znalosti o jednotlivých barvách použitých za tímto účelem. Žáci také získají znalosti v oblasti bezpečnosti práce s barvivy a jinými chemickými látkami, se kterými by se během laboratorních cvičení mohli setkat.

Příprava vyučujícího na zmíněné laboratorní cvičení je totožná s postupy uvedenými v laboratorním cvičení číslo 1. Vyučující si tedy dle výše uvedených pokynů obstará vzorky mechů a za pomoci Baermannovy nálevky extrahuje suspenzi vody a substrátu obsahující želvušky a ostatní mechovou faunu. Jediným rozdílem v postupu je doba, po kterou je nutno nechat Baermannovu nálevku odstát. Pro účely tohoto cvičení je vhodnější nálevku ponechat alespoň 24 hodin nebo déle. Díky tomu se sníží aktivita organismů, želvušky po takovéto době upadnou do anoxybiózy a stanou se nehybnými, což umožní snadnější pozorování jejich tělních struktur.

Pro potřeby tohoto laboratorního cvičení jsem otestovala šest běžně používaných barviv. Uvádím jejich následující přehled v pořadí od činidel nejlépe využitelných po chemikálie méně vhodné pro účel barvení tělních struktur.

a) Lugolův roztok

Lugolův roztok efektivně zvýrazňuje struktury organismů přítomných ve vzorku, aniž by snižoval jeho kontrast (viz obrázek 20). Okamžitě usmrtí všechny přítomné organismy a umožňuje tak jejich pozorování bez pohybů.



Obrázek 20: Fotografie heterotardigrádní želvušky v dočasném preparátu obarveném Lugolovým roztokem.

b) Acetokarmin

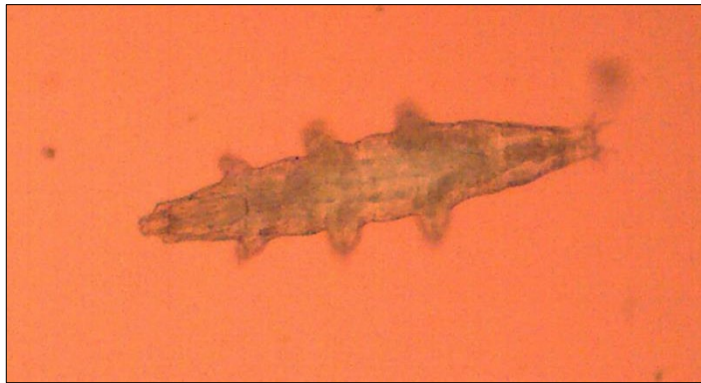
Acetokarmin instantně smrtí všechny organismy obsažené ve vzorku. Jeho hlavní výhodou je, že velmi efektivně barví potravu obsaženou v trávicím traktu organismů a zvyšuje tak její kontrast (viz obrázek 21). Silně se však projevuje na pozadí vzorku a jím obarvené preparáty jsou uniformně červenooranžové.



Obrázek 21: Fotografie eutardigrádní želvušky v dočasném preparátu obarveném roztokem acetokarminu.

c) Kongo červeně

Kongo červeně výrazně ztmavuje vzorek. Většinu organismů nebarví, výjimkou jsou olejňušky. Výhodou tohoto roztoku je, že díky ztmavení vzorku (pozadí) vystupuje tělo želvušek do popředí a umožňuje tak zřetelnější pozorování hemocytů (viz obrázek 22).



Obrázek 22: Fotografie eutardigrádní želvušky v dočasném preparátu obarveném roztokem kongo červeně.

d) Safranin

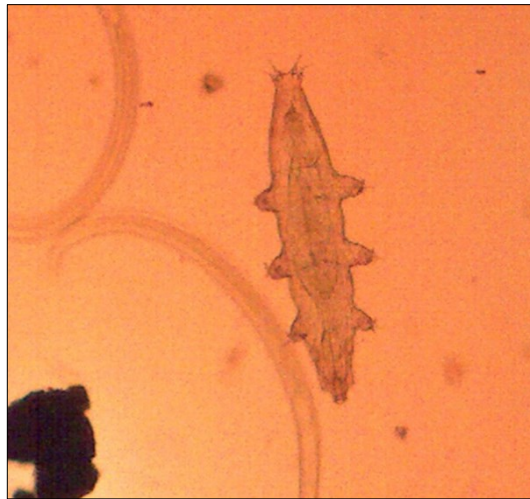
Roztok safraninu barví především mrtvé a nehybné organismy přítomné ve vzorku. U těch zvyšuje kontrast a umožňuje tak pozorovat jejich tělní struktury (viz obrázek 23).



Obrázek 23: Fotografie eutardigrádní želvušky v dočasném preparátu obarveném roztokem safraninu.

e) Fuchsin

Roztok fuchsinu je k dispozici ve dvou formách: kyselý, která byla použita zde, a bazické. Roztok barvil celá těla mrtvých organismů a hlístů (viz obrázek 24). Nezvyšuje kontrast tělních struktur.



Obrázek 24: Fotografie eutardigrádní želvušky v dočasném preparátu obarveném roztokem fuchsinu.

f) Methylová zeleň

Používá se v kombinaci s formaldehydem. Zvyšuje především kontrast prostředí vzorku a umožňuje tak vystoupení organismů do popředí (viz obrázek 25). Samotné organismy však příliš nebarví.



Obrázek 25: Fotografie eutardigrádní želvušky v dočasném preparátu obarveném methylovou zelení.

Většina použitých barvicích roztoků nechává skvrny, proto je vhodné, aby vyučující této skutečnosti před začátkem cvičení nebo za pomoci žáků přizpůsobil prostředí učebny. Pracovní místa žáků může opatřit podložkami nebo papíry. Vyučující by měl také vybavit každý roztok vlastním kapátkem, aby nedošlo k jejich smíchání. Před začátkem praktika je nutné žáky poučit o bezpečnosti při manipulaci s těmito roztoky. Žáci by neměli sami manipulovat s roztokem methylové zeleně, protože se kombinuje s formaldehydem, který je prudce jedovatý.

Žáci mají v tomto cvičení za úkol vytvořit dočasný preparát ze suspenze vody a substrátu extrahované Baermannovou nálevkou a následně jej nabarvit vybraným barevným roztokem. Nejdříve na podložní sklo kápnou kapátkem malou kapku suspenze a přikryjí ji krycím sklíčkem. Pod mikroskopem zkontrolují, zda jsou přítomny želvušky nebo jiné organismy. Pokud ano, žáci vyjmou vzorek a na svém pracovním prostoru opatrně kápnou na okraj krycího sklíčka barevný roztok. Následně k opačné straně přiloží čtvereček buničiny, která barvivo prosaje do prostoru celého vzorku. Následně obarvený vzorek vrátí pod mikroskop a pozorují struktury organismů. Na závěr hodiny žáci vypracují laboratorní protokol včetně nákresu zobrazujícího struktury na tělech organismů, které pozorovali (viz příloha 2). Po skončení práce žáci velmi pečlivě umyjí laboratorní sklo v mýdlové vodě, aby se odstranily skvrny zanechané barvivem, a uklidí si svá pracovní místa.

C. Zhotovení trvalého preparátu za pomoci Hoyerova média

Cílem laboratorního cvičení je vytvoření trvalého preparátu za pomoci Hoyerova média (viz příloha 2). Vytvoření trvalých preparátů umožní žákům opakovaně prohlížet jednotlivé exempláře želvušek, jejich vnitřní i vnější struktury a porovnávat znaky sdílené a rozdílné pro třídy Heterotardigrada a Eutardigrada. Umožní jim také studovat ostatní druhy mechové fauny.

Žáci vytvoří sbírku trvalých preparátů, která bude opakovaně využitelná během hodin přírodopisu a biologie při probírání mikroskopických bezobratlých organismů. Žáci si osvojí znalosti o anatomii a morfologii nejen želvušek, ale i ostatních organismů přítomných v preparátech.

Naučí se rozeznat dvě základní třídy želvušek: Eutardigrada a Heterotardigrada. Žáci také prohloubí své praktické dovednosti při manipulaci s laboratorním vybavením a při práci s mikroskopem.

Aktivita je vhodná spíše pro starší a zkušenější žáky, neboť vyžaduje větší přesnost a opatrnost při manipulaci s Hoyerovým médiem. Je vhodné ji zařadit až na závěr učiva o želvuškách po provedení předchozích cvičení nebo do dobrovolného školního semináře.

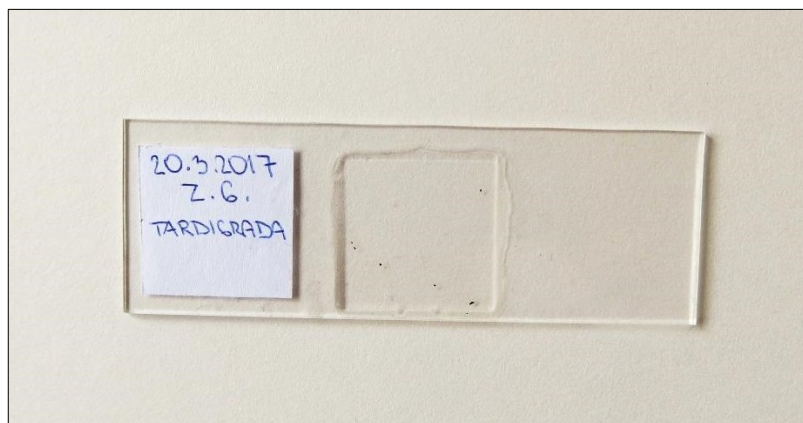
Ze všech tří cvičení je také nejnáročnější na přípravu. Vyučující si musí kromě úkonů popsaných výše (sbírání mechu, sestavení nálevky, extrakce želvušek) vyrobit fixační médium vhodné pro tuto aktivitu. Na základě vlastních zkušeností doporučuji využít právě Hoyerovo médium, které se skládá z destilované vody, arabské gummy, chloralhydrátu a glycerolu. Přesné množství je uvedeno pod textem v tabulce 3. Hoyerovo médium je možné vyrobit s předstihem, stačí jej uskladnit v uzavřené nádobě při pokojové teplotě. Postup přípravy je poměrně jednoduchý, vyžaduje však „profesionálnější“ vybavení. Chloralhydrát je prudce jedovatý, jeho výpary leptají sliznice a při kontaktu s kůží může způsobovat její poškození. Příprava tohoto média tedy musí probíhat pouze v digestoři. Nejdříve se vmíchá arabská guma do destilované vody a nechá se odstát, dokud se plně nerozpustí, což trvá přibližně 40 minut. Následně se za stálého míchání přisype chloralhydrát. Směs je nutno míchat, dokud se vše nespojí. Takto vytvořenou směs je možné nechat 24 hodin odstát, aby se rozpustily i větší částičky chloralhydrátu. Poté se do směsi vmíchá glycerol. Pokud je potřeba, lze hotové médium přecedit přes buničinu nebo skelnou vatu. Připravené Hoyerovo médium je možné ihned využít pro tvorbu trvalého preparátu.

Přísada:	Množství:
Arabská guma	15 gramů
Chloralhydrát	100 gramů
Glycerol	10 gramů
Destilovaná voda	25 mililitrů

Tabulka 3: Přísady a jejich množství potřebné k výrobě Hoyerova média.

Médium je velmi lepkavé, proto je nutné předem připravit třídu, aby nedošlo k ušpinění lavic a jiných povrchů. K tomuto účelu jsou vhodné například plastové podložky, filtrační papír nebo noviny. Vyučující by neměl nechat Hoyerovo médium ve třídě bez dozoru a měl by také dohlédnout na důsledný úklid třídy po skončení cvičení. Aby se předešlo „mačkanici“ žáků u nádoby s fixačním médiem, je dobré jej před začátkem rozdělit do několika nádob a rozmístit je mezi pracovními místy.

Úkolem žáků je vytvořit samotný trvalý preparát (viz obrázek 26). Nejdříve si vyrobí klasický dočasný preparát podobně, jak se to naučili v předchozích cvičeních. Jediný rozdíl v postupu je, že kapku suspenze substrátu a vody nanesenou na podložní sklo nepřikryjí krycím sklíčkem, ale rovnou jej velmi opatrně vloží pod mikroskop. Vhodné je žáky upozornit, aby kapku nanесли tak, aby se dala poté přikrýt krycím sklem a aby se na okraj podložního skla vedle krycího vešla popiska. Také je u tohoto postupu nutné žáky upozornit, aby nepoužívali dvě největší zvětšení, aby nedošlo ke kontaktu kapky a objektivu. Takto připravený vzorek si prohlédnou pod mikroskopem. Pokud jsou organismy přítomny, vzorek zase opatrně vyjmou a přejdou k dalšímu kroku přípravy trvalého preparátu. Přímo na kapku substrátu žáci opatrně kápnou malé množství Hoyerova média; pokud jsou přítomny bubliny, propíchnou je jehlou, pokud ne, opatrně vzorek přikryjí krycím sklíčkem. Ideální jsou větší kulatá krycí sklíčka, která umožňují využití širšího prostoru vzorku. Zhotovený trvalý preparát žáci opatří popiskou obsahující jejich iniciály, datum tvorby preparátu a název pozorovaných organismů.



Obrázek 26: Trvalý preparát.

Poté je nutné nechat preparáty uschnout alespoň týden. V následující hodině si žáci své preparáty orámují průhledným lakem na nehty, aby uzavřeli spoj mezi fixačním médiem a krycím sklíčkem. Po zaschnutí laku mohou žáci své vzorky i vzorky ostatních spolužáků prohlédnout pod mikroskopem, vyučující může tuto hodinu doplnit komentářem týkajícím se jednotlivých organismů a jejich struktur.

7.1.2. Projektová výuka

V dnešní době je projektové vyučování na základních i středních školách velmi populární, a to zejména proto, že umožňuje propojení teoretických znalostí s praktickou zkušeností (Červenková, 2013). Jedná se o organizační formu výuky, ve které žáci pracují na úkolu komplexního charakteru. Jedním ze znaků kvalitní projektové výuky je integrace obsahu z více vzdělávacích oborů (Bendl, 2008). Kašová (1995) ve své publikaci uvádí, že projektová výuka je přirozeným a nenásilným způsobem poznávání a přibližuje tak žákům „školu hrou“.

Principem je, že žáci na řešení a provedení úkolu pracují samostatně a působení učitele ustupuje do pozadí. Vyučující při projektové výuce plní funkci poradce a umožňuje tak žákům přebírat zodpovědnost za výsledek jejich práce (Pavlasová, 2014).

Projektová výuka je vhodná pro různé typy žáků. Umožňuje zapojit jak děti nadané, které mohou působit jako asistenti a mohou tak pomáhat slabším žákům, tak i žáky průměrné a žáky pomaleji chápající, kteří si mohou vyzkoušet praktické činnosti a pracovat vlastním tempem. Výhoda projektové výuky tkví právě ve spolupráci, kdy umožňuje integraci a učí žáky navzájem si ve skupinách pomáhat. Vyučujícímu poskytuje více času k pedagogické práci, při níž může poskytovat individuální pomoc (Kašová, 1995).

Projektová výuka má řadu pozitivních vlivů na osobnost žáka. Umožňuje nejen spolupráci žáků s mnohdy rozdílnými schopnostmi, ale také zvyšuje motivaci k učení, rozvíjí samostatnost, učí žáky řešit problémy a umožňuje jejich zapojení dle individuálních

možností. Žáci se při ní učí komunikovat, rozvíjí manuální dovednosti a učí se pracovat s různými informačními zdroji (Zormanová, 2014).

Projekt může být do výuky zařazen několika způsoby: v rámci jednoho předmětu, ve více předmětech se společným výstupem, v rámci projektového dne nebo v rámci kroužku či volitelného semináře. Z hlediska časové náročnosti jej můžeme dělit na krátkodobý v rozmezí několika hodin, dlouhodobý v délce trvání několika dnů nebo i měsíců či let (Pavlasová, 2014).

Projektová výuka je časově velmi náročná na přípravu. Příprava projektu by se měla odvíjet od několika základních kroků. Prvním z nich je **stanovení záměru** projektu, tedy formulace cíle, kterého chceme dosáhnout. Při jeho formulaci je nutno brát ohled na úroveň žáků, prekoncepty a psychologické aspekty žáků. Stanovení cíle je pro průběh projektu zcela klíčové. Učitel stanoví, v čem chce žáka rozvíjet a jaké znalosti a dovednosti by si měl v průběhu projektu osvojit. Dle cíle poté volí vhodné metody a obtížnost činností (Bendl, 2008).

Druhým krokem přípravy úspěšného projektu je samotné **plánování**. Vyučující při něm formuluje téma projektu, rozvrhuje jeho jednotlivé činnosti a také zvažuje, jaké prostředky jsou k jeho provedení potřeba. V tomto kroku také vytváří manuál a pracovní listy projektu (Pavlasová, 2014). Vyučující také vytváří časovou osu projektu. Určuje, jak dlouho budou jednotlivé úkoly trvat, a stanovuje termín dokončení. Je velmi důležité dbát na pestrost činností, přesnost a srozumitelnost zadání. Jednotlivé činnosti na sebe musí logicky navazovat a musí být koncipovány tak, aby byly pro žáky dosažitelné a mohly pozitivně motivovat k dalšímu poznávání (Sitná, 2009).

Třetím krokem je samotné **provedení projektu**. Posledním, velmi důležitým krokem projektu je jeho **hodnocení**. V rámci hodnocení žáci prezentují výsledky svých projektů, odevzdávají pracovní listy a hodnotí průběh projektu. Je velmi důležité, aby žáci zpětně reflektovali, jak se jim na jednotlivých úkolech pracovalo, jestli je projekt něčím obohatil, co jim šlo a co naopak nešlo (Pavlasová, 2014).

Žáci se učí vyjádřit svůj názor a poskytují zpětnou vazbu vyučujícímu. Samotný hodnotící proces vyžaduje od žáků náročnější kognitivní operace, které jsou umístěny vysoko v Bloomově taxonomii výukových cílů (Kalhous, 2002).

V rámci své diplomové práce představuji návrh projektové výuky zaměřený na kmen želvušky, jejich extrakci a pozorování. Cílem tohoto projektu je nejen žáky seznámit s tématem želvušek, které je v běžné výuce opomíjeno, ale také motivovat k dalšímu poznávání. Žáci si v rámci projektu osvojí praktické dovednosti při práci s laboratorním náčiním a získají nové znalosti nejen o želvuškách, ale také o dalších organismech žijících v mechových polštářích.

Projekt – Želvušky v našem okolí

Cíl projektu: Zmapování výskytu želvušek v okolí školy. Získání znalostí žáků o kmeni želvušek, systému, jejich anatomii, výskytu a způsobu života. Prohloubení praktických dovedností práce s laboratorním vybavením. Nalezení souvislostí mezi čistotou životního prostředí a výskytem želvušek či jiných mikroskopických bezobratlých živočichů. Motivace žáků k dalšímu poznávání mikroskopických organismů a ochraně nezvyklých typů biotopů.

Typ projektu: Krátkodobý projekt, který bude trvat pět vyučovacích hodin (5×45 minut) při výuce přírodopisu/biologie nebo ve volitelném semináři. V případě zařazení projektu v kroužku biologie, který obvykle trvá 90 až 120 minut, postačí kratší časová dotace v trvání 3 až 4 setkání.

Předmět: Projekt lze zařadit do výuky biologie, ekologie či výběrových seminářů nebo do kroužků biologie a přírodopisu.

Místo konání: První část projektu probíhá venku, druhá poté v prostorách školy. K jeho provedení je nezbytná učebna s dataprojektorem a laboratorním vybavením, včetně mikroskopů. Vzorky mechů jsou odebírány v docházkové vzdálenosti od školy.

Věková kategorie: Projekt je vhodný pro všechny ročníky víceletých gymnázií a středních odborných škol.

Časový plán projektu:

1. vyučovací hodina: teoretická část, zadání úkolů
2. vyučovací hodina: sběr vzorků
3. vyučovací hodina: sestavení Baermannovy nálevky
4. vyučovací hodina: mikroskopování, práce s pracovním listem
5. vyučovací hodina: prezentace výsledků, hodnocení

Časový plán projektu koreluje s hodinami přírodopisu tak, jak jsou nastaveny v rozvrhu dané třídy. Nelze jej stihnout v jediném dni, a to z důvodu extrakce Baermannovou nálevkou, která trvá 8 až 24 hodin a je nutno ji založit den před samotným mikroskopováním. Také je třeba detailně promyslet časovou osu projektu z hlediska časové dotace pro sběr mechových vzorků. V případě, že jsou mechy dostupné v okolí školy, jedna vyučovací hodina postačí. Pokud nejsou mechy lehce dostupné, je vhodné časovou dotaci navýšit.

Průřezová témata:

Environmentální výchova (EV)

Osobnostní a sociální výchova (OSV)

Materiální zajištění:

1. Pro sběr vzorků mechu – papírové sáčky, tužky.
2. Pro extrakci želvušek – laboratorní vybavení (laboratorní stojany, plastová sítko, skleněné nebo plastové nálevky, gumové hadičky, buničina, mikroskopavky nebo jiné sběrné nádoby).

3. K mikroskopování – kapátka, podložní skla a krycí sklíčka, mikroskopy.
4. K výrobě posteru² – papír A3, pastelky, fixy, lepidlo, nůžky.
5. Manuály a pracovní listy (viz příloha 3 a 4).

Hodnocení projektu:

Výstupem projektu je vyplněný pracovní list a poster, který budou žáci prezentovat na závěrečné hodině a který bude následně vystaven na nástěnce školy. Žáci by měli být schopni prezentovat své závěry pozorování a informace, které si během projektu osvojili. Každý žák bude ohodnocen právě na základě vyplnění pracovního listu a prezentace posteru.

Realizace projektu

V první vyučovací hodině proběhne teoretická část projektu. Vyučující vede výklad o kmeni želvušek, popisuje jejich anatomii, systém a výskyt. Představuje žákům, jakým extrémním podmínkám dokáží želvušky odolat, jaké jsou jejich strategie přežití a naopak, jaké znečištění želvušky snášejí špatně. Ukazuje žákům reálné fotografie želvušek a pouští ukázky videí jejich pohybu.

V druhé polovině vyučovací hodiny vyučující žákům vysvětlí, jak bude projekt probíhat. Popíše a vysvětlí jednotlivé úkoly, které žáky čekají. Motivuje žáky k dalšímu poznávání. Poté se žáci rozdělí nejlépe do čtveřic, ve kterých budou spolupracovat v dalších etapách projektu. Počet žáků ve skupině závisí na množství žáků ve třídě a kvantitě laboratorního vybavení. Pokud je kolektiv zvyklý pracovat ve skupinách a jsou ve třídě dobré vztahy, mohou se žáci rozdělit do skupin sami. Pokud je samostatné rozdělení problematické, vyučující může rozhodnout o skupinách dle svého uvážení nebo losem. Vyučující žákům také rozdává materiály s informacemi o želvuškách a metodických postupech pro jednotlivé úkoly projektu.

² Poster – plakát, výsledky vědecké práce zveřejněné na tabulích a stojanech formou tabulek, fotografií, komentovaných témat (Kraus, 2005).

V druhé vyučovací hodině se žáci s vyučujícím vydají do okolí školy za účelem nasbírat vzorky mechů, se kterými budou dále pracovat. Vyučující žáky informuje o způsobu sběru vzorků, jejich uložení, popisu a bezpečnosti práce. Žáci si osvojí znalosti kvalitativních metod výzkumu a zacházení s přírodním materiálem.

V této vyučovací hodině je nutno velmi pečlivě rozvrhnout její časovou dotaci. Vyučující by měl předem provést průzkum okolí školy, aby zjistil, zda jsou v její blízkosti mechy dostupné a jak dlouho bude trvat, než se k nim s žáky dostane. V případě menší časové dotace projektu lze zadat sběr mechů žákům za domácí úkol. Vyučující však musí žáky předem poučit, jak se mechy sbírají a jak s nimi dále zacházet. Možné je také uskutečnit sběr vzorků během jiné probíhající exkurze.

Ve třetí vyučovací hodině si žáci sestaví vlastní Baermannovy nálevky. Vyučující žákům vysvětlí, jak nálevka funguje, jaké jsou její výhody a jak ji sestavit. Dále poskytuje individuální pomoc při celém procesu. Žáci mají také návod k sestavení Baermannovy nálevky obsažen v manuálu (viz příloha 3), který obdrželi na první hodině, a to včetně nákresu a popisu jednotlivých částí. Vyučující by měl mít k dispozici několik náhradních manuálů pro případ, že by si žáci své zapomněli doma.

V případě, že mají žáci další hodinu druhý den, mohou vložit vzorky mechů do Baermannovy nálevky ihned. Pokud tomu tak není, je vhodné mechy uložit na suché místo a nálevky nechat žáky naplnit až 24 hodin předem.

Ve čtvrté vyučovací hodině proběhne samotné mikroskopování extrahovaných vzorků. Vyučující na začátku vysvětlí žákům průběh hodiny a upozorní na bezpečnost při práci s laboratorním vybavením. Projekt počítá s předchozími zkušenostmi žáků s mikroskopováním. V případě, že se žáci setkávají s prací s mikroskopem poprvé, měla by celému projektu předcházet úvodní hodina, kde by si žáci tyto dovednosti osvojili.

Vyučující by měl v této fázi projektu ustoupit do pozadí a měl by pouze poskytovat individuální pomoc žákům, kteří si nevědí rady. Žáci ve skupinách samostatně pracují s extrahovaným materiálem a pod mikroskopem prokazují přítomnost nebo nepřítomnost želvušek. Oporou je jim také návod obsažený v pracovním listu. Výhodou více skupin ve třídě je, že si žáci mohou své extrahované vzorky vyměňovat a získají tak širší paletu výsledků. Své poznatky zaznamenávají do pracovního listu (viz příloha 4).

Na konci hodiny žáci dostanou za domácí úkol do příští hodiny doplnit úkoly v pracovním listě a vypracovat poster, který spolu ve skupině odprezentují před ostatními spolužáky. Poster by měl reflektovat práci, kterou na projektu odvedli, měly by se na něm objevit informace o želvuškách, výsledcích pozorování a metodách, které využili při sběru vzorků a extrakci za pomoci Baermannovy nálevky. Veškeré potřebné vybavení, jako jsou papíry nebo fixy, je k dispozici u vyučujícího. K zachování rozmanitosti je možné každé skupině zadat rozdílný úkol, který ve svém posteru rozvedou a poté o něm poučí své spolužáky. Například lze každé skupině přidělit k detailnějšímu zpracování rozdílný typ anabiózy (viz příloha 4). Počet doplňujících úkolů musí odpovídat počtu skupin ve třídě.

V poslední projektové hodině žáci odevzdají vypracované pracovní listy a ve skupinách prezentují své postery. Velmi důležitá je zpětná reflexe, jak se žákům pracovalo, co jim šlo nebo naopak nešlo, jestli by něco udělali jinak a v neposlední řadě, zda je aktivita bavila. Návod, jak vhodně provést reflexi, poskytuje například Reitmayerová a kol. (2007) v publikaci s názvem *Cílená zpětná vazba: metody pro vedoucí skupin a učitele* vydanou nakladatelstvím Portál.

7.1.3. Badatelsky orientovaná výuka (BOV)

Badatelsky orientovaná výuka (Inquiry based education – IBE, Inquiry based science education – IBSE) je metoda, která vznikla v 60. letech v USA a v Evropě se začala rozvíjet v 90. letech. Je klíčovým pojmem ztělesňujícím inovativní změny ve vzdělávání přírodovědných oborů. Anglický pojem *inquiry* je překládán jako bádání, zkoumání a dotazování se. Tím poukazuje na hlavní cíl této metody, tedy rozvoj kritického myšlení žáků a propojení teorie s praxí.

Studentům dává možnost osvojit si nejen nové znalosti, ale také nové pojmy a metody výzkumu (Stuchlíková, 2015). Svým průběhem umožňuje žákům samostatně nebo v kooperaci se spolužáky řešit úkoly, které simulují průběh reálného výzkumu. Podle Papáčka (2010) se jedná o metodu, ve které učitel nepředává učivo v hotové podobě, ale vytváří znalosti cestou řešení problému a systémem kladených otázek. Pro badatelsky orientovanou výuku je také typické zapojení experimentálních postupů, tzv. činnostního vyučování (*hands on activities*).

Badatelsky orientovaná výuka se skládá ze tří základních fází: formulace hypotéz, ve kterých žáci stanovují průvodní premisy (například: želvušky se nevyskytují na substrátech vystavených přímému slunečnímu záření), konstrukce metod řešení problému (žáci za pomoci vyučujícího stanoví postupy práce vedoucí k extrakci želvušek) a ověření stanovených hypotéz po získání výsledků (žáci například spočítají počty želvušek z mechu odebraného na přímém slunci a dle výsledků potvrdí nebo vyvrátí svou původní hypotézu). Vyučující se obvykle uplatňuje jako průvodce, který žákům poskytuje pomoc v průběhu celého badatelského problému a poskytuje podporu v jednotlivých jeho fázích (Papáček, 2010). Žáci se učí samostatně nebo za pomoci vyučujícího formulovat hypotézy, navrhnout metody řešení problému a aktivně vyhledávat informace, které jim pomohou daný problém vyřešit. Důležitým faktorem je také rozvoj komunikačních dovedností a spolupráce mezi žáky.

Edelson, Gordin a Pea (1999) uvádějí několik zásadních přínosů a obtíží při zavádění badatelsky orientované výuky:

1. Přínosy:

- tvorba schopnosti studentů hledat a objevovat
- objevování učebních principů
- osvojení schopností a dovedností potřebných pro zkoumání
- lepší porozumění vědeckým principům
- identifikace nedostatků ve vlastních znalostech a jejich doplnění

2. Obtíže při zavádění BOV:

- motivace žáků
- dovednosti potřebné ke zkoumání
- dosavadní prekoncepty žáků
- omezení realizace (materiály, čas, zdroje)

Návrh badatelsky orientované výuky na téma želvušky

Název:

Želvušky v okolí naší školy

Anotace:

V tomto projektu se žáci zabývají kmenem želvušky (Tardigrada) a také další mechovou faunou, která s nimi sdílí mikrohabitat mechových polštářů. Projekt si klade za cíl seznámit žáky s kmenem želvušek a provést výzkumné šetření zjišťující, jaký vliv má na jejich početnost prostředí, ve kterém žijí. V první části projektu se žáci učí plánování, provedení, pozorování a záznamu experimentu a formulaci jeho závěrů. Sestavují vlastní metodiku svých prací a formulují hypotézy. Během druhé části experimentu si žáci osvojují znalosti a dovednosti týkající se metod sběru biologického materiálu, jeho třídění a manipulace s ním. Ve třetí části projektu proběhnou experimenty, při kterých budou žáci postupovat dle předem stanovených metodik. Žáci se naučí bezpečnosti práce a dovednostem zacházení s laboratorní optikou, jako je mikroskop nebo binokulární lupa. V průběhu experimentu potvrdí nebo vyvrátí své předem stanovené hypotézy a formulují závěr. Své výsledky poté diskutují ve skupinách.

Cílová skupina:

Vyšší ročníky základní školy a střední škola. Velikost skupiny 20–30 žáků.

Časová náročnost:

4–5 vyučovacích hodin

Prostorové požadavky:

Pro sběr mechů je vyžadován venkovní prostor. K samotné extrakci želvušek je potřeba učebna alespoň se základním laboratorním vybavením.

Klíčové otázky:

1. V jakém množství jsou želvušky obsaženy v nabíraných vzorcích mechů?
2. Jaké jsou limitující faktory ve zkoumané lokalitě, které mohou ovlivnit výskyt želvušek?
3. Jaké vlastnosti mají lokality s nejvyšším/nejnižším počtem přítomných želvušek?
4. Jaké je zastoupení dalších organismů vyskytujících se ve vzorcích mechů?
5. Jaké strategie přežití želvušky využívají při extrémních podmínkách?

Získané dovednosti a znalosti:

Žáci se orientují v tématu mechové fauny, zvláště pak kmene želvušky.

Žáci popíší strategie přežití želvušek v extrémních podmínkách.

Žáci si osvojí teoretické znalosti a praktické dovednosti týkající se sběru a zpracování vzorků mechů.

Žáci pracují s laboratorním vybavením, umí sestavit Baermannovu nálevku.

Žáci se naučí samostatně provést pozorování, vyhodnotit svůj výzkum a formulovat jeho závěry.

Žáci se naučí napsat protokol o průběhu svého výzkumu.

Návaznost na RVP:

1. Základní škola

- Žák vytvoří jednoduchý výzkum, nasbírá biologické vzorky, sestaví potřebné zařízení, vyhodnotí a vysvětlí výsledky pokusu.
- Úloha navazuje na zaměření vzdělávací oblasti Člověk a příroda, směřuje k utváření a rozvíjení klíčových kompetencí z ní plynoucích:
 - a) Vede žáka ke zkoumání přírodních materiálů a poznávání faktorů, které je ovlivňují.
 - b) Rozvíjí schopnosti pozorování, experiment, měření a schopnosti racionálního uvažování.
 - c) Rozvíjí manuální dovednosti žáků při práci s laboratorním vybavením.
 - d) Učí žáky klást otázky, formulovat hypotézy a posuzovat jejich správnost.
 - e) Učí žáky sbírat přírodovědná data a vyhodnocovat je.

2. Gymnázia

- Žák vytvoří jednoduchý výzkum, nasbírá biologické vzorky, sestaví potřebné zařízení, vyhodnotí a vysvětlí výsledky pokusu.
- Úloha navazuje na zaměření vzdělávací oblasti Člověk a příroda, směřuje k utváření a rozvíjení klíčových kompetencí z ní plynoucích:
 - a) Vede žáky k provádění soustavného a objektivního pozorování, experimentů a měření.
 - b) Učí žáky formulovat výzkumné problémy a zpřesňovat metody využitě k jejich řešení.
 - c) Vede žáky k detailnímu zpracování a interpretaci získaných dat.
 - d) Učí žáky využívat moderní technologie a odbornou literaturu.
 - e) Učí žáky spolupráci na přírodovědných projektech a poskytování získaných dat ostatním.

Materiál potřebný k realizaci:

- Papírové sáčky, nože nebo dřevěné špachtle, tužky.
- Manuály, pracovní listy (viz příloha 5 a 6).

- Laboratorní vybavení: mikroskop, kapátka, gumové hadičky, plastová síťka, skleněné trychtýře, laboratorní stojany, buničina, podložní skla a krycí sklíčka, mikroskop nebo binokulární lupa.

Při projektování této úlohy je nutné předem počítat s počtem žáků ve třídě a tedy i množstvím skupin, které utvoří, především z důvodu přípravy dostatečného množství stojanů a dalších laboratorních potřeb. Jako příklad uvádím třídu o 30 žácích, kteří utvoří šest skupin po pěti. Na každý laboratorní stojan lze umístit až 4 držáky se sítí; případnou-li každé skupině ve třídě tři vzorky k rozboru, bude potřeba připravit alespoň 4 laboratorní stojany. Přibližné počty vybavení jsou uvedeny v následující tabulce (viz tabulka 4).

Vybavení:	Počet kusů:
Laboratorní stojan	4
Laboratorní držák	15
Vzorek mechu	15
Skleněná nálevka	15
Plastové sítko	15
Buničina	15
Gumová hadička	15
Mikroskop	15
Podložní sklo	30
Krycí sklo	30
Kapátka	15
Mikroskopy	6

Tabulka 4: Počet vybavení potřebného pro 30člennou třídu.

Podrobné pokyny:

Žáci budou mít ve skupinách za úkol zmapovat okolí školy nebo jinou, vyučujícím stanovenou, oblast. V ideálním případě je vhodné vzít žáky do školní zahrady nebo do parku, nachází-li se v docházkové vzdálenosti od školy.

Jejich úkolem bude nasbírat alespoň 3 vzorky mechu z různých typů prostředí (půda, kámen, chodník, skalka, květináč, strom). Tato aktivita je časově náročnější. Nemá-li vyučující k dispozici dostatek vyučovacích hodin, může žákům sběr vzorků zadat za domácí úkol. Po nasbírání vzorků žáci v rámci laboratorních cvičení ve škole sestaví Baermannovu nálevku, která je určena k extrakci želvušek a další mechové fauny. Nasbírané vzorky mechů vloží do nálevky a po uplynutí alespoň 24 hodin prohlédnou vzniklou suspenzi pod mikroskopem. Poté vyhodnotí diverzitu živočichů a formulují závěry svých pozorování, které zanesou do svého pracovního listu.

1. hodina

První hodina celku představuje teoretickou část pracující s prekoncepty žáků týkajícími se jejich znalostí o mechové fauně a o želvuškách. Vyučující v této hodině žákům představí kmen želvušek, jejich schopnost extrémního přežití i ekologii. Vysvětlí zásady práce s laboratorním vybavením i biologickým materiálem a seznámí žáky s metodologií sběru vzorků. Poté společně určí lokalitu, do které se v druhé hodině vydají na odběr vzorků.

Následně se žáci rozdělí do skupin po pěti. V ideálním případě proběhne rozdělení náhodně (losem nebo rozpočítáním), aby byla zachována spravedlnost a různorodost skupin. Vyučující tak předejde vzniku skupin s výrazně slabšími nebo silnějšími žáky a žáci jsou také nuceni naučit se komunikovat i se spolužáky, kteří nepatří do okruhu jejich nejbližších přátel. V takto vytvořených skupinách žáci samostatně nebo za asistence vyučujícího formulují hypotézy týkající se výskytu želvušek ve vzorcích mechu. Například: „Ve kterém typu vzorku bude nejvíce želvušek?“ Každá skupina si také vytvoří tabulku s volnými místy na doplnění charakteristik lokality sběru, dat sběru, přítomných organismů a dalších proměnných. Do ní v dalších hodinách doplní svá zjištění.

2. hodina

Žáci se za doprovodu vyučujícího vydají do předem stanovené oblasti v okolí, aby provedli sběr vzorků mechu. V ideálním případě v doprovodu dvou dospělých osob, aby se skupina mohla rozdělit a žáci tak nasbírali vzorky z různých lokalit.

Každá skupina žáků by měla být vybavena papírovými sáčky na vzorky mechů, dřevěnou špachtlí nebo nožem na oddělení mechu od substrátu a tužkou k zaznačení potřebných údajů.

Každý vzorek mechu žáci vloží do samostatného papírového sáčku, na který zapíší datum sběru, název a další charakteristiky lokality, jako je typ substrátu a míra vlhkosti nebo znečištění. Vhodné je také zapsat GPS souřadnice, pokud mají žáci k dispozici moderní technologie. Pokud ne, stačí před začátkem hodiny žákům rozdat mapu lokality, do které si mohou označit místo sběru. Po návratu do školy je třeba vzorky mechů uložit na suché místo, aby do příští vyučovací hodiny nezplesnivěly a žáci s nimi mohli bez problémů dále pracovat.

3. hodina

Ve třetí vyučovací hodině se žáci budou věnovat extrakci želvušek a dalších živočichů žijících v mechu. Za pomoci vyučujícího si žáci osvojí poznatky o metodách extrakce mechové fauny a naučí se, jak sestavit Baermannovu nálevku. Návod na její sestavení je obsažen také v manuálu, který mají žáci během výuky k dispozici (viz příloha 5). V případě nedostatečného laboratorního vybavení školy je možno tuto nálevku, včetně stojanu, sestavit za pomoci v domácnosti běžně dostupných předmětů (viz obrázek 27).



Obrázek 27: Improvizovaná Baermannova nálevka a vybavení potřebné k jejímu sestavení.

Do sestavené Baermannovy nálevky pak podle pokynů vyučujícího žáci umístí vzorky mechu a zalijí je vodou. Takto přichystanou nálevku nechají alespoň 24 hodin odstát. Vzorky mechů vydrží v nálevce až 48 hodin, jen je nutno počítat s nižší aktivitou želvušek a ostatních živočichů v nich přítomných. Druhou variantou je pověřit zástupce z každé skupiny žáků, aby své nálevky zalili vodou den před plánovaným mikroskopováním.

4. hodina

V této hodině žáci budou pozorovat a analyzovat jednotlivé vzorky extrahované za pomoci Baermannovy nálevky. Co se vybavení týče, je nutné zajistit alespoň jeden, ideálně dva mikroskopy do každé skupiny a dostatek mikroskopovacího skla. Počet extrahovaných vzorků do skupiny by měl být alespoň tři, ze kterých si každý žák ve skupině může vytvořit dočasný preparát k pozorování.

Úkolem žáků je při analýze pozorovaného vzorku spočítat množství přítomných želvušek, zjistit, jestli se ve vzorku vyskytují také jiní živočichové, a následně tyto informace zanást do tabulky v pracovním listu (viz příloha 6). Aby byla zachována objektivita výzkumu a žáci mohli srovnávat data s ostatními skupinami, je potřeba, aby každá skupina měla stejný počet pozorování. Doporučená jsou alespoň tři pozorování na jeden extrahovaný vzorek.

Jedná-li se o seminář s delší časovou dotací, žáci na základě získaných poznatků ve svých skupinách zformulují závěr úlohy – vyhodnotí data získaná z mechových vzorků a ověří, zda se jejich hypotézy potvrdily či nikoli. Svá zjištění zapíší do pracovních listů. Potom si společně připraví krátký výstup, ve kterém shrnou, co pozorovali pod mikroskopem, jaké hypotézy formulovali, zda se jim potvrdily a pokud ne, zdůvodní proč. V případě klasického vyučování bude tato aktivita součástí páté hodiny projektu.

5. hodina

V této hodině, jak bylo popsáno výše, žáci zformulují závěry své práce. Do svých pracovních listů vyhodnotí počty přítomných želvušek ve vzorcích mechů, popíší charakteristiky lokality a substrátu. Dále zhodnotí, zda se jejich hypotézy potvrdily nebo vyvrátily, a stručně se zamyslí nad možnými příčinami. Odpoví také na klíčové otázky, které byly položeny v úvodu, a své odpovědi zanesou do pracovního listu. Ve skupině si připraví krátký výstup pro ostatní spolužáky, ve kterém shrnou, jak postupovali, co se dozvěděli a jak se jim pracovalo.

Své vypracované pracovní listy žáci odevzdají vyučujícímu k jejich zhodnocení. Vyučující by měl především vzít ohled na motivační aspekt badatelsky orientované výuky, proto by neměl hodnotit práci žáků příliš striktně. Osobně bych se přikláněla ke kladnému hodnocení v případě, že žáci pracovali bez potíží, spolupracovali, zpracovali pracovní listy a prezentovali svůj postup práce.

7.2. Metody výuky

V této kapitole budou rozebírány jednotlivé metody, které mohou být využity k implementaci tématu želvušek do výuky. Podrobně se zde budu věnovat metodám **pozorování a předvádění, práci s textem, pokusu a didaktické hře**. Ke každé z metod také uvedu konkrétní příklady, jak by mohlo být téma želvušek aplikováno při jejich provedení.

7.2.1. Pozorování a předvádění

Metoda předvádění zprostředkovává žákům skrze smyslové vnímání vjemy a prožitky, které jsou využívány jako stavební prvek pro osvojování nových znalostí a dovedností. Obvykle probíhá frontálně, kdy vyučující demonstruje žákům jevy nebo předměty (například přírodniny, jako jsou minerály, modely orgánů).

Maňák a Švec (2003) ve své publikaci uvádějí několik zásad typických pro kvalitní provedení předvádění:

- připravenost na hodinu
- demonstrováný nebo pozorovaný materiál musí být vnímán více smysly
- přizpůsobení aktivity všem žákům a jejich schopnostem
- aktivita žáků
- zapojení žáků do demonstrace
- spojení s realitou
- vhodné doplnění aktivity slovním komentářem
- závěrečná reflexe, shrnutí aktivity samotnými žáky

Předvádění by nemělo vést k pouhému pasivnímu nahlížení na předměty a jevy, ale mělo by žáky vést k aktivnímu myšlení, citovému zaujetí a vytváření představ. Mělo by umožňovat seznámení žáků se širokou škálou jevů a objektů a propojení teoretických znalostí s jejich praktickým využitím.

Metoda předvádění je úzce spojena právě s pozorováním, tedy intencionálním vnímáním probíhajících jevů (Maňák, 2003). Žáci při této metodě samostatně nebo pod vedením vyučujícího pozorují probíhající přírodní jevy a změny, ke kterým během nich dochází. Pozorování jakožto metoda praktických činností žáků rozvíjí nejen smyslové vnímání žáků při samotném pozorování jevů, ale také motorické dovednosti, a to zejména při manipulaci s pomůckami. Vede k samostatnosti, soustavnosti, vytrvalosti a posiluje vyjadřovací schopnosti žáků při formulaci závěrů a výsledků pozorování (Vosičková, 1998). Pozorování je ovšem nutné ve výuce s žáky postupně cvičit, neboť klade velkou náročnost na jejich pozornost a soustředěnost, která bývá zvláště u nižších ročníků často ovlivňována okolními vlivy.

Skýbová (2007) dělí pozorování následujícím způsobem:

1. Dle cíle pozorování:
 - a) popisné
 - b) zjišťující – je pro žáky nejméně náročné a nevyžaduje samostatné myšlení
 - c) objevné – klade důraz na samostatnost žáků, jeho cílem je rozpoznat rozdíly mezi jevy a jejich znaky
2. Dle pozorovaného objektu:
 - a) bezprostřední
 - b) zprostředkované
3. Dle délky trvání jevů:
 - a) krátkodobé
 - b) dlouhodobé

V přírodovědných oborech mohou žáci pozorovat nejen makroskopickou a mikroskopickou stavbu těl organismů a jejich orgánů, ale také faktory ovlivňující tyto jevy (Skýbová, 2007). Žáci si tak mohou samostatně nebo za pomoci vyučujícího vyzkoušet své teoretické znalosti v praxi, což zvyšuje motivaci k dalšímu poznávání a upevňuje osvojené učivo.

7.2.2. Práce s textem

Práce s textem je metodou slovní, jejíž hlavní funkcí je poskytovat oporu slovnímu výkladu ve vyučování. Didaktické texty pomáhají rozvíjet schopnost orientace v textu, porozumění psanému slovu a při správném využití pomáhají vytvářet i pozitivní vztah ke knize a čtení jako takovému. Zpracováváním textových informací získávají žáci nejen poznatky, ale je posilována také jejich schopnost samostatné práce (Zormanová, 2014).

Nejrozšířenějším typem didaktického textu je učebnice. Podle Průchy (1998) je učebnice textem, který byl zkonstruován tak, aby byl nosičem didaktické informace. Je nejen zdrojem informací pro žáky, ale také oporou učiteli při plánování vlastní výuky (Sikorová, 2010). Učebnice by měly, jakožto didaktické texty určené ke vzdělávání,

splňovat několik základních podmínek. Měly by být uspořádaným celkem odpovídajícím věkovým schopnostem žáků a měly by obsahovat aparát pro řízení učení (Průcha, 1998).

Učebnice však nejsou jedinými didaktickými texty, které jsou ve výuce využívány. Velmi efektivně mohou být ve výuce nejen přírodních věd využívány také pracovní listy, atlasy, určovací klíče, odborná literatura nebo tabulky a mapy.

Pracovní listy

Pracovní listy jsou vhodnou aktivizující metodou ve výuce. Obvykle slouží především k opakování a procvičování probraného učiva (Vosičková, 1998). Žák i učitel si pomocí pracovních listů mohou rychle ověřit zvládnutí učiva. Umožňují žákům pracovat samostatně, učit se práci s textem a postupovat vlastním tempem. Návrh pracovního listu musí vždy vycházet ze znalostí, dovedností, věkových a psychologických potřeb žáků. Velmi důležitá je také jazyková a grafická stránka pracovního listu. Ten by měl žáka vybízet k práci, měl by být logicky uspořádaný a srozumitelný. Z formulace otázek by mělo být žákovi vždy jasné, co se od něj očekává (Šlégrová, 1993).

Dle Vosičkové (1998) lze úkoly v pracovním listu rozdělit na:

- a) Úkoly s otevřenou odpovědí. Vyžadují, aby si žák vybavil určitý jev, správně jej popsal nebo vysvětlil. (např.: Želvušky při nepříznivých podmínkách upadají do klidového stavu, který se nazývá _____.)
- b) Úkoly s volenou odpovědí. Žáci vybírají správnou odpověď z několika možností. (např.: Anabióza je – infekční nemoc/klidové stádium/nedostatek vitamínů.)
- c) Roztřídňovací úkoly. Žáci mají za úkol pojmy roztřídit podle určitého kritéria. (např.: Na základě morfologických charakteristik přiřaďte obrázky želvušek do dvou základních tříd – Eutardigrada a Heterotardigrada.)
- d) Přiřazovací a roztřídňovací úkoly. Žáci k sobě přiřazují odpovídající dvojice pojmů. (např.: anhydrobióza + reakce na sucho, kryobióza + reakce na nízké teploty)

Výše popsané zásady tvorby pracovních listů a jednotlivé typy úloh v nich obsažených jsou implementovány do jednotlivých pracovních listů, které byly vytvořeny na téma želvušky pro tuto diplomovou práci. Modelový pracovní list je součástí přílohy (viz příloha 7).

7.2.3. Pokus (experiment)

Experiment je metodou výuky, která je úzce propojena s metodami demonstrace a pozorování a obvykle bývá součástí laboratorních prací. Cílem experimentování je ověřit teoretické znalosti, které si žáci osvojili během vyučování. Žáci se při něm učí nejen pozorování, ale také motorickým dovednostem při manipulaci s laboratorním vybavením a logickému myšlení při vyhodnocování jeho výsledků (Pavlasová, 2014). Podmínkou experimentu je, aby byl názorný, bezpečný a snadno proveditelný. Vždy by měl být koncipován tak, aby odpovídal znalostem a dovednostem žáků.

Rozlišovat lze experimenty dle délky trvání na krátkodobé a dlouhodobé. Podle počtu osob se dále mohou dělit na demonstrační a frontální. Při demonstračním experimentu provádí daný pokus vyučující před celou třídou, žáci se aktivně neúčastní. Při frontálním experimentu se žáci do provádění pokusu zapojují nebo jej provádí samostatně. Žádoucím typem experimentu jsou právě experimenty frontální, neboť vedou k efektivnějšímu získávání a upevňování znalostí a dovedností žáků (Vosičková, 1998).

Návrh pokusu – reakce želvušek na kuchyňskou sůl

Velmi snadno proveditelný je pokus, při kterém se do dočasného preparátu s želvuškami přisype několik zrněk kuchyňské soli. Při nadměrné koncentraci iontů solí želvušky vstupují do osmobiózy a vytvářejí soudkovité útvary, tzv. tun formace (viz obrázek 28). Žáci tak mohou vyzkoušet, při jakém množství solných zrněk k této reakci dojde a jak dlouho proces tvorby soudku trvá.

Příprava tohoto pokusu je velmi jednoduchá, stačí k ní běžné vybavení školních laboratoří a kuchyňská sůl. S předstihem alespoň 24 hodin musí vyučující připravit Baermannovy nálevky k extrakci želvušek (viz kapitola 4). Jejich počet se odvíjí od množství žáků přítomných ve třídě. Žáci budou při tomto experimentu rozděleni na tolik skupin, kolik je v učebně dostupných mikroskopů. Ideální je rozdělení žáků na dvojice až trojice, aby měl každý z nich šanci zapojit se do experimentu přímo.

Při samotném experimentu žáci kápnou za pomoci kapátka malou kapku extrahované suspenze na podložní sklo a prohlédnou takto vyrobený dočasný preparát pod mikroskopem. Pokud jsou přítomny aktivní formy želvušek, preparát vyjmou z mikroskopu a na rovném povrchu stolu do něj opatrně nasypou 1–2 zrnka kuchyňské soli. Preparát poté přikryjí krycím sklíčkem a znovu pozorují pod mikroskopem. Zhodnotí, zda sůl způsobuje u želvušek tvorbu tun formace a pokud ano, mohou pomocí stopek měřit dobu trvání tohoto procesu. Obvykle tvorba tun formace trvá v průměru 12 minut. Po ukončení experimentu žáci zhotoví laboratorní protokol (viz příloha 8), do kterého zanesou výsledky i s nákresem soudkovitých útvarů, pokud jej želvušky v průběhu jejich experimentu vytvořily.



Obrázek 28: Želvuška vytvářející tun formaci při vstupu do osmobiózy.

7.2.4. Didaktická hra

Didaktická hra je aktivizační metoda sledující didaktické cíle při spontánní činnosti žáků. Od klasických forem hry se didaktické hry liší svým zaměřením. Jsou projektovány tak, aby rozvíjely potřebné kompetence a podporovaly učení žáka. Učení a poznávání při ní probíhá nenásilně. Při hře si žáci osvojují nové znalosti, upevňují ty stávající a také se učí dodržovat stanovená pravidla (Červenková, 2013).

Petty (2002) ve své publikaci klasifikuje hry do následujících kategorií:

- kvízy (žáci samostatně nebo ve skupinách odpovídají na otázky kladené vyučujícím)
- rozhodovací hry (například členění živočichů do tříd)
- soutěže
- simulační hry, hraní rolí
- činnosti a hry pro učení sociálních dovedností
- hry s přípravou scénářů
- problémové úkoly

Skýbová (2007) dále hry rozděluje na:

- hry na rozvoj myšlení
- hry na rozvoj paměti
- hry konstruktivní
- hry na rozvoj sociálních dovedností
- hry pro rozšiřování slovní zásoby (kvízy, křížovky, osmisměrky, tajenky)

Maňák a Švec (2003) zdůrazňují metodickou připravenost her. Hry jsou velmi náročné na přípravu, zejména na stanovení pedagogického záměru. Vyučující by měl vždy respektovat nejen obecné didaktické zásady a cíl hodiny, ale také by měl vždy pracovat s připraveností žáků, jejich věkem, prostředím a vymezeným časovým úsekem. Autoři také zdůrazňují nutnost seznámení žáků s pravidly a zásadami hry ještě před jejím začátkem.

Tuto metodu lze zařadit v různých úsecích výuky. Velmi vhodné je zařazení didaktické hry na konci vyučovací hodiny nebo po probrání celku a využít ji tak jako nástroj pro opakování a upevnění látky. Pro tuto možnost jsou velmi efektivní různé varianty kvízů nebo doplňovacích cvičení. Kratší didaktické hry, jako jsou křížovky nebo osmisměrky, lze využít v případě, že jsou ve třídě rychlejší žáci, kteří mají v práci náskok před svými spolužáky. Didaktické hry mají vysokou míru motivace a je proto vhodné je zařazovat jako úvodní aktivitu před začátkem nového tématu. Žáci si tak mohou například pomocí pojmů z minulého tématu vyluštit název tématu nového (viz obrázek 29). Didaktickou hru lze také zařadit jako odreagování kdykoli v průběhu vyučovací hodiny, když je třída neklidná a těžko se soustředí na probíhající výklad.

<ol style="list-style-type: none"> 1. Vyhnulý zástupce trojlaločnatých 2. Osmínohý příbuzný pavouků 3. Bezkrídly drobný hmyz, často obývající vlhká místa našich domácností 4. Cizí název pro svlékání kutikuly 5. Vrchní krycí vrstva tvořená chitinem. 6. Ústí trachejí na povrchu těla hmyzu (jinak také spirákula) 7. Řád, do kterého patří klíště 8. Proměna hmyzu cizím slovem 9. Kusadla členovců 10. Larva koryšů 	
---	--

Obrázek 29: Příklad didaktické hry – tajenka.

8. Závěr

Ve své diplomové práci jsem se věnovala želvuškám (Tardigrada) a jejich didaktickému využití v rámci vyučování na základní nebo střední škole.

Želvušky jsou mikroskopickými živočichy, kteří jsou známí především svou schopností přežít v extrémních podmínkách. Díky vysoké odolnosti osidlují všechny typy životních prostředí. Nejčastěji jsou zastoupeny v mechu, lišejnících nebo listové hrabance. Jsou skupinou mnohobuněčných organismů, jejichž nejbližšími příbuznými jsou členovci (Arthropoda). Kmen želvušek se člení na dvě třídy: Eutardigrada a Heterotardigrada. Vysoká odolnost želvušek je způsobena zejména schopností vstupu do vegetativního stádia, ve kterém dochází k pozastavení nebo úplnému zastavení metabolismu. U želvušek se vyvinuly dva druhy vegetativních stádií – diapauza a kryptobióza. Kryptobiotické želvušky dokáží přežít extrémní podmínky, jako jsou: vyschnutí, vysoké teploty nebo mrznutí blízké se absolutní nule, radiace nebo vakuum.

Součástí práce byl výzkum sledování výskytu želvušek v různých biotopech, který byl prováděn na území České republiky. Odebráno bylo celkem 115 vzorků mechu. Z výsledků výzkumu vyplývá, že je nejvhodnější sbírat mechy k extrakci želvušek v čistých lesích na padlém dřevě nebo kamenech či skalkách v období od října do listopadu, a to nejlépe krátce po dešti, aby byly mechové polštáře nasáklé vodou. Za těchto podmínek jsou počty želvušek zastoupených v mechu nejvyšší.

Cílem práce bylo představit tyto ve školním vyučování často opomíjené, ale neméně zajímavé živočichy a poskytnout čtenáři dostatek informací a metod, díky kterým bude moci seznámit se želvuškami žáky na základní či střední škole. Bylo tak učiněno formou laboratorních cvičení, projektové výuky, badatelsky orientované výuky, pozorování a předvádění, pracovního listu, pokusu (experimentu) a didaktické hry. Všechny praktické návrhy vyučovacích metod a forem výuky jsou čtenáři k dispozici v příloze této diplomové práce.

9. Bibliografie

- Alpert, P. 2005.** The Limits and Frontiers of Desiccation-Tolerant Life. *Integrative and Comparative Biology*. 5, 2005, Sv. 45, stránky 685–695.
- Altiero, T., a další. 2011.** Ultraviolet radiation tolerance in hydrated and desiccated eutardigrades. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*. s1, 2011, Sv. 49, stránky 104–110.
- Altiero, T., Bertolani, R. a Rebecchi, L. 2009.** Hatching phenology and resting eggs in tardigrades. *Journal of Zoology*. 3, 2009, Sv. 280, stránky 290–296.
- Anderson, O. R. 1997.** Annual Abundances, Diversity and Growth Potential of Gymnamoebae in a Shallow Freshwater Pond. *Journal of Eukaryotic Microbiology*. 1997, Sv. 40, 5, stránky 393–398.
- Baermann, G. 1917.** Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) larven in Erdproben. *Geneeskundig Tijdschrift voor Nederlandsch Indië*. 1917, Sv. 57, stránky 131–137.
- Barnes, R. D. 1987.** *Invertebrate Zoology*. 5. Toronto : Saunders College Publishing, 1987. str. 692. ISBN 9780030089145.
- Barnes, R. S. K., Calow, P. P., Olive, P. J. W., Golding, D. W., Spicer, J. I. 2001.** *The Invertebrates: A Synthesis*. 3. New York : Wiley-Blackwell, 2001. str. 115. ISBN 978-0-632-04761-1.
- Beane, R. D., Hobbs, N. T. 1983.** The Baermann technique for estimating Protostrongylus infection in bighorn sheep: effect of laboratory procedures. *Journal of Wildlife diseases*. 1983, Sv. 19, 1, stránky 7–9.
- Beasley, C. W. 2017.** McMurry University. *Procedures for Extracting Tardigrades*. [Online] 2017. [Citace: 23. leden 2017.] <http://www.mcm.edu/~beasleyc/Procedures.htm>.
- Bendl, S., Kucharská, A. 2008.** *Kapitoly ze školní pedagogiky a školní psychologie: skripta pro studenty vykonávající pedagogickou praxi*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2008. ISBN 9788072903665.
- Berman, J. 2012.** *Taxonomic Guide to Infectious Diseases*. San Diego : Academic Press, 2012. str. 118. ISBN 9780124158955.

- Bertolani, R. 2001.** Evolution of the Reproductive Mechanisms in Tardigrades — A Review. *Zoologischer Anzeiger*. 3-4, 2001, Sv. 240, stránky 247–252.
- Bertolani, R., a další. 2004.** Experiences with dormancy in tardigrades. *The Journal of Limnology*. 2004, Sv. 63, stránky 16–25.
- Bird, A. F., Bird, J. 1991.** *The Structure of Nematodes*. 2. San Diego : Academic Press, 1991. ISBN 978-0-12-099651-3.
- Bjørn-Mortensen, M. 2006.** Osmoregulation and osmobiosis in the eutardigrade *Richtersius coronifer*. místo neznámé : Institute for Biology and Chemistry, 2006.
- Bordenstein, S. 2014.** Microbial Life. *Tardigrades (Water Bears)*. [Online] 2014. [Citace: 11. listopad 2014.] <http://serc.carleton.edu/microbelife/topics/tardigrade/index.html>.
- Bumerl, J. 2006.** *Biologie 1 pro střední odborné školy*. 5. Praha : SPN - pedagogické nakladatelství, 2006. ISBN 80-7235-314-4.
- Capinera, J. L. 2008.** *Encyclopedia of Entomology*. 2. Dordrecht : Springer Netherlands, 2008. str. 3464. ISBN 978-1-4020-6242-1.
- Clegg, J. S. 2001.** Cryptobiosis – a peculiar state of biological organization. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 4, 2001, Sv. 128, stránky 613–624.
- Clifford, H. F. 1991.** *Aquatic Invertebrates of Alberta: An Illustrated Guide*. Edmonton : University of Alberta Press, 1991. stránky 44–46. ISBN 0888642334.
- Clothier, G. W. 1963.** Water Bears. *Bios*. 3, 1963, Sv. 34, stránky 121–128.
- Copley, J. 1999.** Indestructible. *New Scientist*. 2209, 1999, stránky 44–46.
- Crowe, J. H. 1972.** Evaporative Water Loss by Tardigrades under Controlled Relative Humidities. *The Biological Bulletin*. 3, 1972, Sv. 142, stránky 407-416.
- Czerneková, M. 2011.** „Pomalé“ želvušky a jejich rozmnožování. *Živa*. 2011, Sv. 6, str. 285.
- Čabradová, V. 2010.** *Přírodopis pro 6. ročník základní školy a víceletá gymnázia*. Plzeň : Nakladatelství Fraus, 2010. ISBN 978-80-7238-917-9.
- Černík, V. 2007.** *Přírodopis 6: zoologie a botanika*. Praha : SPN – pedagogické nakladatelství, 2007. ISBN 978-80-7235-374-3.

- Červenková, I. 2013.** Výukové metody a organizace vyučování. Ostrava : Ostravská Univerzita v Ostravě, 2013. ISBN 978-80-7464-238-8.
- Daniel, M., Černý, V. 1971.** *Klíč zvířeny ČSR*. Praha : Nakladatelství ČSAV, 1971. Sv. 4.
- Devetter, M. 2010.** Akvatická fauna v půdním prostředí – jak ji pozorovat? *Živa*. 2010, 2, str. 94.
- Devetter, M., Šorf, M. 2017.** Stránky o vířnících se zaměřením na Českou republiku. *Morfologie*. [Online] 2017. [Citace: 6. únor 2017.] <http://rotifera.prf.jcu.cz/index.php?ev=1&article=2>.
- Dobroruka, L. J. 2010.** *Přírodopis I: pro 6. ročník základní školy*. 3. Praha : Scientia, 2010. ISBN 978-80-86960-59-3.
- Edelson, D. C., Gordin, D. N., Pea, R. D. 1999.** Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design. *Journal of the Learning Sciences*. 1999, Sv. 8, 3–4, stránky 391–450.
- Felder, D. L, Camp, K. 2009.** *Gulf of Mexico Origin, Waters, and Biota*. College Station : Texas A&M University Press, 2009. str. 57. Sv. 1. ISBN 978-1-60344-094-3.
- Fontaneto, D. 2011.** *Biogeography of Microscopic Organisms: Is Everything Small Everywhere?* Cambridge : Cambridge University Press, 2011. str. 112. ISBN 9780521766708.
- Gagyí-Palffy, A., Stoian, L. C. 2011.** A short review on tardigrades – some lesser known taxa of polyextremophilic invertebrates. *ELBA Bioflux*. 2011, Sv. 3, 1, stránky 13–26.
- Giere, O. 2009.** *Meiobenthology: The Microscopic Motile Fauna of Aquatic Sediments*. 2. Heidelberg : Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. str. 181. ISBN 978-3-540-68657-6.
- Glime, J. 2013.** *Bryophyte Ecology*. 2013. Sv. 2. Bryological Interactions, Ebook. Sponzorovali: Michigan Technological University and the International Association of Bryologists.
- Greven, H. 2007.** Comments on the eyes of tardigrades. *Arthropod Structure & Development*. 4, 2007, Sv. 36, stránky 401–407.

- Greven, H., Kaya, M., Baran, T. 2016.** The presence of α -chitin in Tardigrada with comments on chitin in the Ecdysozoa. *Zoologischer Anzeiger*. 2016, Sv. 264, stránky 11–16.
- Grimaldi, S., D'Addabbo, M. G., Pietanza, R. 2000.** Two new sub-Antarctic Echiniscoididae from Marion Island (Heterotardigrada, Echiniscoidea). *Italian Journal of Zoology*. 2000, Sv. 67, 2, stránky 221–228.
- Gruntová, Z. 2015.** Želvušky (Tardigrada) a jejich schopnost přežití v extrémních podmínkách. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2015.
- Guidetti, R., a další. 2008.** Diapause in tardigrades: a study of factors involved in encystment. *The Journal of Experimental Biology*. 2008, Sv. 211, stránky 2296–2302.
- Guidetti, R., a další. 2011.** Survival of freezing by hydrated tardigrades inhabiting terrestrial and freshwater habitats. *Zoology*. 2, 2011, Sv. 114, stránky 123–128.
- Guidetti, R., Altiero, T. a Rebecchi, L. 2011.** On dormancy strategies in tardigrades. *Journal of Insect Physiology*. 5, 2011, Sv. 57, stránky 567–576.
- Hančová, H., Vlková, M. 2008.** *Biologie v kostce: pro střední školy : [obecná biologie, botanika, zoologie, biologie člověka, genetika, ekologie]*. Praha : Fragment (nakladatelství), 2008. ISBN 978-80-253-0606-2.
- Hengherr, S., a další. 2010.** Ice crystallization and freeze tolerance in embryonic stages of the tardigrade *Milnesium tardigradum*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1, 2010, Sv. A 156, stránky 151–155.
- Hohberg, K. 2006.** Tardigrade species composition in young soils and some aspects on life history of *Macrobiotus richtersi* J. Murray, 1911. *Pedobiologia*. 2006, Sv. 50, 3, stránky 267–274.
- Ingham, E. R. 2017.** Natural Resources Conservation Service. *Soil Nematodes*. [Online] 2017. [Citace: 3. únor 2017.] https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detailfull/soils/health/biology/?cid=nrcs142p2_053866.
- Jelínek, J., Zicháček, V. 2000.** *Biologie pro gymnázia*. 4. Olomouc : Nakladatelství Olomouc, 2000. ISBN 80-7182-107-1.

- Jönsson, I. K. 2005.** The Evolution of Life Histories in Holo-anhydrobiotic Animals: A First Approach. *Integrative and Comparative Biology*. 5, 2005, Sv. 45, stránky 764–770.
- Jönsson, I. K. 2001.** The nature of selection on anhydrobiotic capacity in tardigrades. *Zoologischer Anzeiger*. 3-4, 2001, Sv. 240, stránky 409–417.
- Jönsson, I. K., Harms-Ringdahl, M. a Torudd, J. 2005.** Radiation tolerance in the eutardigrade *Richtersius coronifer*. *International Journal of Radiation Biology*. 9, 2005, Sv. 81, stránky 649–656.
- Jørgensen, A. a Kristensen, R. M. 2004.** Molecular phylogeny of Tardigrada – investigation of the monophyly of Heterotardigrada. *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2004, Sv. 32, 2, stránky 666–670.
- Jørgensen, A., a další. 2010.** Molecular phylogeny of Arthrotardigrada (Tardigrada). *Molecular Phylogenetics and Evolution*. 2010, Sv. 54, 3, stránky 1006–1015.
- Kalhous, Z., Obst, O. 2002.** *Školní didaktika*. Praha : Portál (vydavatelství), 2002. ISBN 80-7178-253-X.
- Kašová, J. 1995.** *Škola trochu jinak: Projektové vyučování v teorii i praxi*. Kroměříž : IUVENTA, 1995.
- Kinchin, I. M. 2008.** Tardigrades and anhydrobiosis: Water bears and water loss. *The Biochemist*. 4, 2008, Sv. 30, stránky 18–20.
- Komárek, J. 1952.** *Zoologie bezobratlých*. Praha : Přírodovědecké vydavatelství, 1952. Sv. I.
- Kraus, J. 2005.** *Nový akademický slovník cizích slov: A-Ž*. Praha : Academia, 2005. ISBN 80-200-1351-2.
- Kvasničková, D. 2009.** *Ekologický přírodopis 6 pro 6. ročník základní školy*. 4. Praha : Fortuna, 2009. ISBN 978-80-7373-056-7.
- Lee, D. L. 2002.** *The Biology of Nematodes*. London : Taylor & Francis, 2002. ISBN 0-415-27211-4.
- Lee, J. J., Leedale, G. F., Bradbury, F. C. 2000.** *An illustrated guide to the protozoa: Organisms Traditionally Referred to as Protozoa, or Newly Discovered Groups*. 2. Oxford : Blackwell Publishers, 2000. stránky 827–830. ISBN 1891276220.

- Lindahl, K. a Balsler, S. 1999.** Species Distribution Project. *Tardigrade Facts*. [Online] 2. listopad 1999. [Citace: 30. září 2014.] http://sun.iwu.edu/~tardisp/tardigrade_facts.html.
- Lynn, D. H. 2008.** *The Ciliated Protozoa*. 3. Dordrecht, Heidelberg, London, New York : Springer, 2008. str. 222. ISBN 978-1-4020-8238-2.
- Mach, M. 2014.** Bärtierchen. *Asphyxis*. [Online] 2014. [Citace: 1. březen 2017.] <http://www.baertierchen.de/wbwb.html>.
- Maleninský, M., Smrž, J. 1997.** *Zoologie: Učebnice pro základní školy a nižší stupeň víceletých gymnázií*. Praha : Natura, 1997. 1. Díl., Bezobratlí. ISBN 80-86034-14-3.
- Maňák, J., Švec, V. 2003.** *Výukové metody*. Brno : Paido, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
- Maňas, M. 2017.** BioLib. *Methylbromid*. [Online] 2017. [Citace: 25. listopad 2017.] <http://www.biolib.cz/cz/glossaryterm/dir0/id2575/>.
- Mani, M. S., Hedge, V. 2005.** *Progress in Invertebrate Zoology*. Himayat Nagar : Orient Longman, 2005. stránky 36-37. ISBN 8125008411.
- Marley, N. J., Mcinnes, S. J., Sands, Ch. J. 2011.** Phylum Tardigrada: A re-evaluation of the Parachela. *Zootaxa*. 2011, 2819, stránky 51–64.
- McKinney, R. E. 2004.** *Environmental Pollution Control Microbiology: A Fifty-Year Perspective*. New York : Marcel Dekker, Inc., 2004. str. 124. ISBN 9780824754938.
- Middleton, R. 2014.** Biodiversity Explorer. *Tardigrada (water bears, tardigrades)*. [Online] 2014. [Citace: 15. únor 2017.] <http://www.biodiversityexplorer.org/metazoa/tardigrades/index.htm>.
- Miller, W. R. 2011.** Tardigrades. *American Scientist*. 5, 2011, Sv. 99, str. 384.
- Mojžíšek, L. 1988.** *Vyučovací metody*. Praha : Státní pedagogické nakladatelství, 1988.
- Nalepa, T. F., Robertson, A. 1981.** Vertical distribution of the zoobenthos in southeastern Lake Michigan with evidence of seasonal variation. *Freshwater Biology*. 1981, Sv. 11, 1, stránky 87–96.
- Nelson, D. R. a Marley, N. J. 2000.** The biology and ecology of lotic Tardigrada. *Freshwater Biology*. 1, 2000, Sv. 44, stránky 93–108.
- Nelson, D. R. 2002.** Current Status of the Tardigrada: Evolution and Ecology. *Integrative and Comparative Biology*. 3, 2002, Sv. 42, stránky 652–659.

- Nichols, P. B. 2005.** Tardigrade evolution and ecology. Tampa : University of South Florida, 2005.
- Nisbet, B. 1984.** *Nutrition and Feeding Strategies in Protozoa*. 1. Dordrecht : Springer Netherlands, 1984. str. 129. ISBN 978-94-011-6557-0.
- O'Connor, F. B. 1962.** *The extraction of Enchytraeidae from Soil*. In: P. W. Murphy (ed.) *Progress in soil zoology*. London : Butterworths, 1962. stránky 279–285.
- Ono, F., a další. 2008.** Effect of high hydrostatic pressure on to life of the tiny animal tardigrade. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. 9, 2008, Sv. 69, stránky 2297–2300.
- Papáček, M. 2010.** Badatelsky orientované přírodovědné vyučování – cesta pro biologické vzdělávání generací Y, Z a alfa?: Inquiry based science education : a way for the biology education of generations Y, Z and alpha? *Scientia in educatione*. 2010, Sv. 1, 1, stránky 33–49.
- Papáček, M. 2000.** *Zoologie*. 3. Praha : Scientia, 2000. ISBN 80-7183-203-0.
- Pavelková, J. 2007.** *Oborová didaktika biologie: vybraná témata pro učitele všeobecně vzdělávacích předmětů*. Praha : Univerzita Karlova, 2007. ISBN 978-80-7290-335-1.
- Pavlasová, L. 2014.** *Přehled didaktiky biologie: studium: Učitelství všeobecně vzdělávacích předmětů 2. stupně ZŠ a SŠ; kurz: Oborová didaktika – biologie*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2014. ISBN 9788072906437.
- Pawlowski, J., Audic, S., Adl, S., Bass, D., Belbahri, L., Berney, C., a další. 2012.** CBOL Protist Working Group: Barcoding Eukaryotic. *PLOS Biology*. e1001419, 2012, Sv. 10, 11, stránky 1–5.
- Pejler, B., Starkweather, R., Nogrady T. 1983.** *Biology of rotifers developments in hydrobiology*. Netherlands : Springer, 1983. stránky 4–6. ISBN 9789400972896.
- Pereira, C. S., a další. 2004.** Interaction of the disaccharide trehalose with a phospholipid bilayer: a molecular dynamics study. *Biophysical Journal*. 2004, Sv. 86, stránky 2273–2285.
- Petty, G. 2002.** *Moderní vyučování*. 2. Praha : Portál (vydavatelství), 2002. ISBN 80-7178-681-0.

- Pchelin, I. M. 2010.** Testate amoeba *Arcella vulgaris* (Amoebozoa, Arcellidae) is able to survive without the shell and construct a new one. *Protistology*. 2010, Sv. 6, 4, stránky 251–257.
- Průcha, J. 1998.** *Učebnice: Teorie a analýzy edukačního média: příručka pro studenty, učitele, autory učebnic a výzkumné pracovníky*. Brno : Paido, 1998. ISBN 80-85931-49-4.
- Ramazzotti, G. a Maucci, W. 1983.** *The Phylum Tardigrada*. [překl.] Clark W. Beasley. Verbania Pallanza : Istituto Italiano di Idrobiologia, 1983.
- 2013.** Rámcový vzdělávací program pro základní vzdělávání. [Online] Praha: MŠMT, 2013. [Citace: 3. březen 2017.] WWW:<http://www.nuv.cz/file/433_1_1/>.
- Ramløv, H. a Westh, P. 2001.** Cryptobiosis in the Eutardigrade *Adorybiotus* (Richtersius) coronifer: Tolerance to Alcohols, Temperature and de novo Protein Synthesis. *Zoologischer Anzeiger*. 3-4, 2001, Sv. 240, stránky 517–523.
- Reitmayerová, E., Broumová, V. 2007.** *Cílená zpětná vazba: metody pro vedoucí skupin a učitele*. Praha : Portál (vydavatelství), 2007. ISBN 978-80-7367-317-8.
- Rizzo, A. M., a další. 2010.** Antioxidant defences in hydrated and desiccated states of the tardigrade *Paramacrobiotus richtersi*. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 2, 2010, Sv. 156, stránky 115–121.
- Robinson, A. F. 1984.** Comparison of Five Methods for Measuring Nematode Volume. *Journal of Nematology*. 1984, Sv. 16, 3, stránky 343–347.
- Romano, F. A. 2003.** On water bears. *Florida Entomologist*. 2, 2003, Sv. 86, stránky 134–137.
- Rosypal, S. 1992.** *Fylogeneze, systém a biologie organismů*. Praha : SPN, 1992. ISBN 80-04-22815-1 .
- Rosypal, S. 2003.** *Nový přehled biologie*. Praha : Scientia, pedagogické nakladatelství, 2003. ISBN 80-7183-268-5.
- Sayre, R. M., Brunson, L. K. 1971.** Microfauna of moss habitats. *The American Biology Teacher*. February 1971, Sv. 33, stránky 100–102, 105.
- Schilde, C., Schaap, P. 2013.** The Amoebozoa. *Methods in Molecular Biology*. 2013, Sv. 983, stránky 1–15.

- Schill, R. O. 2013.** Life-history traits in the tardigrade species *Paramacrobiotus kenianus* and *Paramacrobiotus palaui*. *Journal of Limnology*. s1, 2013, Sv. 72, stránky 160–165.
- Sikorová, Z. 2010.** *Učitel a učebnice: užívání učebnic na 2. stupni základních škol*. Ostrava : PdF OU, 2010. ISBN 978-80-7368-923-0.
- Sitná, D. 2009.** *Metody aktivního vyučování: spolupráce žáků ve skupinách*. Praha : Portál (vydavatelství), 2009. ISBN 978-80-7367-246-1.
- Skýbová, J. 2007.** *Vybrané kapitoly z didaktiky přírodovědné části prvouky a přírodovědy: pro učitelství prvního stupně*. Praha : Praha: Univerzita Karlova, 2007. ISBN 978-80-7290-319-1.
- Sleigh, M. A. 1991.** *Protozoa and Other Protists*. Cambridge : Cambridge University Press, 1991. str. 173. ISBN 9780521428057.
- Smrž, J. 2013.** *Základy biologie, ekologie a systému bezobratlých živočichů*. 1. Praha : Karolinum, 2013. ISBN 9788024622583.
- Smrž, J., Horáček, I., Svátora, M. 2004.** *Biologie živočichů: pro gymnázia*. Praha : Fortuna, 2004. ISBN 80-7168-909-2.
- Sømme, L. 1996.** Anhydrobiosis and cold tolerance in tardigrades. *European Journal of Entomology*. 3, 1996, Sv. 93, stránky 349–357.
- Southwood, T. R. E., Henderson, P. A. 2000.** *Ecological Methods*. 3. Oxford : Blackwell Science, 2000. ISBN 978-0-632-05477-0.
- Stuchlíková, I., Janík, T., Beneš, Z. a další. 2015.** *Oborové didaktiky: vývoj, stav, perspektivy*. Brno : Masarykova univerzita, 2015. ISBN 978-80-210-7769-0.
- Šatkauskienė, I. 2012.** Tardigrades (Tardigrada) in Baltic States. *Biologija*. 4, 2012, Sv. 58.
- Šifner, F. 2004.** *Stručný přehled systému prvoků a bezobratlých živočichů*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, Pedagogická fakulta, 2004. ISBN 8072901680.
- Šlégrová, Y. 1993.** Význam pracovních listů při nácviku dovedností žáků. *Pedagogika*. 1993, Sv. 43, 2, stránky 191–196.
- Thorp, J. H., Rogers, D. C. 2010.** *Field Guide to Freshwater Invertebrates of North America*. San Diego : Academic Press, 2010. str. 139. ISBN 012381426X.

- Thorp, J., Covich, A. 2009.** *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. 3. New York : Academic Press, 2009. str. 173. ISBN 978-0-12-374855-3.
- Tiemann, H., Betz, K. H. 1979.** Elutriation: Theoretical Considerations and Methodological Improvements. *Mar. Ecol.-Prog. Ser.* 1979, Sv. 1, stránky 277–281.
- Vlk, R., Kubešová, S. 2014.** *Přírodopis: učebnice*. 2. Brno : Nová škola, 2014. 2. díl, Bezobratlí živočichové. 2. ISBN 978-80-7289-581-6.
- Volf, P., Horák, P. a další. 2007.** *Paraziti a jejich biologie*. 1. Praha : Triton, 2007. ISBN 9788073870089.
- Vosičková, J., Franzová, M. 1998.** *Didaktika přírodovědné části prvouky a přírodovědy pro učitelství prvního stupně*. Praha : Univerzita Karlova, 1998. ISBN 80-86039-53-6.
- Waggoner, B., Speer, B. R. 1995.** University of California Museum of Paleontology, Berkeley. *Ciliata*. [Online] 1995. [Citace: 5. únor 2017.] <http://www.ucmp.berkeley.edu/protista/ciliata.html>.
- Walter, D. E., Proctor, H. 2013.** *Mites: Ecology, Evolution & Behaviour*. 2. Dordrecht : Springer Netherlands, 2013. ISBN 978-94-007-7163-5.
- Welnicz, W., a další. 2011.** Anhydrobiosis in tardigrades--the last decade. *Journal of Insect Physiology*. 5, 2011, Sv. 57, stránky 577–583.
- Wright, J. C. 2001.** Cryptobiosis 300 Years on from van Leuwenhoek: What Have We Learned about Tardigrades? *Zoologischer Anzeiger*. 3-4, 2001, Sv. 240, stránky 563–582.
- Wright, J. C. 1991.** The significance of four xeric parameters in the ecology of terrestrial Tardigrada. *Journal of Zoology*. 1991, Sv. 224, stránky 59–77.
- Wright, J. C., Westh, P. a Ramløv, H. 1992.** Cryptobiosis in Tardigrada. *Biological Reviews*. 1, 1992, Sv. 67, stránky 1–29.
- Zhang, Z. 2003.** *Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control*. Wallingford : CABI publishing, 2003. stránky 14–16.
- Zormanová, L. 2014.** *Obecná didaktika: pro studium a praxi*. Praha : Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4590-9.

10. Seznam obrázků

Obrázek 1: Zástupce třídy Eutardigrada	3
Obrázek 2: Zástupce třídy Heterotardigrada	4
Obrázek 3: Stavba těla želvušky	6
Obrázek 4: Želvuška svlékající exuvium obsahující vajíčka	8
Obrázek 5: Tun formace želvušky rodu <i>Echiniscus</i>	11
Obrázek 6: Nálevník rodu <i>Blepharisma</i>	17
Obrázek 7: Nahá měňavka <i>Amoeba proteus</i>	19
Obrázek 8: Krytenka <i>Hyalosphenia papilio</i>	20
Obrázek 9: Hlístice	21
Obrázek 10: Vířník <i>Philodina megalotrocha</i>	22
Obrázek 11: Pancířník <i>Trichoribates trimaculatus</i>	24
Obrázek 12: Zástupce řádu plazivek	25
Obrázek 13: Zástupce třídy olejnušek	26
Obrázek 14: Papírový sáček s popisem lokality	27
Obrázek 15: Baermannova nálevka	30
Obrázek 16: Modifikovaná Baermannova nálevka pro O'Connorovu metodu	32
Obrázek 17: Lokality odebraných vzorků mechu v rámci České republiky	37
Obrázek 18: Graf vizualizující výsledky nepřímé kanonické analýzy (CA)	43
Obrázek 19: Učivo o želvuškách v učebnici Biologie živočichů	48
Obrázek 20: Dočasný preparát obarvený Lugolovým roztokem	55
Obrázek 21: Dočasný preparát obarvený roztokem acetokarminu	55
Obrázek 22: Dočasný preparát obarvený roztokem kongo červeně	56
Obrázek 23: Dočasný preparát obarvený roztokem safraninu	56
Obrázek 24: Dočasný preparát obarvený roztokem fuchsinu	57
Obrázek 25: Dočasný preparát obarvený methylovou zelení	57
Obrázek 26: Trvalý preparát	60
Obrázek 27: Improvizovaná Baermannova nálevka	74
Obrázek 28: Želvuška vytvářející tun formaci při vstupu do osmobiózy	81
Obrázek 29: Příklad didaktické hry – tajenka	83

Přílohy

Seznam příloh:

Příloha 1: Výzkum: charakteristiky zkoumaných mečů

Příloha 2: Laboratorní práce: laboratorní protokoly

Příloha 3: Projektová výuka: manuál projektu

Příloha 4: Projektová výuka: pracovní list projektu

Příloha 5: Badatelsky orientovaná výuka: manuál badatelsky orientované výuky

Příloha 6: Badatelsky orientovaná výuka: pracovní list badatelsky orientované výuky

Příloha 7: Práce s textem: pracovní list

Příloha 8: Pokus (experiment): laboratorní protokol

Příloha 1

		Lokalita														
		Zlin, Svit 1	Zlin, 2. kvě	Dřev Zlin,	Svit 2	Zlin, Svit 3	Zlin, Svit 4	Zlin, Svit 5	Pade Zlin,	Dřev Zlin,	Svit 6	Zlin, Svit 7	Zlin, Svit 7	Zlin, Dřev		
Datum sberu		4.10.2016	1.10.2016	1.10.2016	4.10.2016	4.10.2016	4.10.2016	4.10.2016	1.10.2016	1.10.2016	4.10.2016	4.10.2016	4.10.2016	1.10.2016	1.10.2016	
GPS		49.225024	49.231288	49.229234	49.225029	49.225029	49.225029	49.225029	49.232112	49.229806	49.225029	49.229237	49.225029	49.225029	49.229371	
tardigrada	prítomnost	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	mnozstvi	0	5	0	13	4	7	10	1	2	3	1	11	1	11	0
ostatni organismy	rotifera	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	nematoda	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
	ciliata	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	arce limida	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0
	acari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
charakteri	amoeba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	les	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	louka	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	pole	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	obec	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	stika	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	okraj silnice	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
substrat	park	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	zahrada	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	hory	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	niziny	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	strom	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	mrtve drevo	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	kamen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	puda	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	uhli	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1
	beton/dlazdice	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
podminky lokality	slunna	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0
	zastin	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
	sucho	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
	vlhko	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	mokro	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0
mira zneocistení	cista	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ovlivnena	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
	zneocistena	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1

Lokalita		Velke Kar	Velke Ka	Velke Ka	Velke Kar	Lysa Hora	Velke Kar	Zlin, stred	Brezuvky	Brezuvky	Zoo, Liber	Zoo, Liber	Zoo, Liber	Lesna, Zlin	Lesna, Zlin
Vetny, Je	2.9.2016	2.9.2016	2.9.2016	2.9.2016	2.9.2016	1.9.2016	2.9.2016	21.8.2016	24.8.2016	24.8.2016	11.7.2016	11.7.2016	11.7.2016	6.8.2016	6.8.2016
	49.378551	49.376522	49.378786	49.378786	49.378786	49.547353	49.376813	49.226352	49.165887	49.165887	50.777788	50.777788	50.777788	49.271863	49.271863
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	14	2	0	4	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Lokalita		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lesna, Žití	Karlštejn	Karlštejn 1	Karlštejn 2	Karlštejn 3	Karlštejn 4	Karlštejn 5	Karlštejn 6	Karlštejn 7	Karlštejn 8	Karlštejn 9	Karlštejn 10	Karlštejn 11	Karlštejn 12	Breclav	Brno	Lucembur	Lucembur	Kohutka 2	Kamenny	Kamenny	Kamenny
6.8.2016	12.7.2016	12.7.2016	12.7.2016	12.7.2016	12.7.2016	12.7.2016	12.7.2016	12.7.2016	12.7.2016	12.7.2016	15.10.2016	15.10.2016	17.10.2016	17.10.2016	18.10.2016	1.10.2016	1.10.2016	15.10.2016	2.8.2016	2.8.2016	2.8.2016
49.271863	49.938562	49.938562	49.938562	49.939939	49.940075	49.940075	49.940075	49.940075	49.940075	49.940075	49.297183	49.297183	48.758350,	48.758350,	49.211781,	49.615785	49.615785	49.297183,	49.790015	49.790015	49.790015
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	18	0	0	0	0	0	0	0	2	4
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lokalita										
Kamenny	Dejvice, Pr	Horni Jirca	Brdy 1	Brdy 2	Brdy 3	Brdy 4	Brdy 5	Brdy 6	Liberec	
2.8.2016	20.11.2016	30.11.2016	13.11.2016	13.11.2016	13.11.2016	13.11.2016	13.11.2016	13.11.2016	13.11.2016	21.12.2016
49.790015	50.102275,	49.955356,	49.753459,	49.753459,	49.76276,	49.76276,	49.789634,	49.774689,	50.772392,	
0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1
0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	5
0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1
0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Příloha 2

Laboratorní protokoly

Úkol č. 1 – pozorování želvušek (Tardigrada)

Teorie: Želvušky (Tardigrada) jsou mikroskopičtí bezobratlí živočichové, kteří jsou součástí především mechové fauny. Znamé jsou svou schopností přežít v extrémních podmínkách, které by byly pro ostatní živé organismy fatální. V případě nepříznivých podmínek vstupují želvušky do latentního stavu nazývaného kryptobióza. Želvušky jsou velmi dobře viditelné v mikroskopu a můžeme tak pozorovat nejen stavbu jejich těla, ale v případě aktivních stádií také jejich pohyb.

Didaktické využití: Demonstrace pohybu želvušek ve vodní suspenzi dočasného preparátu, neaktivních stádií želvušek a pohybu hemocytů uvnitř těl želvušek.

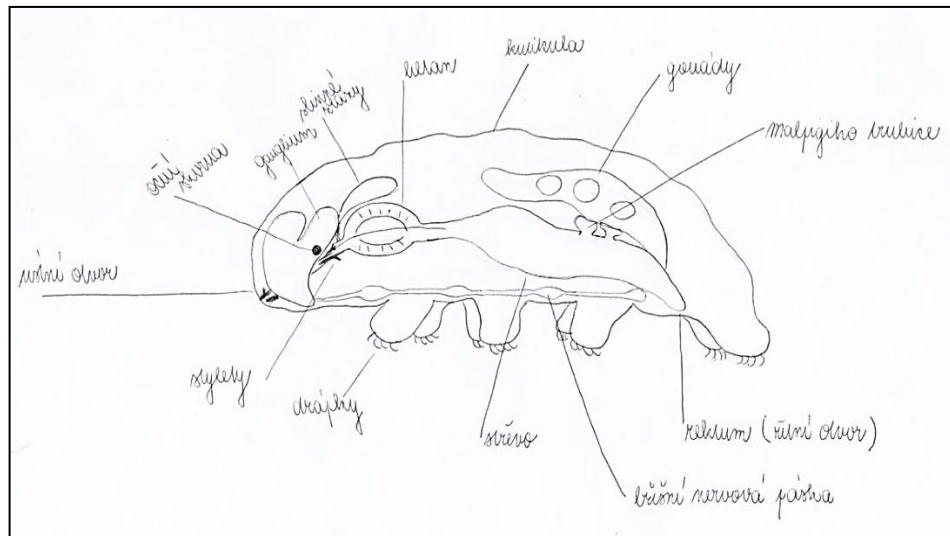
Materiál: extrahované želvušky v suspenzi vody a substrátu

Pomůcky: kapátko, podložní sklo a krycí sklíčka, mikroskop

Pracovní postup:

1. Doprostřed podložního skla pomocí kapátka nanese jednu kapku extrahované suspenze.
2. Suspenzi přikryjeme krycím sklíčkem.
3. Preparát pozorujeme pod mikroskopem při zvětšení 20× a 40×.
4. Zhotovíme nákres s popisky.
5. Po skončení práce umyjeme použité laboratorní potřeby, podložní skla a krycí sklíčka pečlivě utřeme a necháme doschnout položené volně na filtračním papíru či buničině.

Nákres:



Návrh nákresu výsledku pozorování.

Závěr:

Pozorovali jsme aktivní formy želvušek pohybujících se v dočasném preparátu a také jejich neaktivní stádia. Dále jsme pozorovali jednotlivé hemocyty pohybující se uvnitř těl aktivních forem želvušek.

Úkol č. 2 – barvení želvušek (Tardigrada)

Teorie: Želvušky (Tardigrada) jsou mikroskopičtí bezobratlí živočichové, kteří jsou součástí především mechové fauny. Znamé jsou svou schopností přežití v extrémních podmínkách, které by byly pro ostatní živé organismy fatální. V případě nepříznivých podmínek vstupují želvušky do latentního stavu nazývaného kryptobióza. Želvušky jsou velmi dobře viditelné v mikroskopu a můžeme tak pozorovat vnitřní i vnější stavbu jejich těl. Velmi zajímavé jsou především buňky nazývané hemocyty pohybující se uvnitř těl želvušek, jejichž význam nebyl doposud plně objasněn.

Didaktické využití: Demonstrace pohybu hemocytů uvnitř těl neaktivních želvušek ve vodní suspenzi dočasného preparátu. Pozorování tělních struktur živočichů za pomoci využití metod barvení ke zvýšení jejich viditelnosti.

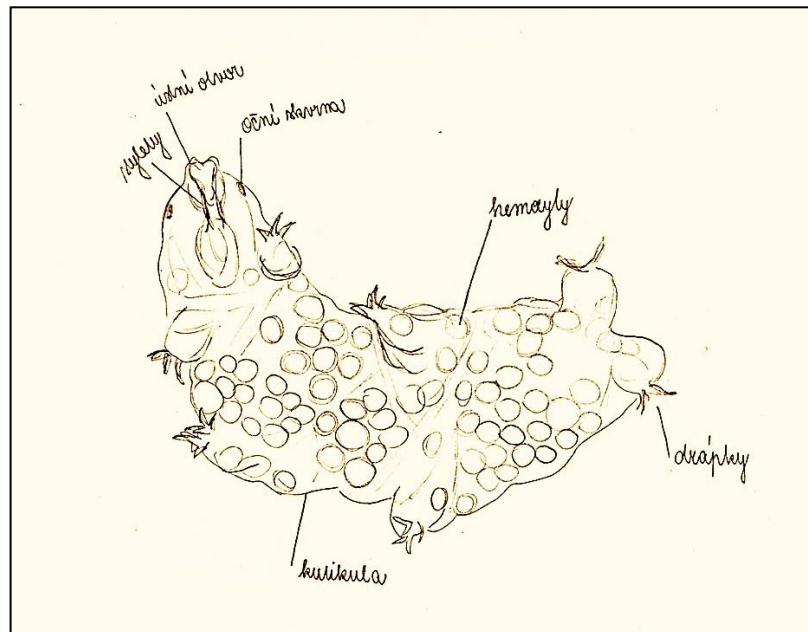
Materiál: extrahované želvušky v suspenzi vody a substrátu

Pomůcky: kapátko, buničina (savé čtverečky o velikosti 2×2 cm), podložní sklo a krycí sklíčka, mikroskop, roztok safraninu, kongo červeně, methylové zeleně + formaldehydu, acetokarminu, fuchsinu a Lugolova roztoku

Pracovní postup:

1. Doprostřed podložního skla pomocí kapátka nanese jednu kapku extrahované suspenze.
2. Nepřikrytý preparát pozorujeme pod mikroskopem při zvětšení maximálně 20× až 40×, aby nedošlo ke kontaktu preparátu s objektivem mikroskopu.
3. Jsou-li přítomny želvušky, zakápneme kapku suspenze barvivem a přikryjeme ho krycím sklíčkem. Pokud nedošlo k probarvení preparátu po celé ploše pod krycím sklíčkem, přiložíme k okraji čtvereček buničiny a nasajeme barvivo požadovaným směrem.
4. Takto obarvený preparát pozorujeme pod mikroskopem.
5. Zhotovíme nákres pozorovaných organismů i s popisky.
6. Po skončení práce umyjeme použité laboratorní potřeby, podložní skla a krycí sklíčka pečlivě utřeme a necháme doschnout položené volně na filtračním papíru či buničině.

Nákres:



Návrh nákresu výsledku pozorování.

Závěr:

Lugolův roztok a roztok fuchsinu zvýšily kontrast preparátu a umožnily nám pozorovat tělní struktury aktivních i neaktivních forem želvušek. Díky roztokům jsme zřetelně viděli jednotlivé hemocyty pohybující se uvnitř těl aktivních forem želvušek.

Úkol č. 3 – Zhotovení trvalého preparátu za pomoci Hoyerova média

Teorie: Želvušky (Tardigrada) jsou mikroskopičtí bezobratlí živočichové, kteří jsou součástí především mechové fauny. Znamé jsou svou schopností přežít v extrémních podmínkách, které by byly pro ostatní živé organismy fatální. V případě nepříznivých podmínek vstupují želvušky do latentního stavu nazývaného kryptobióza. Želvušky jsou velmi dobře viditelné v mikroskopu a můžeme tak pozorovat nejen stavbu jejich těla, ale v případě aktivního stádia také jejich pohyb.

Didaktické využití: Zhotovení trvalého preparátu želvušek za pomoci Hoyerova média. Vhodné je především pro kvantitativní výzkum, neboť umožňuje opakované pozorování želvušek a jejich tělních struktur i jejich determinaci a zařazení do systému.

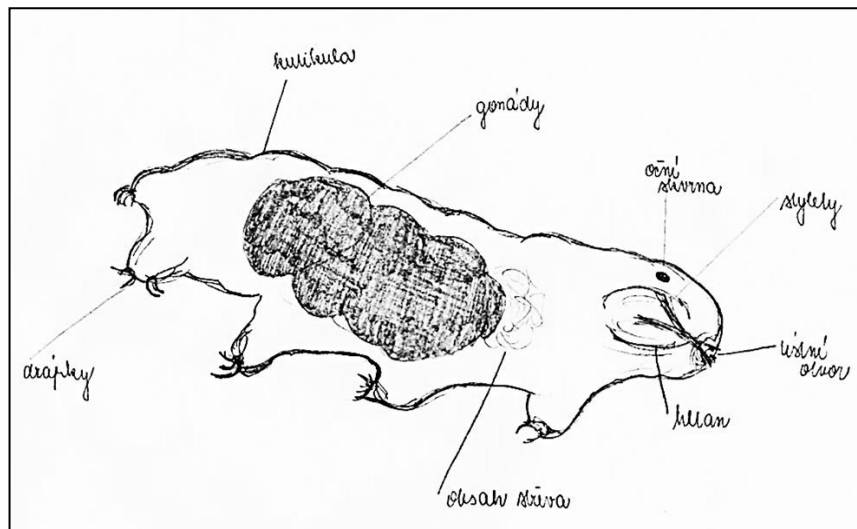
Materiál: extrahované neaktivní formy želvušek v suspenzi vody a substrátu, Hoyerovo médium

Pomůcky: kapátko, podložní sklo a krycí sklíčka, binokulární lupa, skleněná tyčinka nebo skleněné kapátko na aplikaci Hoyerova média

Pracovní postup:

1. Doprostřed podložního skla pomocí kapátka kápneme 1 kapku extrahované suspenze.
2. Nepřikrytý preparát pozorujeme pod mikroskopem při zvětšení maximálně 20× až 40×, aby nedošlo ke kontaktu preparátu s objektivem mikroskopu.
3. Jsou-li přítomny želvušky, zakápneme preparát připraveným Hoyerovým médiem a přikryjeme krycím sklíčkem. Přítomnost jiných organismů, jako jsou například vířníci nebo hlístice, není kontraproduktivní.
4. Zhotovený trvalý preparát označíme popiskou obsahující datum zhotovení, jméno autora a názvy přítomných organismů.
5. Takto zhotovený trvalý preparát necháme alespoň týden schnout na vodorovné podložce.
6. Po skončení práce umyjeme použité laboratorní potřeby, podložní skla a krycí sklíčka pečlivě utřeme a necháme doschnout položené volně na filtračním papíru či buničině.
7. Trvalé preparáty je potřeba nakonec orámovat průhledným lakem na nehty. Po jeho zaschnutí je lze pozorovat pod mikroskopem.

Nákres:



Návrh nákresu výsledku pozorování.

Závěr:

Za pomoci Hoyerova média jsme zhotovili trvalý preparát obsahující zástupce kmene želvušek. Takto fixované organismy jsme poté pozorovali pod mikroskopem.

Příloha 3

Manuál projektu Želvušky v našem okolí

Želvušky

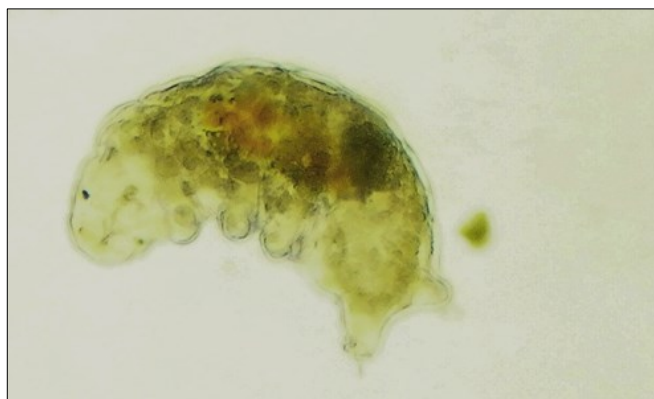
Želvušky (Tardigrada) jsou kmen mikroskopických bezobratlých živočichů. Jejich nejbližšími příbuznými jsou členovci (Arthropoda) a drápkovci (Onychophora). Jejich název je odvozen z latinských slov tardus – pomalý a gradus – krok. Želvušky mají tělo rozděleno na pět segmentů. Jeden hlavový, tři tělní a jeden terminální. Segmenty tělní a terminální nesou 4 páry kráčivých nohou vybavených drobnými drápkami. Jejich tělo je kryto kutikulou, která také slouží jako významný určovací znak.

Kmen Tardigrada obsahuje více než tisíc druhů, které rozlišujeme do dvou základních tříd: Heterotardigrada a Eutardigrada. Želvušky třídy Heterotardigrada mají kutikulu pevnou, vybavenou obrněnými pláty, želvušky třídy Eutardigrada mají kutikulu hladkou.

Želvušky jsou kosmopolitně rozšířeny. Osidlují nejen ekosystémy suchozemské, ale také ekosystémy sladkých i slaných vod. Jedná se však o akvatické živočichy a proto ke svému aktivnímu životu vždy potřebují alespoň tenký vodní film. V suchozemských ekosystémech se nejčastěji nachází v mechu, lišejnících a listové hrabance.

Želvušky jsou známé především díky své vysoké odolnosti vůči extrémním podmínkám. Dokáží přežít extrémní sucho nebo zimu, teploty vyšší než bod varu, radiaci, vysoký tlak a další podmínky, které by byly smrtelné pro téměř všechny ostatní organismy. Tato odolnost pramení zejména z jejich schopnosti kryptobiózy, tedy jakéhosi přechodu do neaktivního stádia, ve kterém želvušky tvoří soudkovité útvary a přecházejí nepříznivé podmínky.

U želvušek se vyskytují čtyři typy kryptobiózy: anhydrobióza, která nastává při vysychání prostředí, kryobióza, ke které dochází při nízkých teplotách, osmobióza, která je způsobena vysokou koncentrací solí v okolním prostředí a anoxybióza, která je způsobena nedostatkem kyslíku. Anoxybióza je jediným druhem kryptobiózy, ve kterém želvušky netvoří soudkovité útvary, ale nafukují se a stávají se nehybnými.



Sběr mechů

Ke sběru vzorků mechu budete potřebovat: papírové sáčky, nůž nebo špachtli a obyčejnou tužku.

Postup:

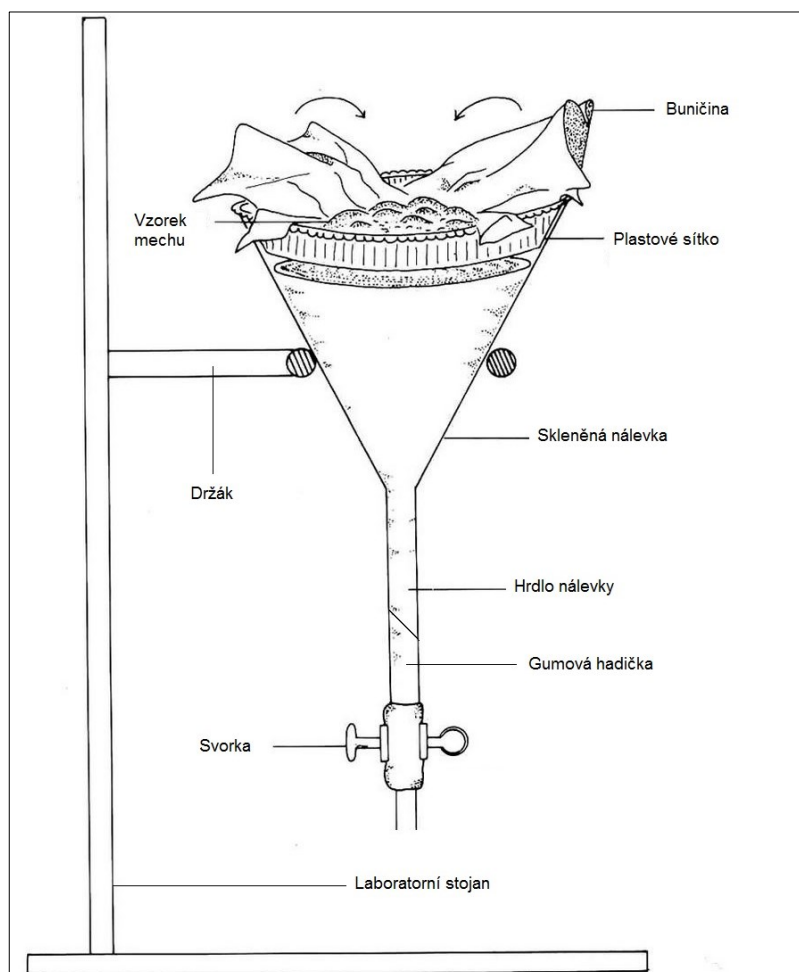
1. Za pomoci nože nebo špachtle oddělte vzorek mechu o velikosti 2×4 cm od substrátu.
2. Uložte vzorek do papírového sáčku.
3. Na vrchní stranu papírového sáčku čitelně poznačte: datum sběru, místo sběru, charakteristiku lokality a stav mechu.
4. Do mapky na poslední stránce manuálu zaznačte křížkem místo nálezu.

Po příchodu do školy je nutné uložit papírové sáčky s mechy na suché a vzdušné místo, aby nenavlhly a nedošlo tak k vytvoření plísní. Místo a informace ze sáčků přepište do tabulky v pracovním listu a za pomoci internetových map doplňte také GPS souřadnice, které odpovídají lokalitám zaznačeným do mapy při sběru vzorků.

Baermannova nálevka

Využití Baermannovy nálevky je jednou z nejúčinnějších metod extrakce želvušek a mechové fauny obecně. Jedná se o dynamickou metodu extrakce, tedy extrakci, při které dochází k pohybu živočichů z vrchní části nálevky do části spodní. Živočichové se z vrchní části pohybují buďto aktivním pohybem nebo klesají dolů vlivem váhy svých těl.

Jak můžete vidět na obrázku, Baermannova nálevka se skládá z laboratorního stojanu, držáku, skleněné nálevky, plastového síta, buničiny, gumové trubičky a svorky nebo sběrné mikroskopky.



Obrázek převzat z: <https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/handle/10214/6858>

Postup k sestavení nálevky:

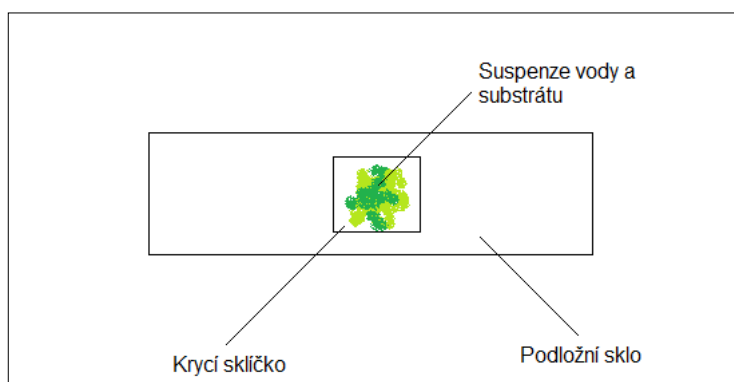
1. Na laboratorní stojan připevněte držák na nálevku.
2. Gumovou hadičku připojte k mikroskopu nebo na její spodní část připevněte svorkou.
3. Druhý konec gumové hadičky spojte s hrdlem nálevky.
4. Takto připravenou skleněnou nálevku vložte do držáku.
5. V následujícím pořadí vložte do nálevky: plastové sítko a buničinu.

Do takto sestavené nálevky vložte vzorek mechu a překryjte ho volnými rohy buničiny. Poté zalijte nálevku vodou tak, aby byl vzorek mechu ponořen zhruba do $\frac{3}{4}$. Nechejte odstát 8–24 hodin.

Příprava vzorku a mikroskopování

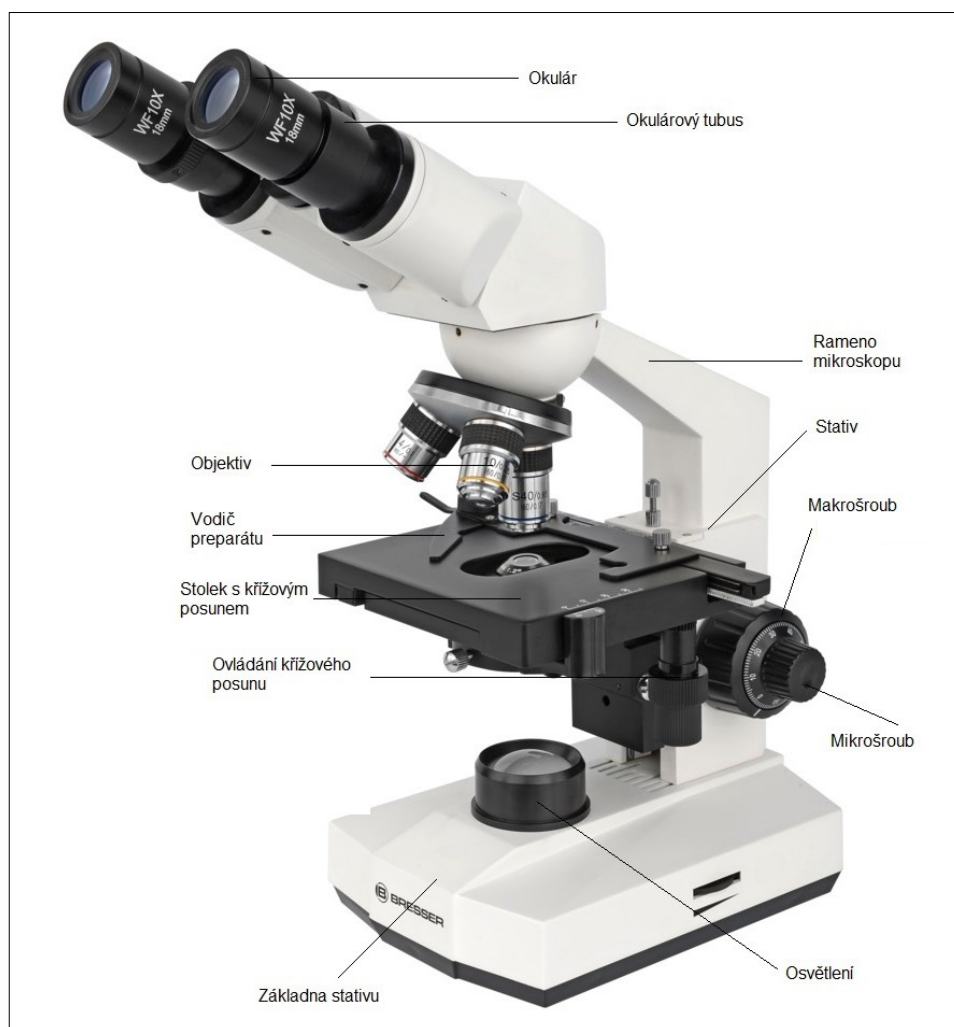
K samotnému mikroskopování si před zahájením samotné práce připravte: mikroskop, kapátko, podložní skla a krycí sklíčka.

Po uplynutí alespoň 8–24 hodin z Baermannovy nálevky opatrně oddělte mikroskopickou. Z ní kapátkem nasajte suspenzi vody a substrátu a kápněte malé množství na podložní sklo. To přikryjte krycím sklíčkem a pozorujte pod mikroskopem.



Takto připravený dočasný preparát vložte do mikroskopu na jeho stolek s křížovým posunem. Zvolte si požadované zvětšení – doporučuji začít na nejmenším zvětšení 20× a po nastavení ostrosti za pomoci makrošroubu a mikrošroubu přidat na zvětšení 40×. Poté si prohlédněte obsah vzorku. Manipulovat s ním můžete pomocí knoflíků k ovládní křížového posunu stolku.

Po ukončení práce uklidíte mikroskopy, rozeberte Baermannovu nálevku, jednotlivé části umyjte v mýdlové vodě, pečlivě opláchněte a nechte uschnout.



Obrázek převzat z: <http://www.dalekohledy.com/mikroskopy-3>

Laboratorní protokol

Téma:

Teorie:

Materiál:

Pomůcky:

Pracovní postup:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Nákres:

Závěr:

Doplňující úkoly

Každá skupina vypracuje pouze úkol, který odpovídá jejich přiřazenému číslu.

Číslo skupiny:	Zadání úkolu:
Skupina č. 1	Popište a vysvětlete, co je to anhydrobióza.
Skupina č. 2	Popište a vysvětlete, co je to kryobióza.
Skupina č. 3	Popište a vysvětlete, co je to osmobióza.
Skupina č. 4	Popište a vysvětlete, co je to anoxybióza.
Skupina č. 5	Popište želvušky třídy Heterotardigrada.
Skupina č. 6	Popište želvušky třídy Eutardigrada.

Datum sběru		Lokalita							
	GPS								
Želvušky	Přítomnost								
	Množství								
	Vlínání								
	Hlístí								
	Nálevnici								
Ostatní organismy	Slunivky								
	Roztoči								
	Arméby								
	Les								
	Louka								
Charakter. lokality	Pole								
	Obec								
	Okraj silnice								
	Park								
	Zahrada								
Substrát	Strom								
	Mrtvé dřevě								
	Kámen								
	Půda								
	Betony/dlaždice								
Podmínky lokality	Slunná								
	Zástin								
	Sucho								
	Vlhko								
	Mokro								
Míra znečištění	Čistá								
	Ovlivněná								
	Znečištěná								

Příloha 5

Badatelsky orientovaná výuka Manuál – Želvušky v okolí naší školy

Časová náročnost:

5 vyučovacích hodin

Prostorové požadavky:

Pro sběr mechů je vyžadován venkovní prostor. K samotné extrakci želvušek je potřeba učebna alespoň se základním laboratorním vybavením.

Materiál potřebný k realizaci:

Papírové sáčky, nože nebo dřevěné špachtle, tužky

Manuály, pracovní listy

Laboratorní vybavení: mikroskop, kapátka, gumové hadičky, plastová sítko, skleněné trychtýře, laboratorní stojany, buničina, podložní skla a krycí sklíčka, mikroskop nebo binokulární lupa

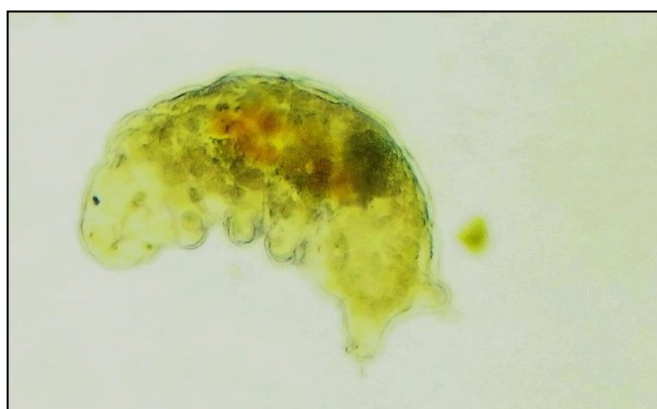
Anotace

Želvušky (Tardigrada) jsou kmen mikroskopických bezobratlých živočichů. Jejich nejbližšími příbuznými jsou členovci (Arthropoda) a drápkovci (Onychophora). Jejich název je odvozen z latinských slov tardus – pomalý a gradus – krok. Želvušky mají tělo rozděleno na pět segmentů. Jeden hlavový, tři tělní a jeden terminální. Segmenty tělní a terminální nesou 4 páry kráčivých nohou vybavených drobnými drápkami. Jejich tělo je kryto kutikulou, která také slouží jako významný určovací znak.

Kmen Tardigrada obsahuje více než tisíc druhů, které rozlišujeme do dvou základních tříd: Heterotardigrada a Eutardigrada. Želvušky třídy Heterotardigrada mají kutikulu pevnou, vybavenou obrněnými pláty, želvušky třídy Eutardigrada mají kutikulu hladkou.

Želvušky jsou kosmopolitně rozšířeny. Osidlují nejen ekosystémy suchozemské, ale také ekosystémy sladkých i slaných vod. Jedná se však o akvatické živočichy a proto ke svému aktivnímu životu vždy potřebují alespoň tenký vodní film. V suchozemských ekosystémech se nejčastěji nachází v mechu, lišejnících a listové hrabance.

Želvušky jsou známé především díky své vysoké odolnosti vůči extrémním podmínkám. Dokáží přežít extrémní sucho nebo zimu, teploty vyšší než bod varu, radiaci, vysoký tlak a další podmínky, které by byly smrtelné pro téměř všechny ostatní organismy. Tato odolnost pramení zejména z jejich schopnosti kryptobiózy, tedy jakéhosi přechodu do neaktivního stádia, ve kterém želvušky tvoří jakési soudkovité útvary a přečkávají nepříznivé podmínky. U želvušek se vyskytují čtyři typy kryptobiózy: anhydrobióza, která nastává při vysychání prostředí, kryobióza, ke které dochází při nízkých teplotách, osmobióza, která je způsobena vysokou koncentrací solí v okolním prostředí a anoxybióza, která je způsobena nedostatkem kyslíku. Anoxybióza je jediným druhem kryptobiózy, ve kterém želvušky netvoří soudečkovité útvary, ale nafukují se a stávají se nehybnými.



Sběr mechu

Ke sběru vzorků mechu budete potřebovat: papírové sáčky, nůž nebo špachtli a obyčejnou tužku.

Postup:

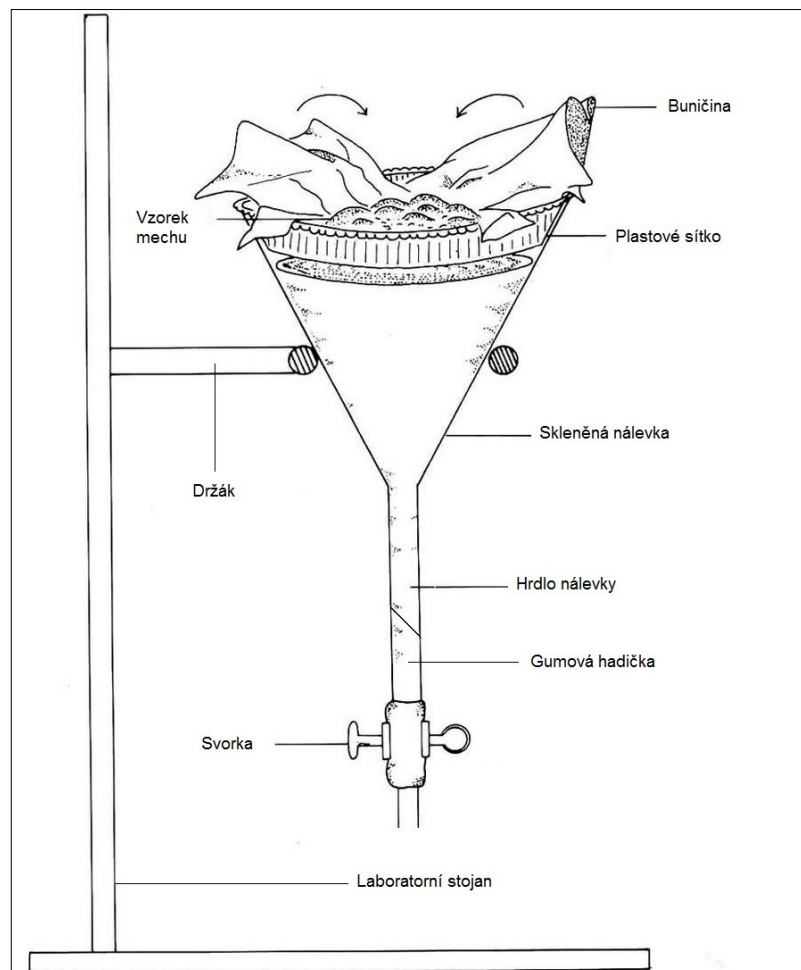
1. Za pomoci nože nebo špachtle oddělte vzorek mechu o velikosti 2×4 cm od substrátu.
2. Uložte vzorek do papírového sáčku.
3. Na vrchní stranu papírového stáčku čitelně poznačte: datum sběru, místo sběru, charakteristiku lokality a stav mechu.
4. Do mapky na poslední stránce manuálu zaznačte křížkem místo nálezu.

Po příchodu do školy je nutné uložit papírové sáčky s mechy na suché a vzdušné místo, aby nenavlhly a nedošlo tak k rozvoji plísní. Místo a informace ze sáčků přepište do tabulky v pracovním listu a za pomoci internetových map doplňte také GPS souřadnice, které odpovídají lokalitám zaznačeným do mapy při sběru vzorků.

Baermannova nálevka

Využití Baermannovy nálevky je jednou z neúčinnějších metod extrakce želvušek a mechové fauny obecně. Jedná se o dynamickou metodu extrakce, tedy extrakci, při které dochází k pohybu živočichů z vrchní části nálevky do části spodní. Živočichové se z vrchní části pohybují buďto aktivním pohybem nebo klesají dolů vlivem váhy svých těl.

Jak můžete vidět na obrázku, Baermannova nálevka se skládá z laboratorního stojanu, držáku, skleněné nálevky, plastového síta, buničiny, gumové trubičky a svorky nebo sběrné mikrozkuřavky.



Obrázek převzat z: <https://atrium.lib.uoguelph.ca/xmlui/handle/10214/6858>

Postup k sestavení nálevky:

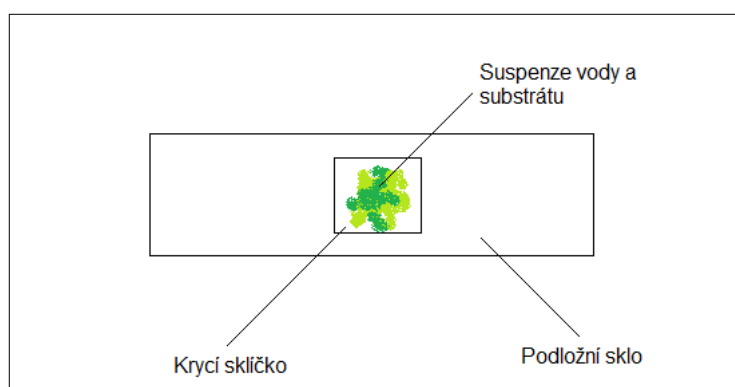
1. Na laboratorní stojan připevněte držák na nálevku.
2. Gumovou hadičku připojte k mikrozkuhavce nebo na její spodní část připevněte svorkou.
3. Druhý konec gumové hadičky spojte s hrdlem nálevky.
4. Takto připravenou skleněnou nálevku vložte do držáku.
5. V následujícím pořadí vložte do nálevky: plastové sítko a buničinu.

Do takto sestavené nálevky vložte vzorek mechu a překryjte ho volnými rohy buničiny. Poté zalijte nálevku vodou tak, aby byl vzorek mechu ponořen zhruba do $\frac{3}{4}$. Nechejte odstát 8–24 hodin.

Příprava vzorku a mikroskopování

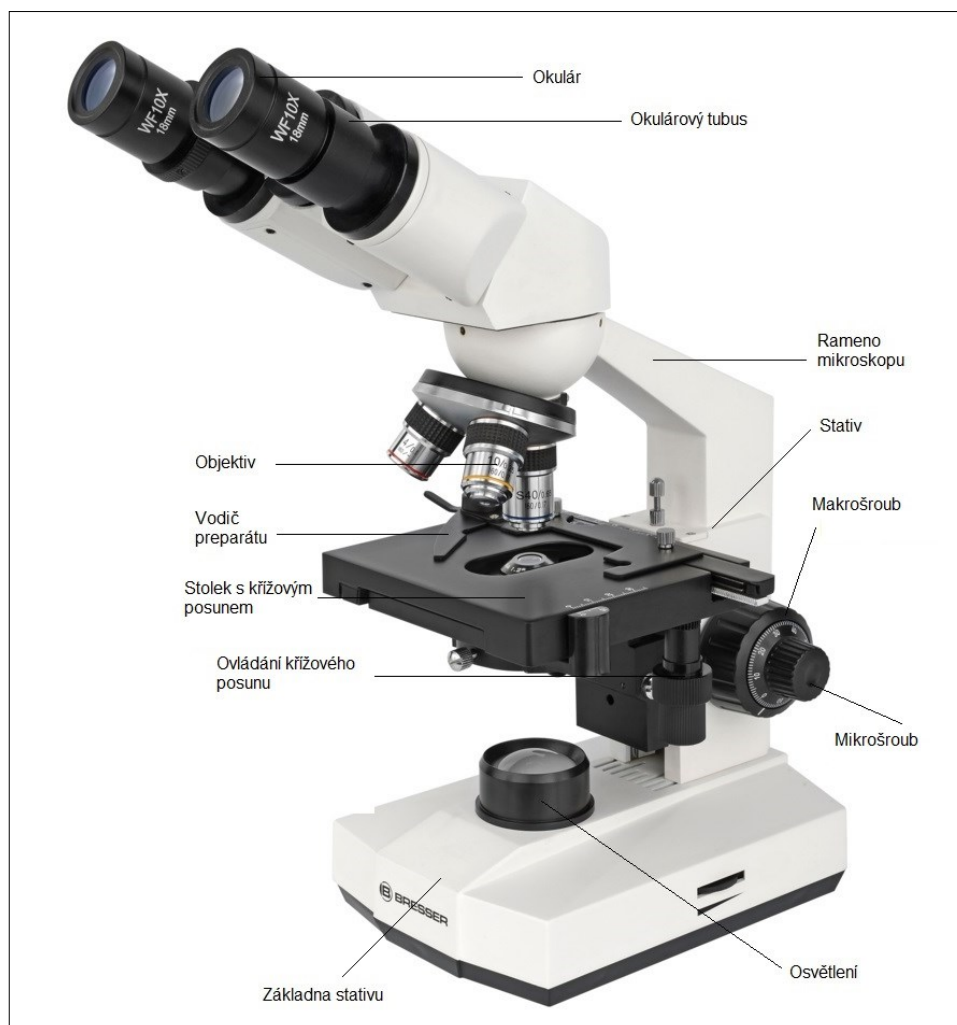
K samotnému mikroskopování si před zahájením samotné práce připravte: mikroskop, kapátko, podložní sklo a krycí sklíčka.

Po uplynutí alespoň 8–24 hodin z Baermannovy nálevky opatrně oddělte mikrozkumavku. Z ní kapátkem nasajte suspenzi vody a substrátu a kápněte malé množství na podložní sklo. To přikryjte krycím sklíčkem a pozorujte pod mikroskopem.



Takto připravený dočasný preparát vložte do mikroskopu na jeho stolek s křížovým posunem. Zvolte si požadované zvětšení – doporučuji začít na nejmenším zvětšení 20× a po nastavení ostrosti za pomoci makrošroubu a mikrošroubu přidat na zvětšení 40×. Poté si prohlédněte obsah vzorku. Manipulovat s ním můžete pomocí knoflíků k ovládání křížového posunu stolku.

Po ukončení práce ukliděte mikroskopy, rozeberte Baermannovu nálevku, jednotlivé části umyjte v mýdlové vodě, pečlivě opláchněte a nechte uschnout.



Obrázek převzat z: <http://www.dalekohledy.com/mikroskopy-3>

Příloha 6

Badatelsky orientovaná výuka **Pracovní list – Želvušky v našem okolí**

- I.** Formulujte hypotézy výzkumu a po jeho provedení tato tvrzení potvrďte nebo vyvráťte. Stručně charakterizujte, proč se vaše hypotézy potvrdily/vyvrátily.
- 1.
 - 2.
 - 3.
- II.** Odpovězte na klíčové otázky.
1. V jakém množství jsou želvušky obsaženy v nasbíraných vzorcích mechů?
 2. Jaké jsou dle vašeho názoru limitující faktory ve zkoumané lokalitě, které mohou ovlivnit výskyt želvušek?
 3. Jaké vlastnosti mají lokality s nejvyšším/nejnižším počtem přítomných želvušek?
 4. Jaké je zastoupení dalších organismů vyskytujících se ve vzorcích mechů?
 5. Jaké strategie přežití želvušky využívají při extrémních podmínkách?

Laboratorní protokol

Téma:

Teorie:

Materiál:

Pomůcky:

Pracovní postup:

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Nákres:

Závěr:

Datum sběru		Lokalita									
	GPS										
Želvušky	Přítomnost										
	Množství										
	Vítráci										
	Hlíšti										
	Nálevníci										
	Slunivky										
Ostatní organismy	Roztoči										
	Arnéžby										
	Les										
	Louka										
	Pole										
	Obec										
Charakter. lokality	Okraj silnice										
	Park										
	Zahrada										
	Strom										
	Mrtvé dřevo										
	Kámen										
Substrát	Půda										
	Betony/dlaždice										
	Slunná										
Podmínky lokality	Zástin										
	Sucho										
	Vlhko										
	Mokro										
Míra znečištění	Čistá										
	Ovlivněná										
	Znečištěná										

Poznámky:

Příloha 7

Pracovní list – Želvušky (Tardigrada)

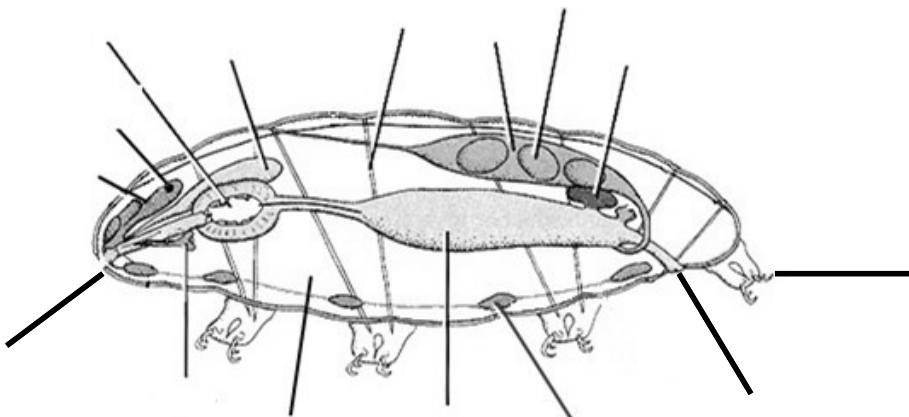
1. Doplň chybějící pojmy.

- Jsou příbuzné kmeni _____.
- Mají tělo kryto _____, která je složena z _____.
- Želvušky mají ____ páry nečlámkovaných končetin.
- Kmen želvušek dělíme na dvě třídy: _____ a _____.
- Druh ústního ústrojí želvušek se nazývá _____.
- Želvušky se živí _____, _____ a _____.

2. Vyjmenuj alespoň 5 druhů mikrohabitátů, které želvušky obývají.

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

3. Popiš vnější stavbu těla želvušky.



4. Vysvětli pojem anabióza.

5. Vyber pojmy z rámečku a správně je přiřaď k tvrzení.

Anoxybióza	Osmobióza
Kryobióza	Anhydrobióza

- a) Typ kryptobiózy, který nastává v případě nedostatku kyslíku, se nazývá:_____.
- b) Typ kryptobiózy, který se uplatňuje při vysychání prostředí, se nazývá:_____.
- c) Typ kryptobiózy, kterou vyvolává vysoký obsah solí v prostředí, se nazývá:_____.
- d) Typ kryptobiózy, který je vázán na snížení teplot, se nazývá:_____.

6. Popiš a uveď název metody, kterou lze želvušky extrahovat.

Příloha 8

Pokus (experiment) **Laboratorní protokol**

Pozorování želvušek (Tardigrada) vstupujících do kryptobiózy

Teorie: Želvušky (Tardigrada) jsou mikroskopičtí bezobratlí živočichové, kteří jsou součástí především mechové fauny. Znamé jsou svou schopností přežití v extrémních podmínkách, které by byly pro ostatní živé organismy fatální. V případě nepříznivých podmínek vstupují želvušky do latentního stavu nazývaného kryptobióza. Při vstupu do kryptobiózy vytvářejí soudkovitý útvar nazývaný tun formace. Želvušky jsou velmi dobře viditelné v mikroskopu a můžeme tak pozorovat nejen stavbu jejich těla, ale v případě aktivního stádia také jejich pohyb.

Didaktické využití: Demonstrace vstupu želvušek do kryptobiózy ve vodní suspenzi dočasného preparátu smíchané s kuchyňskou solí

Materiál: extrahované želvušky v suspenzi vody a substrátu, sůl

Pomůcky: kapátko, podložní sklo a krycí sklíčko, mikroskop

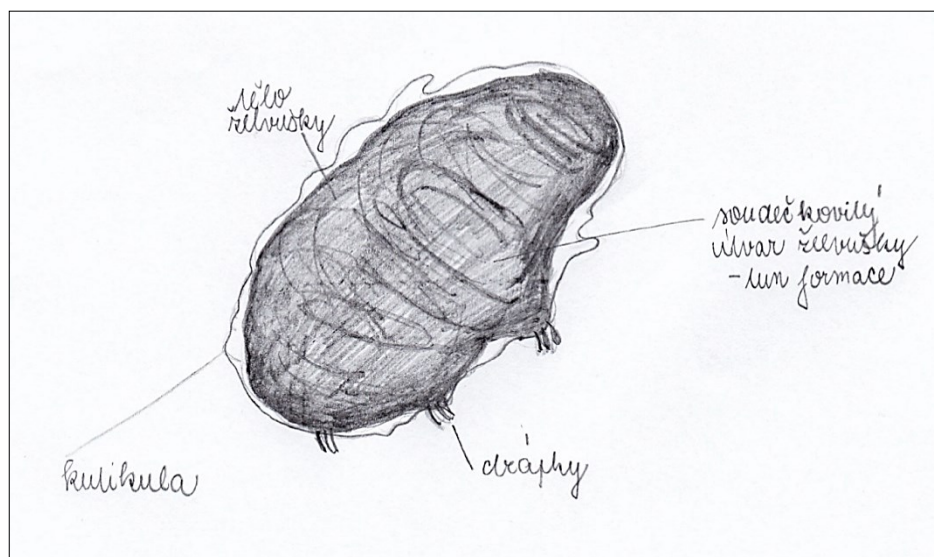
Pracovní postup:

1. Doprostřed podložního skla pomocí kapátka nanese jednu kapku extrahované suspenze.
2. Nepřikrytý preparát pozorujeme pod mikroskopem při zvětšení maximálně 20× až 40×, aby nedošlo ke kontaktu preparátu s objektivem mikroskopu.
3. Jsou-li přítomny želvušky, přidáme do preparátu 1–2 zrnka kuchyňské soli a přikryjeme ho krycím sklíčkem.
4. Takto připravený preparát pozorujeme pod mikroskopem. Stopujeme čas, během kterého želvušky tvoří tun formaci. Výsledky zapíšeme do tabulky.
5. Zhotovíme nákres pozorovaných organismů i s popisky.
6. Po skončení práce umyjeme použité laboratorní potřeby, podložní skla a krycí sklíčka pečlivě utřeme a necháme doschnout položené volně na filtračním papíru či buničině.

Tabulka:

Želvuška číslo:	Doba potřebná k tvorbě tun formace:

Nákres:



Návrh nákresu výsledku pozorování.

Závěr:

Pozorovali jsme želvušky vstupující do kryptobiózy tvořící tun formaci v reakci na vysokou koncentrací solí v dočasném preparátu.